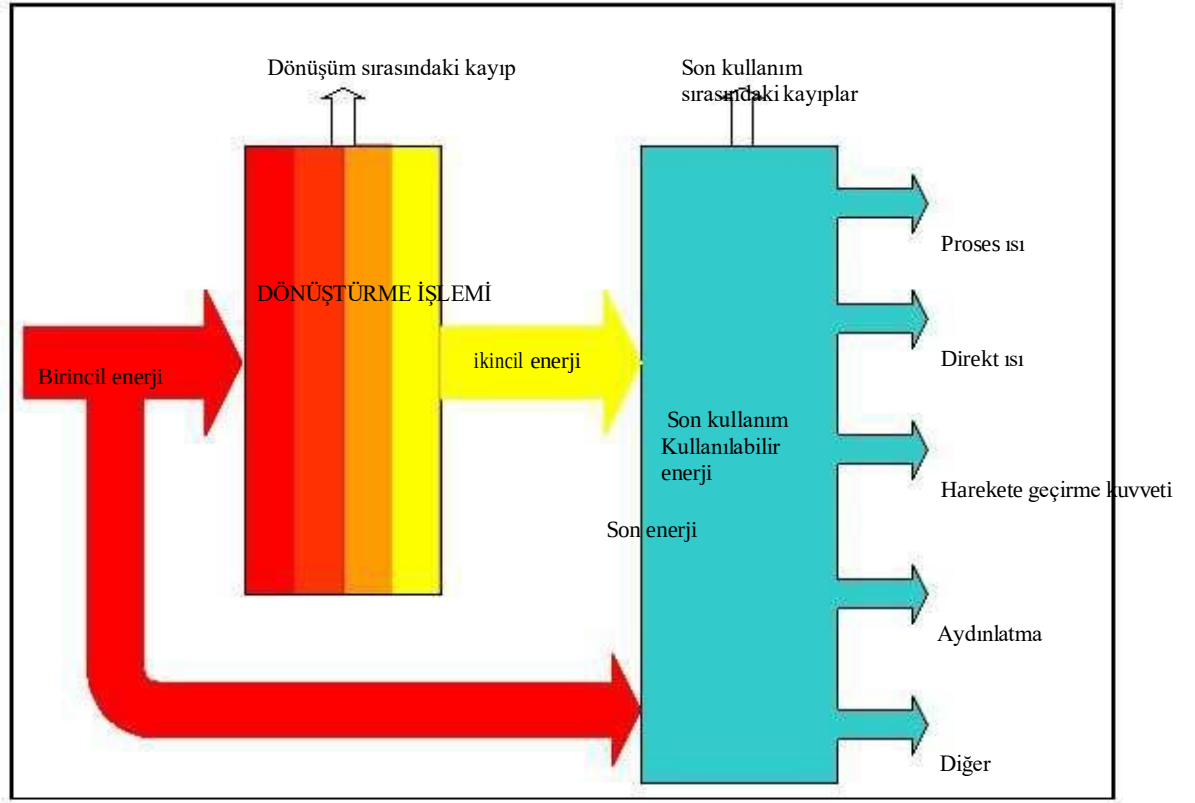




AVRUPA KOMİSYONU

## Enerji Verimliliğine ilişkin Mevcut En İyi Teknikler Kaynak Belgesi

Şubat 2009



Bu belge aşağıda yer alan belgelerin devamı niteliğindedir:

| Mevcut En İyi Tekniklere ilişkin Kaynak                                      | Kod      |
|------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Belge Büyük Yakma Tesisleri                                                  | LCP      |
| Mineral Yağı ve Gaz Rafinerileri                                             | REF      |
| Demir ve Çelik Üretimi                                                       | I&S      |
| Demirli Metal işleme Sanayi                                                  | FMP      |
| Demirsiz Metal Sanayi                                                        | NFM      |
| Demirhane ve Dökümhane Sanayi                                                | SF       |
| Metal ve Çelik Yüzey Islahı                                                  | STM      |
| Çimento, Kireç ve Magnezyum Oksit üretim Sanayi                              | CLM      |
| Cam Üretim Sanayi                                                            | GLS      |
| Seramik Üretim Sanayi                                                        | CER      |
| Büyük Hacimli Organik Kimyasal Sanayi                                        | LVOC     |
| Organik Kimyasalların Üretimi                                                | OFC      |
| Polimer Üretimi                                                              | POL      |
| Klor Alkali üretim sanayi                                                    | CAK      |
| Büyük Hacimli inorganik Kimyasallar Amonyak, Asit ve Gübre Sanayi            | LVIC-AAF |
| Büyük Hacimli inorganik Kimyasallar Katı Kimyasallar ve Diğer Sanayi Kolları | LVIC-S   |
| Özel Uygulama inorganik Kimyasalların Üretimi                                | SIC      |
| Kimya Sektöründe Ortak Atık Su ve Atık Gaz Islahı/Yönetimi                   | CWW      |
| Atık Islah Sanayi                                                            | WT       |
| Atık Yakma                                                                   | WI       |
| Madencilik Faaliyetlerinde Atıkların ve Atık Kayaların Yönetimi              | MTWR     |
| Kâğıt Hamuru ve Kâğıt Sanayi                                                 | PP       |
| Tekstil Sanayi                                                               | TXT      |
| Derilerin ve Postların Tabaklanması                                          | TAN      |
| Mezbahalar ve Hayvan Yan Ürünleri Sanayi                                     | SA       |
| Yiyecek, içecek ve Süt Sanayi                                                | FDM      |
| Kümes Hayvanlarının ve Domuzların Yoğun Bir Şekilde Yetiştirilmesi           | IRPP     |
| Organik Çözeltileri Kullanarak Zemin iyileştirme                             | STS      |
| Endüstriyel Soğutma Sistemleri                                               | ICS      |
| Depodan Çıkan Salınım                                                        | EFS      |
| Enerji Verimliliği                                                           | ENE      |
| Kaynak Belgeler:                                                             |          |
| Denetlemeye ilişkin genel prensipler                                         | MON      |
| Finansman ve Çapraz Medya Etkileri                                           | ECM      |

Taslağın elektronik ortama aktarılmış şeklini ve tamamlanmış belgeleri aşağıda bulunan web sitesinden indirebilirsiniz:

<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/>

## YÖNETİCİ ÖZETİ

Bu MET (Mevcut En İyi Teknikler) Kaynak Belgesi (BREF), 2008/1/EC sayılı Direktifin (IPPC Direktifi) 17.maddesinin 2. Fıkrasında geçen mevcut en iyi teknikler, ilgili denetleme ve gelişme hususuna yöneliktir. Bu özet, temel MET sonuçlarına yönelik kısa bir açıklamayı ve temel bulguları kapsar. Bu belgenin amacını açıklayan önsözle birlikte okunabilir ancak bu belge yasal koşullar içerir. Bu belge normal bir metin olarak değerlendirilebilir ancak bu belgede yer alan tüm maddeleri içermez. Bu yüzden MET'e yönelik karar alma esnasında burada yer alan belgenin tamamının yerini tutacak nitelikte değildir.

### Enerji Verimliliği (ENE)

Enerji, aşağıda yer alan sebeplerden ötürü Avrupa Birliği'nin (AB) başlıca gündem konusu olmuştur:

- ☐ iklim değişikliği: enerji elde etmek amacıyla fosil yakıtların kullanılması sera gazlarının başlıca antropolojik kaynağı olmuştur.
- ☐ Fosil yakıtların büyük oranlarda ve yaygın olarak kullanımı ve sürdürülebilirliği sağlama ihtiyacı
- ☐ Tedarik güvenliği: AB yakıt enerjisinin %50'sini ihraç etmektedir ve bu oranın önümüzdeki 20-30 yıl içinde %70'ten fazla olması beklenmektedir.

Bu sorunu çözmek amacıyla ele alınması gereken yüksek düzeyde öneme sahip önlemler aşağıdaki gibidir:

"Enerji politikalarında ve iklimsel korumada izlenecek yöntemlere ortaklaşa kılavuzluk etmek ve iklim değişikliğinin küresel tehlikelerine karşı iş birliği yapmak istiyoruz." Berlin Bildirgesi (Bakanlar Konseyi, Roma Anlaşması'nın 50. Yıl dönümü Berlin, 25 Mart 2007).

Bu konuları çözmek için enerji kullanımında verimliliğin artırılması en hızlı, en etkili ve en hesaplı yoldur. Bu yöntemlerin hepsi yasaldır ve diğer araçlar da enerji verimliliğini sağlamak için ortaya atılmıştır. Bu belge bu girişimlerin hepsini hayata geçirmek için düzenlenmiştir.

### Talimatlar

Bu belge, Komisyon'un özel tavsiyesi üzerine sanayi kuruluşlarında enerji verimliliği hakkında Avrupa iklim Değişikliği Programı (COM (2001)580 final EECp)'nin uygulanması amacıyla oluşturulmuştur.

ECCP, IPPC Direktifi'nin enerji verimliliği şartlarının etkili bir şekilde uygulamaya konmasının teşvik edilmesi gerektiğini ve özel yatay BREF'in (MET kaynak belge) genel enerji verimliliği tekniklerinin hazırlanması gerektiğini bildirmiştir.

### Bu belgenin kapsamı

IPPC Direktifi, tesislerin enerjinin etkin bir şekilde kullanılması ile işletilmesi gerektiğini vurgular. MET'in belirlenmesi için göz önünde bulundurulması gereken konulardan biri enerji verimliliğidir. Salınım Ticareti Çerçeve Direktifinde (2003/87/EC sayılı Konsey Direktifi) yer alan faaliyetler için Üye Devletler tesiste karbon dioksit salınımında bulunan üniteler ya da yakma üniteleri hakkında enerji verimliliği şartlarına bağlı kalmayı uygun görmeyebilirler.

Bu belge IPPC Direktifi kapsamında olan tüm tesisler için genel bir çerçevede MET'e uyumlu olabilecek enerji verimliliği teknikleri hakkında bir kılavuz niteliğindedir. Ayrıca bu belge diğer sektörlerde de uygulamaya alınabilir ve enerji verimliliğine yönelik özel tekniklerin ele alındığı BREF'lere bir kaynak teşkil edebilir.

- ☐ LCP BREF yakmaya yönelik enerji verimliliğini ele alır ve bu teknik 60 MW'den az kapasiteye sahip yakma tesislerinde uygulanabilir
- ☐ ICS BREF endüstriyel soğutma sistemlerini ele alır.

Bu belge:

- ☐ Diğer BREF'lerin kapsadığı sektörlerdeki faaliyetlere ilişkin özel bilgileri içermez. Sektöre özgü MET oluşturmaz.

Ancak, diğer BREF'lerden elde edilen sektöre özgü MET enerji verimliliği ile ilgili özet, EIPPCB çalışma alanındaki bilgiler arasından elde edilebilir. [283, EIPPCB].

Bu belge, IPPC Direktifinin enerji verimliliği yükümlülüklerini desteklemek amacıyla oluşturulmuştur. Enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasını öncelikli bir konu olarak görmektedir. Bu yüzden başka alanlarda ele alınan yenilenebilir ya da sürdürülebilir enerji kaynaklarını ele almaz. Ancak, kullanımda enerji verimliliği daha az olsa da sürdürülebilir enerji kaynaklarının ya da "atık" enerjilerin ya da ek ısının kullanımının ana yakıt kullanımından daha uygun olduğu da bilinen bir gerçektir.

#### **Bu belgenin içeriği ve yapısı**

IPPC'den izin alınması konusunda enerji verimliliği yatay bir konudur ve BREF taslağında ele alındığı gibi bu belge normal yapıya uymamaktadır. Aslında faaliyetlerin ve sanayi kuruluşların çeşitliliği sebebiyle tüketim ve salınımlar ile ilgili bir sektör bulunmamaktadır. MET için uygulanabilecek bazı tekniklerle potansiyel enerji verimliliği sağlayabilecek bazı kılavuzlar bulunmaktadır ve bu kılavuzların ek bölümlerinde özel koşullar altında enerji verimliliğini sağlamak için kullanıcıların en etkili teknikleri belirlemesine yardımcı olacak yöntemler mevcuttur.

Bölüm 1 IPPC'de endüstriyel enerji ve enerji verimliliği konusunda bazı bilgilere yer verilmiştir. Daha sonrasında ise finansman, çapraz medya etkileri, enerji verimliliğinde kullanılan terimler (enerji, ısı, iş, güç kaynağı gibi) ve termodinamiklerin genel yasaları gibi uzmanlık dışı ana konular ele alınır. İlk yasa enerjinin hem üretilmemesi hem de zarara uğratılmaması ile ilişkilidir(enerji bir türden diğer türe dönüştürülür): bunun anlamı: enerji bir işlem ya da bir tesise tekabül etmektedir bu enerji de verimliliğin hesaplanmasını sağlamaktadır. ikinci yasa ise hiçbir enerji dönüşümünün %100 oranında yararlı olmadığını ve hiçbir makinenin de %100 verimli olamayacağını ortaya koymuştur. Bu bölüm enerji verimliliğini göstergeler aracılığıyla inceler, enerji verimliliğin belirlemeye ilişkin sorunları ve buna ilişkin önem düzeyini, sistemlerin sınırlarını ve bağlı oldukları üniteleri ele alır. Bu bölüm ayrıca tamamlayıcı seviyede olmasa da sistemler ve tesisleri için enerji verimliliğini optimize etme ihtiyacını gözetir.

Bölüm 2 kurulum aşamasında uygulanabilecek ENE'nin gerçekleştirilmesi için uygulanacak teknikleri kapsar. Önce enerji verimliliği yönetim sistemlerini (ENEMS)ele alır, ardından ENEMS'in uygulanmasını sağlayacak teknikleri ortaya koyar. Bu sistemler: tesisin çevresel etkilerini sürdürülebilir olarak en aza indirebilmek için entegre bir yol izleyerek yatırımlar yapmanın ve faaliyet planları oluşturma'nın önemi; güncelleştirilmiş ve yeni tesisler için enerji verimliliği işlem teknolojilerinin seçilmesi, enerji verimliliği tasarımlarının kullanılması, proses entegrasyonunu artırarak ENE'yi artırmak ve ENEMS'i periyodik olarak yenilemek. ENEMS'i destekleyen diğer teknikler ise çalışanların uzmanlık düzeyine getirilmesi, ENE konularının görüşülmesi, etkin bir işlem kontrolü, bakım ve enerji kullanımının ölçülmesi ve denetlenmesi, enerji izleme, pinç gibi analitik araçların kullanımı, ekserji ve entalpi analizleri, termoeкономи, tesisler ve işlemler için ENE seviyelerinin denetlenmesi ve kıyaslanması.



Bölüm 3, yakma, buhar, ısı geri kazanımı, kojenerasyon, elektrik gücü tedarigi, elektrikli motorla çalışan alt sistemler, pompalama sistemleri, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme, aydınlatma, kurutma ve ayırma gibi sistemlerde, yapılan işlemlerde malzemelerde enerji verimliliği sağlamak için uygulanacak teknikleri ele alır. Yakma, IPPC işleminin önemli bir parçası olmakla birlikte (eritme kazanları gibi) kullanılan teknikler uygun dikey BREF’lerde ele alınır.

#### **Mevcut En İyi Teknikler**

MET bölümü, Bölüm 2 ve 3’te yer alan bilgiye dayanarak (Bölüm 4) Avrupa Birliği seviyesinde MET olarak belirlenecek teknikleri ortaya koyar. Devamındaki belge MET bölümünün özetidir ve bölümün tümü MET sonuçları için belirleyici bir özellik taşımaktadır.

Bu yatay belge için enerji verimliliği değerleri elde edilemez ya da enerji tasarrufu sağlanamaz. Enerji verimliliği için uygulamaya özel MET ve enerji tüketim seviyeleri ilgili sektöre özgü(dikey) BREF’lerde yer almaktadır. Özel tesisler için MET, ilgili sektör BREF’lerindeki özel MET kombinasyonudur ve ilgili faaliyetlere yönelik özel MET diğer dikey BREF’lerde yer alabilir(yakma ve buhar için LCP BREF gibi). Ortak MET bu belgede açıklanmıştır.

IPPC Direktifinin hedefi, enerji verimliliği ve doğal kaynakların tedbirli bir şekilde kullanılması da dahil olmak üzere çevrenin bir bütün olarak yüksek önem düzeyinde korunmasını sağlayacak entegre koruma yöntemlerini uygulamak ve kirlilikle mücadele etmektir. IPPC Direktifi, operatörlere ve denetimcilere olası bir kirlilik ya da tüketim durumunda kapsayıcı bir gözlemlerde bulunmalarını şart koşmakla birlikte özel sanayi kuruluşları için izin sistemi sağlar. Bu entegre yaklaşımın tüm hedefi çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasını sağlamak amacıyla endüstriyel süreçlerin oluşumunu, inşa edilmesini, yönetilmesini ve kontrol edilmesini sağlamaktır.

Bu yaklaşımın temelinde Madde 3’te yer alan temel prensipler bulunmaktadır: Operatörler enerji verimliliği dâhil olmak üzere çevresel performansı artıracak “mevcut en iyi teknikler”in uygulanması aracılığıyla kirliliğe karşı uygun tüm önlemleri almalıdır.

IPPC Direktifi’nin EK IV Bölümünde, önlemlere ilişkin muhtemel masraflar ve karlar, önlem alma ve koruma ilkeleri göz önünde bulundurularak mevcut en iyi teknikler belirlenirken dikkate alınacak özel durumların bir listesi yer alır. Dikkate alınacak bu durumlar (MET kaynak belgesi ya da BREF’ler) 17.maddenin 2. Fıkrası gereğince Komisyon tarafından yayımlanan bilgileri de kapsar.

İzin veren yetkililer, izin verme konusunda Madde 3’te yer alan genel prensipleri göz önünde bulundurmalıdırlar. Bu koşullar, uygun görüldüğünde eşit parametrelerle ya da teknik önlemlerle değiştirilen ya da uygulanan sınır değerlerini kapsamalıdır. Direktif’in 9.maddesinin 4. Fıkrasına göre:

(Madde 10’da yer alan mevcut en iyi tekniklere, çevresel kalite standartlarına ve uyumluluk konularına bakılmaksızın) emisyon sınır değerleri, eş parametreler ve teknik önlemler; herhangi bir teknik hakkında açıklama yapılmaksızın ancak ilgili tesisin teknik özellikleri, coğrafik konumu ve yerel çevresel koşulları göz önünde bulundurularak mevcut en iyi tekniklere göre belirlenir. Her durumda izin vermek koşulları uzun mesafeli ya da sınır ötesi kirliliğin en azan indirilmesine ilişkin şartları kapsamalıdır ve çevrenin bir bütün olarak korunmasını sağlamalıdır.

Direktifin 11. Maddesine göre Üye Devletler yetkili mercileri mevcut en iyi tekniklere ilişkin gelişmeler hakkında bilgilendirmek zorundadırlar.

Özel durumlarda enerji verimliliği için MET'in belirlenmesi amacıyla bu belgede yer alan bilgilerin kullanılması hedeflenmektedir. MET'in ve MET temelli izin koşullarının belirlenmesi esnasında enerji verimliliği de dahil olmak üzere çevrenin bir bütün olarak yüksek seviyede korunması konusu göz önünde bulundurulmalıdır.

MET Bölümü (Bölüm 4) genel anlamda MET'e uygun görülebilecek teknikleri kapsar. Amaç, Madde 9(8) uyarınca genel bağlayıcı kuralların oluşturulması ya da MET temelli izin şartlarının belirlenmesi konusunda yardım sağlayacak referans noktası olarak kabul edilebilecek enerji verimliliği teknikleri hakkında genel bilgileri sağlamaktır. Ancak bu belgenin izinler konusunda enerji verimliliği değerlerini ortaya koyduğu söylenemez. Yeni tesislerin burada yer alan genel MET seviyesinde ya da bu seviyelerden daha iyi koşullarda performans göstermesi öngörülmektedir. Ayrıca mevcut tesisler de genel MET seviyelerine ulaşabilir ve hatta bu seviyeleri geçebilirler, her durumda tekniklerin tekniksel ve ekonomik anlamda uygulanabilirliğine tabidirler. Mevcut tesislerin güncellenmesinde ekonomik ve teknik koşullar ve imkanlar göz önünde bulundurulmalıdır.

MET Bölümünde yer alan teknikler tüm tesisler için uygun olmayabilir. Diğer tarafta uzak mesafeli ya da sınır ötesi kirlilik de dahil olmak üzere yüksek düzeyde çevresel koruma sağlama zorunluluğu, izin koşullarının yalnızca yerel şartlara bağlı olarak oluşturulamayacağını ortaya koyar. Bu sebeple, bu belgede yer alan bilgilerin izin veren yetkili merciler tarafından göz önünde bulundurulması son derece önemlidir.

Enerji verimliliği oldukça önemli bir konudur. Ancak “çevrenin bir bütün olarak korunması için belirlenecek tek bir hedef bile farklı çevresel etkiler arasında karşılıklı değerlendirmeler yapılmasına neden olabilir ve bu değerlendirmeler yerel koşullardan etkilenecektir.” Sonuç olarak:

- Tesislerde aynı anda tüm faaliyetlerin ya da sistemlerin enerji verimliliğini artırmak mümkün değildir.
- Toplam enerji verimliliğini artırıp diğer tüketim ve emisyon miktarlarını azaltmak mümkün değildir.  
(örn. enerji kullanmadan havaya verilen emisyonlar gibi emisyonları azaltmak mümkün olmayabilir)
- Tesiste maksimum verimliliğe ulaşmak için bir ya da birden fazla sistemin enerji verimliliği optimize edilmeyebilir.
- Enerji verimliliği ile üretim kalitesi, sürecin istikrarı gibi faktörler arasında dengeyi sağlamak gerekir. Enerji verimliliği daha düşük olsa da sürdürülebilir enerji kaynakları ve/veya “atık” enerji ya da ek enerji kullanmak ana yakıt kullanmaktan daha uygundur.

Enerji verimliliği teknikleri “enerji verimliliğini optimize etmek” olarak öngörülmüştür. Tüm IPPC sektörlerindeki enerji verimliliği konusunda yatay yaklaşım, enerjinin tüm tesislerde kullanıldığı önermesine dayanmaktadır ayrıca bu yaklaşım ortak sistemlerin ve malzemelerin birden fazla IPPC sektöründe ortaya çıktığı önermesine dayanmaktadır. Bu sebeple enerji verimliliği için genel seçenekler, özel faaliyetlerden bağımsız olarak belirlenmelidir. Bu temelde, bir bütün olarak yüksek düzeyde enerji verimliliği sağlamak amacıyla tüm etkin önlemleri kapsayacak bir MET belirlenebilir. Bu yatay bir BREF olduğundan MET tesis içerisinde süreçlerin, ünitelerin ve sistemlerin birbiriyle ilişkisini hesaba katarak dikey BREF'den daha detaylı bir biçimde belirlenmelidir.

Enerji verimliliğine ilişkin özel MET ve ilgili enerji tüketim seviyeleri, uygun “dikey” sektör BREF'inde yer almaktadır. BREF'lerin ilk serisi tamamlandığı için bunlar uzun bir şekilde özetlenmiştir. [283, EIPPCB].

MET Bölümü (Bölüm 4), Bölüm 2 ve 3'te göz önünde bulundurulacak tekniklerin bir listesi yer almaz, bu yüzden diğer teknikler yer alabilir ya da IPPC ve MET çerçevesi içerisinde geçerli olabilecek teknikler geliştirilebilir.

MET'in yeni tesislerde, geliştirilmiş tesislerde ya da diğer işlemlerde kullanılması bir sorun teşkil etmez. Birçok durumda enerji verimliliğini optimize etmek için ekonomik olarak hesaplı bulunmaktadır. Mevcut tesiste var olan altyapı ve yerel koşullar sebebiyle MET'i uygulamak genel olarak kolay değildir: bu tesislerin geliştirilmesi için gerekli ekonomik ve teknik koşullar göz önünde bulundurulmalıdır. Bölüm 2 ve 3'te bu tekniklerin uygulanabilirliği ele alınmıştır ve Bölüm 4'te her bir MET için özet yer almaktadır.

Ancak bu belge yeni ve mevcut tesisler arasında ayrım yapmaz. Böyle bir ayrım yapılırsa endüstriyel tesislerin operatörleri MET'i uygulamaktan vazgeçebilirler. Genellikle enerji verimliliği önlemleri sayesinde geri kazanımlar elde edilmektedir ve enerji verimliliğine verilen önem sayesinde, birtakım güvenlik önlemleri, finansal teşvikler mevcuttur. Bunların bir kısmına eklerde yer verilmiştir.

Bazı teknikler oldukça cazip olmaktadır ancak uygulandığında IPPC Direktifinde yer almayan üçüncü tarafın iş birliğini (kojenerasyon) ve uygulanabilirliği gerektirmektedir. Üçüncü tarafların iş birliği ve rızası bir işletmecinin kontrolü altında olmayabilir, bu yüzden IPPC izin sisteminin kapsamında değildir.

### **Kurulum seviyesinde enerji verimliliği sağlamak amacıyla oluşturulan genel MET**

Tesis seviyesinde enerji verimliliği sağlamanın ilk kuralı resmi yönetim anlayışı edinmektir. Kurulum seviyesinde uygulanan diğer MET, enerji verimliliği yönetimini destekler ve bunu gerçekleştirme konusunda gerekli tekniklerin detayları hakkında bilgi verir. Bu teknikler tüm tesislerde uygulanabilir. Kullanılan teknik ve kapsam(örn. Detay düzeyi, optimizasyon sıklığı, göz önünde bulundurulmuş sistem) tesisin ölçeğine ve karmaşıklığına ve tamamlayıcı sistemlerin enerji gereksinimlerine bağlıdır.

### **Enerji verimliliği yönetimi**

- MET, aşağıda yer alan özelliklere uygun yerel koşulları ekleyerek enerji verimliliği yönetim sistemlerini (ENEMS) uygular:
- Üst yönetimin taahhüdü
- Tesis için üst yönetim tarafından belirlenen enerji verimliliği politikası
- Amaçların ve hedeflerin planlanması ve oluşturulması
- Prosedürlerin uygulanması(bu prosedürler uygulanırken aşağıda yer alan hususlara dikkat edilmesi gerekir) personelin yapısı ve sorumluluklar; eğitim, bilinçlendirme ve yetkinlik
- iletişim; çalışanların katılımı, dokümantasyon; süreçlerin etkin bir şekilde kontrolü; yönetim programları, acil duruma hazırlık ve müdahale;
- enerji verimliliği ile ilgili tüzükler ve anlaşmalarla, emniyet sistemlerinin uyumu (anlaşmaların mevcut olduğu durumlarda)
- Kıyaslama
- Performans kontrolü ve düzeltici faaliyetler(bu faaliyetler uygulanırken aşağıda yer alan maddeler göz önünde bulundurulmalıdır:
- Denetleme ve önlem alma; düzeltici ve önleyici tedbirler, kayıtların bakımı; bağımsız (uygun olduğu durumlarda) iç denetim (ENEMS'in planlanan uygulamalara uyup uymadığını düzgün bir şekilde uygulanıp uygulanmadığını kontrol etmek amacıyla)
- ENEMS'in uygunluğunun, yeterliliğinin ve etkililiğinin üst yönetim tarafından gözden geçirilmesi
- Yeni bir tesis tasarlarlarken bu tesisin hizmette kaldırılmasının yaratacağı çevresel etkileri de göz önünde bulundurmak
- Enerji verimliliği sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi ve enerji verimliliğindeki gelişmeleri yakından takip etmek

ENEMS, aşağıda yer alan maddeleri kapsayabilir:

- Düzenli enerji verimliliği durum planı hazırlamak ve yayımlamak (dışsal geçerlilik sağlama/sağlamama), hedefleri ve amaçları yıl bazında karşılaştırmak
- Yönetim sistemlerinin ve denetleme prosedürlerinin bağımsız olarak doğrulanmasını ve bu prosedürlerin denetlenmesini sağlamak
- Enerji verimliliği için ulusal ve uluslararası alanda kabul edilmiş gönüllü yönetim sistemlerine bağlı kalmak ve bunları uygulamak

### ***Sürekli çevresel gelişmeler***

MET, maliyet kazancı ve çapraz medya etkileri de hesaba katılarak kısa, orta ve uzun vadede entegre bir temel üzerine kurulu yatırımların ve faaliyetlerin planlanmasıyla bir tesisin neden olabileceği çevresel etkiyi en aza indirmeyi amaçlar.

Bu sistem tesislerin hepsinde kullanılabilir. “Sürekli” kelimesi ise işlemin çevresel etkilerini azaltmak amacıyla düşünülecek uzun vadeli amaçlar ve planlar, zaman içerisinde tekrarlanan faaliyetler anlamına gelir. Gelişmeler adım adım gerçekleşebilir ve doğrusal bir ilerleme göstermeyebilir, havayı kirleten maddelerin azaltılması için harcanan enerjini artırması, çapraz medya etkileri gibi diğer durumlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Çevresel etkiler hiçbir zaman sıfıra indirilemez ve zaman zaman gelecekteki faaliyetler için maliyet kazancı elde edilmeyen durumlarla da karşılaşmaktadır. Ancak zamanla geçerlilik koşulları değişebilmektedir.

### ***Tesisteki enerji verimliliğine ilişkin durumun belirlenmesi ve enerji verimliliği sağlayacak fırsatlar***

- MET, denetlemeler yaparak tesiste enerji verimliliğini etkileyen durumları ortaya çıkarır. Denetlemenin sisteme ilişkin yaklaşımla tutarlı olması gerekmektedir.

Bu sistem tüm mevcut tesislerde uygulanabilir hatta yeniden yapılandırma ve güncelleme işlemleri öncesinde de uygulanabilir. Denetleme iç denetim ya da bağımsız denetim şeklinde olabilir.

- MET Denetleme esnasında denetimlerin aşağıda yer alan durumları tespit etmesini sağlar.
  - Tesisteki enerji çeşidi ve enerji kullanımı, tamamlayıcı sistemleri ve Enerji harcayan malzemeler, kurulumda kullanılan enerjinin çeşidi ve miktarı
  - Enerji kullanımını azaltacak yöntemler:
  - İşletme sürelerinin kontrol edilmesi/düşürülmesi örn. Kullanım sonrası kapatma Yalıtımın optimize edilmesi
  - Yardımcı malzemelerin, ilgili sistemlerin kullanımı ve süreçlerin kontrolü ,(bkz. Enerji harcayan sistemler için MET)
  - Verimli enerji kaynaklarını kullanmak ( özellikle fazla enerjinin diğer işlemlerde ya da sistemlerde kullanılması gibi)daha ya da alternatif enerji kaynaklarına yönelmek
  - Diğer işlemlerden ya da sistemlerden gelen fazla enerji
  - Fazla enerjinin diğer işlemlerde ya da diğer sistemlerde kullanılması
  - Isı kalitesini yükseltme
- MET, enerji optimizasyonunu ve uygun teknikleri belirlemek ve uygun metotlar kullanarak bu optimizasyonu sağlamayı amaçlar:
  - Enerji modelleri, veri tabanı ve dengeler
  - Pinç metodu gibi teknikler, ekserji, entalpi analizi ya da termoekonomik
  - Tahminler ve hesaplamalar

Uygun araçların seçimi sektöre ve tesisin karmaşıklığına bağlıdır. Bu konu ilgili bölümlerde ele alınacaktır.

MET, tesis içerisinde, tesis içerisindeki sistemler arasında ya da üçüncü taraf(lar)la enerji geri kazanımının optimize edilmesine yönelik fırsatları belirler.

Bu MET, çeşidine ve miktarına göre geri kazandırılacak fazla ısı için doğru kullanım durumuna bağlıdır.

### **Enerji yönetimine sistemli yaklaşım**

MET tesiste enerji yönetimine sistemli bir bakış açısı getirerek enerji verimliliğini optimize eder. Optimizasyon için bir bütün olarak değerlendirilebilecek sistemler:

Proses üniteleri (bkz. sektörel BREF'ler)

Isıtma sistemleri:

Buhar Sıcak su

Soğutma ve vakum (bkz. ICS BREF) Motor

tahrikli sistemler:

Sıkıştırılmış hava Pompalama

Aydınlatma

Kurutma, ayırma ve konsantrasyon

### **Enerji verimliliği hedeflerinin ve göstergelerinin oluşturulması ve gözden geçirilmesi**

- MET, aşağıda yer alan tüm maddeleri uygulayarak enerji verimliliği göstergelerini oluşturmayı amaçlar: Tesis için uygun enerji verimliliği göstergelerini belirlemek, gerekli olduğu durumlarda bireysel işlemler, sistemler ve/veya üniteler ile ilgili göstergeleri belirlemek, zaman içerisinde ya da enerji verimliliği önlemlerinin uygulanmasının ardından meydana çıkan gelişmeleri ve değişimleri gözlemlemek
- Göstergelere ilişkin uygun sınırları belirlemek ve bunları kayıt altına almak
- İlgili işlemin, sistemin ve /veya ünitelerin enerji verimliliğinde değişime neden olacak faktörleri belirlemek ve bunları kayıt altına almak

İkincil ve son enerji süregelen durumları gözlemlemek için kullanılır. Bazı durumlarda, her bir işlem için birden fazla birincil yada son enerji göstergesi kullanılabilir. (örn. Buhar ve elektrik)

Enerji vektörleri ya da yardımcı malzemeleri kullanmaya (ya da değiştirmeye) karar verirken gösterge ikincil ya da son enerji de olabilir. Ancak yerel koşullara bağlı olarak herhangi bir ikincil enerji vektörü üretme etkinliğini ve bunun çapraz medya etkilerini gözden geçirmek için birincil enerji ya da karbon dengesi gibi diğer göstergeler kullanılabilir.

### **Kıyaslama**

- MET, geçerli verilerin bulunduğu durumlarda sektörel, ulusal ya da uluslararası temelde düzenli ve sistematik kıyaslamalar yapmayı amaçlar.

Kıyaslama arasındaki dönem sektöre özgüdür ve genelde birkaç yılı kapsar çünkü kıyaslama verileri kısa zamanda hızlı değişme uğramaz.

### **Enerji tasarruflu tasarım (EED)**

MET, yeni bir tesis, bir sistem ya da bir ünite planlarken ya da güncelleştirme yaparken aşağıda yer alan maddelerin de tümünü hesaba katarak enerji verimliliğini optimize etmeyi amaçlar.

Planlanan yatırım çok iyi bir şekilde belirlenmemiş olsa da Enerji tasarruflu tasarım (EED) konsept tasarımı/temel tasarım aşamasının ilk evrelerinde işleme konmalıdır ve ihale süreci de göz önünde bulundurulmalıdır.

- - **enerji tasarruflu teknolojilerin belirlenmesi ve/veya geliştirilmesi**
  - **tasarım projesinin bir parçası olarak ekstra verilerin toplanmasıyla da ayrı olarak elde edilen bilgilerdeki eksikliklerin tamamlanması ya da mevcut bilgilerin yeni verilerle desteklenmesi**
  - **EED çalışması bir enerji uzmanı tarafından sürdürülmelidir.**
  - **Enerji tüketimine ilişkin daha önceden çıkarılacak harita, gelecekteki enerji tüketimini projedeki hangi tarafların etkileyeceğini belirlemek ve buna göre tesisin geleceği için EED'yi optimize etmek.**
- Örneğin; mevcut tesiste işletimsel parametrelerin belirlenmesinden sorumlu personel**

Enerji verimliliği ilişkin kurum içi uzmanlık bulunmuyorsa (enerji tüketmeyen sanayi kurumları) bağımsız bir ENE uzmanlığı konusunda yardım alınabilir.

### **Proses entegrasyonunun artırılması**

□MET, enerjinin tesis içerisinde birden fazla işlemle ya da sistemle ya da üçüncü bir taraf arasında kullanımının optimize edilmesini amaçlar.

### **Enerji verimliliği girişimlerine yönelik ivmenin korunması**

□MET, aşağıda yer alan tekniklerin kullanılmasıyla enerji verimliliği programının ivmesini korumayı amaçlar:

- Özel bir enerji yönetim sistemi uygulamak
- Gerçek değerlere(ölçülebilen) dayanan enerjinin hesaplanması( enerji verimliliği için kullanıcıya/fatura ödeyen kişiye bazı yükümlülükler getirir
- Enerji verimliliği için finansal kar merkezleri oluşturmak
- Kıyaslama
- Mevcut yönetim sistemlerine yeni bir bakış açısı getirmek
- Organizasyonel değişikliği yönetmek için teknikler kullanmak

Yukarıda ilk üç maddede geçen teknikler ilgili bölümlerde verilere göre uygulanır. Son üç veri ise birkaç yıl boyunca değerlendirilecek ENE programının gelişimi için ayrı olarak uygulanır.

### **Uzmanlık**

□MET, aşağıda yer alan tekniklerin kullanılmasıyla enerji verimliliğinde ve enerji kullanılan sistemlerde uzmanlığı geliştirmeyi amaçlanmaktadır.

- Kalifiye eleman alımı ya da elemanların eğitilmesi.  
Eğitimin kurum içi kişilerce verilebileceği gibi dışarıdan yardım alarak da sürdürülebilir. Bu eğitimler resmi kurslarla ya da tek başına çalışmayla desteklenebilir. Belirli bir süre için özel gözlemlerde bulunma amacıyla personele periyodik olarak izin verilir. (gerçek tesislerde ya da diğerlerinde)
- Kurum içi kaynakların tesisler arasında paylaşılması
- Belirli bir süre için yapılacak gözlemlerde kalifiye danışmanlardan yardım alınması
- Uzmanlık sistemleri ya da işlevlerine yönelik dış kaynak kullanımı

Sürecin etkin bir şekilde kontrolü

□MET, aşağıda yer alan tekniklerin uygulanmasıyla sürecin etkin bir şekilde kontrol edilmesini amaçlar:

- Prosedürlerin bilinmesini, anlaşılmasını ve bu prosedürlere uyulmasını sağlayacak sistemlere sahip olmak
- Önemli performans parametrelerinin belirlenmesini, enerji verimliliği için optimize edilmesini ve gözlemlenmesini sağlamak
- Bu parametreleri kayıt altına almak ya da belgelemek

### **Bakım**

MET, aşağıda yer alan maddelerin uygulanmasıyla enerji verimliliğini optimize etmek için tesislerde bakım yapmayı amaçlar.

- Bakım işleminin planlanması ve gerçekleştirilmesi için sorumluluk almak
- -Herhangi bir malzeme hatası ya da bunun sonuçlarının yanı sıra normların ve araçların teknik tanımlarını içeren bir bakım programı oluşturmak. Bazı bakım faaliyetleri tesis kapatma dönemler için ayarlanabilir.
- Uygun bir kayıt tutma sistemi ve teşhis deneyleri ile bakım programı
- Rutin bakımları, eksiklikleri ve bozuklukları, olası enerji kayıplarını belirlemek ya da enerji verimliliğinin sağlanacağı yerleri saptamak
- Enerji kullanımını etkileyecek sızıntıların, kırık malzemelerin, yıpranmış ürünlerin tespit edilmesi ve en kısa zamanda eksikliklerin giderilmesi

Tamir sırasında ürün kalitesi korunmalıdır, sağlık ve güvenlik konuları göz ardı edilmemelidir.

### **Denetleme ve önlem alma**

□ MET, enerji verimliliği üzerinde önemli bir etkiye neden olabilecek faaliyetlerin ve operasyonların başlıca özelliklerini düzenli bir biçimde denetleyecek ve önlemler alacak belgelendirilmiş prosedürlerin oluşturulmasını ve izlenmesini amaçlar. Bu belgede bir takım uygun tekniklere yer verilmiştir.

### **Enerji kullanan sistemlerde, işlemlerde, faaliyetlerde ya da malzemelerde enerji verimliliğini sağlamak amacıyla oluşturulan mevcut en iyi teknikler**

Yukarıda yer alan genel MET, kurumun bir bütün olarak görülmesinin önemini ve çeşitli sistemlerin amaçlarının ve gereksinimlerinin değerlendirilmesinin önemini ve ilgili enerjileri ve bunlar arasındaki ilişkinin önemini belirler.

Bu teknikler:

- Sistemin ve sistemin performansının karşılaştırılması ve analiz edilmesi,
- Maliyet kazancı ve çapraz medya etkilerine ilişkin enerji verimliliğini optimize etmek amacıyla birtakım faaliyetler planlamak ve yatırım yapmak
- Tesisin tasarlanmasında, işlemin belirlenmesinde, ünitelerde ya da sistemde enerji verimliliğinin optimize edilmesi
- Mevcut sistemlerde, düzenli denetim ve bakım dahil olmak üzere işletme aracılığıyla sisteminin enerji verimliliğinin optimize edilmesi

Aşağıda yer alan genel MET, yine aşağıda listelenen sistemlere, optimizasyonun bir parçası olarak uygulanır. IPPC tesislerinde yer alan ortak olarak oluşturulmuş ilgili sistemler, faaliyetler ve işlemler için ENE'ye yönelik MET aşağıdaki gibi özetlenebilir:

MET:

- Yakmayı  
Buhar sistemlerini optimize  
etmeyi amaçlar

Bunu yaparken aşağıda yer alan teknikleri kullanır:

Dikey BREF'lerde yer alan ve sektöre özgü teknikler,  
Bu belgede (ENE) ve LCP BREF'de yer alan teknikler

- MET, bu belgede tanımlanan tekniklerin kullanılmasıyla aşağıda yer alan maddeleri optimize etmeyi amaçlar:
  - Sıkıştırılmış hava sistemleri Pompalama sistemleri
  - Isıtma, iklimlendirme ve havalandırma sistemleri (HVAC) Aydınlatma
  - Kurutma, konsantrasyon ve ayırma işlemi.
- Bu işlemler için MET, termal işlemlerle bağlantılı olarak mekanik ayırma işlemini devreye sokmak amacıyla fırsat aramaktadır.

### **Sistemler, işlemler ve faaliyetler için diğer**

**MET;**

#### **Isı geri kazanımı**

□ MET, ısı değiştiricilerin verimi aşağıda yer alan faaliyetlerle korumayı amaçlar:  
verimliliğin periyodik olarak gözden geçirilmesi  
Tortunun giderilmesi ya da tortu oluşumunun engellenmesi

Isıtma teknikleri ve ilgili MET, ICS BREF'de yer almaktadır. Bu bölümde MET'in birinci hedefi soğutma aracılığıyla ek ısıyı dağıtmak yerine kullanmaktır. Soğutma işlemine ihtiyaç duyulduğu durumlarda serbest soğutmanın (ortam havasının kullanılması) sağlayacağı avantajlar göz önünde bulundurulmalıdır.



**Kojenerasyon**

□MET, tesisin içinde ya da dışında kojenerasyon için fırsatlar arar. (üçüncü taraflarla)

Birçok durumda, kamu yetkilileri(yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde) genellikle üçüncü taraf durumundadırlar ya da kojenerasyona ilişkin düzenlemeleri yapmaktadırlar.

Elektrik enerjisi tedarigi

□MET, uygulanabilirliğine göre bu belgede yer alan teknikleri kullanarak yerel elektrik dağıtım yükümlülüklerine göre güç faktörünü artırır.

□MET, gerekli görüldüğünde filtreler kullanılmasını ve harmonikler için güç tedarikinin kontrol edilmesini öngörür

□MET, uygulanabilirliğine göre bu belgede yer alan teknikleri kullanarak enerji tedariki verimliliğini optimize etmeyi amaçlar.

**Elektrikli motorlarla çalıştırılan alt sistemler**

Elektrik tasarruflu motorlarla değiştirme(EEM'ler) ve değişken hız sürücüleri enerji verimliliği konusunda alınacak en basit önlemdir. Ancak bu işlem motorun içinde bulunduğu tüm sistem göz önünde bulundurularak gerçekleştirilir aksi takdirde aşağıda yer alan risklere sebep olabilir:

- Sistemlerin boyutunu ve kullanımını optimize etmenin ve motor tahrik koşullarının optimize edilmesinin potansiyel faydalarının ortadan kalkması
  - VSD'nin yanlış kullanılması sonucunda oluşacak enerji kaybı
  - MET, aşağıdaki sıraya göre elektrikli motorların optimize edilmesini amaçlar:
    - Motorun bir parçası olduğu sistemin tümünü optimize etmek(örn. Soğutma sistemleri)
    - Sonrasında uygulanabilirliğe göre belirtilen tekniklerden birinin ya da birkaçının kullanılmasıyla yeni belirlenmiş yükleme koşullarına göre sistemdeki motoru/motorları optimize etmek
    - Enerji kullanan sistemler optimize edildiğinde kalan motorları(optimize edilmeyen) belirtilen tekniğe ve aşağıda yer alan kriterlere göre optimize etmek
- i) yılda 2000 saatten daha fazla çalışan motorların EMM'lerle değiştirilmesi
  - ii) kapasitelerinin %50'sinden az çalışan ve değişken yükleri harekete geçiren elektrikli motorların çalışma süresinin %20'den ve yıllık 2000 saatten fazla olması durumunda değişken hızlı sürücülerle donatılması gerekmektedir.

**Mutabakat oranı**

Yüksek oranda mutabakat sağlanmıştır. Aksi görüş bildirilmemiştir.

**Araştırma ve teknik gelişme**

EC, RTD programları aracılığıyla temiz teknolojiler, ortaya çıkan atıkların ıslahı, geri dönüşüm teknolojileri ve yönetim stratejilerini ele alan bir dizi proje başlatmıştır ve bu projeyi desteklemektedir. Bu projeler muhtemelen gelecekte oluşturulacak BREF'ler için katkı sağlayacaktır. Bu yüzden okuyucuların bu belgenin kapsamı dahilinde olan herhangi bir araştırma hakkında EIPPCB'yi bilgilendirmeleri beklenmektedir. (ayrıca bu belgenin önsözüne bakınız)



## ÖNSÖZ

### 1. Bu belgenin konumu

Aksi öngörülmediği takdirde, bu belgedeki “direktif” alıntıları entegre kirliliğin engellenmesi ve kontrolü konulu ve 2003/1/EC sayılı “Konsey Direktifi”ne işaret etmektedir. Direktif, Çalışma sahasında sağlık ve güvenlik tedbirlerini önyargısız olarak kabul ediyorsa bu belge de aynısını tasdik etmektedir.

Bu belge, mevcut en iyi teknikler (MET) ilgili denetleme ve gelişmeler konusunda AB’ye Üye Devletler arasında bilgi alışverişi sonucunda oluşturulmuş bir dizi dokümandır. Bu belge IPPC Direktifi’nin 17. Maddesinin 2. Fıkrası gereğince Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanmıştır bu sebeple “mevcut en iyi teknikler” belirlenirken Direktif’in EK IV’i uyarınca dikkate alınmalıdır.

### 2. İş yönetimi

Bu belge Komisyonun, endüstriyel tesislerde enerji verimliliği konusunda Avrupa iklim Değişikliği Programı(COM(2001)580 final) ECCP’nin uygulanmasına yönelik tavsiyesi üzerine oluşturulmuştur. EPPC, IPPC Direktifinin enerji verimliliği hakkındaki yükümlülüklerinin uygulanmasının desteklenmesini, genel enerji verimliliği tekniklerini ele alan özel yatay BREF’in (MET kaynak metni) hazırlanması gerektiğini bildirmiştir.

### 3. IPPC Direktifi’nin ilgili yasal yükümlülükleri ve MET’in tanımı

Okuyucunun, bu belgelerin hangi yasal bağlamda taslak haline getirildiğini anlaması amacıyla IPPC Direktifinin ilgili bazı şartları önsözde açıklanmıştır ve “mevcut en iyi teknikler” terimine açıklık getirilmiştir. Bu tanım mutlak surette tamamlayıcı değildir ve yalnızca bilgi amacıyla ele alınmıştır. Yasal bir değeri yoktur. Direktifin asıl şartlarını değiştirmez ve hükümleriyle ters düşmez.

Direktifin amacı Ek I’de yer alan faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin entegre bir şekilde engellenmesi ve kontrol edilmesi, doğal kaynakların etkin bir şekilde yönetilmesi ve enerji verimliliği dahil olmak üzere çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasıdır. Bu Direktifin yasal dayanağı çevresel korumadır. Bu belgenin uygulanması sırasında, Topluluktaki sanayi kuruluşların rekabet gücü ve enerji tüketiminden kaynaklanan gelişmelerin birbirinden ayrılması ve böylece sürdürülebilir gelişmeye katkı sağlanması gibi diğer Topluluk kararları da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kapsam Direktifteki enerji verimliliğinin yasal dayanağı hakkında detaylı bir bilgi verir.

Bunun ötesinde, Direktif, bazı sanayi tesislerine göre izin sistemi oluşturur ve bu sistem içerisinde işletmecilerin ve denetimcilerin olası tüketim ve kirlilik konusunda genel ve entegre bir bakış açısına sahip olmalarını öngörür. Bu entegre yaklaşım; çevrenin bir bütün olarak korunması amacıyla endüstriyel süreçlerin tasarlanmasını, oluşturulmasını, kontrol edilmesini ve yönetilmesini geliştirmek içindir. Bu yaklaşımın temelinde Madde 3’te yer alan genel prensipler yatmaktadır. Bu genel prensipler şu şekilde açıklanabilir: işletmeciler mevcut en iyi tekniklerin uygulanmasıyla kirliliğe karşı uygun koruyucu önlemler almalıdır, böylece enerji verimliliği de dahil olmak üzere çevresel performansı artırabilirler.

Direktifin 2. Maddesinin 12. Fıkrasında yer alan “mevcut en iyi teknikler” terimi “koruma amacıyla tasarlanmış (koruma teknikleri uygun değilse salınımların azaltılması ve etkilerine karşı çevrenin bir bütün olarak korunması) emisyon sınır değerleri için oluşturulacak temelin sağlanması amacıyla özel tekniklerin kullanıma uygunluğunu belirten işletme metotları ve faaliyetlerin geliştirilmesinde yer alacak en etkili ve en gelişmiş aşama” olarak belirtilmiştir. Madde 2(12)’de bu tanıma aşağıdaki şekilde devam edilmiştir:

“teknikler” kullanılan teknolojiyi ve tesisin tasarım, inşa, bakım, işletme ve sona erdirme yöntemlerini içermektedir.

“mevcut/en uygun” teknikler, işletmeci tarafından uygun görüldüğü takdirde Üye Devletler içinde oluşturulmasa da bu tekniklerin avantajlarını ve maliyetlerini göz önünde bulundurarak ekonomik ve teknik olarak uygun koşullar altında ilgili sanayi sektöründe uygulanmasını sağlayacak düzeyde geliştirilen tekniklerdir.

“en” çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunması anlamına gelmektedir.

Bunun yanı sıra, Direktifin EK IV bölümünde “önlem alma ve engelleme prensiplerinin olası maliyeti ve karı göz önünde bulundurularak mevcut en iyi tekniklerin belirlenmesinde dikkate alınacak durumlar” a ilişkin bir liste yer almaktadır. Bu koşullar Madde 17(2) uyarında Komisyon tarafından yayımlanan bilgileri kapsamaktadır.

İzin verme yetkisine sahip merciler izin verme esnasında Madde 3’te yer alan genel prensipleri göz önünde bulundurmalıdır. Bu koşullar, eş parametrelerle ya da teknik önlemlerle değiştirilecek ya da desteklenecek emisyon sınır değerlerini kapsamalıdır.

Direktifin 9. Maddesinin 4. Fıkrasına göre:

*(çevresel kalite standartlarına uyumluluk konusuna bakılmaksızın) Salınım sınır değerleri, eş parametreler ve teknik önlemler; herhangi bir teknik hakkında açıklama yapılmaksızın ancak ilgili tesisin teknik özellikleri, coğrafik konumu ve yerel çevresel koşulları göz önünde bulundurularak mevcut en iyi tekniklere göre belirlenir. Her durumda izin verme koşulları uzun mesafeli ya da sınır ötesi kirliliğin en azan indirilmesine ilişkin şartları kapsamalıdır ve çevrenin bir bütün olarak korunmasını sağlamalıdır.)*

Direktifin 11.Maddesine göre Üye Devletler mevcut en iyi teknikler konusundaki gelişmeler hakkına bilgi vermek zorundadırlar ya da yetkili mercilerin bu teknikleri takip etmesine izin vermelidirler.

#### 4. Bu belgenin amacı

Bu belge, yukarıda(3) yer alan Direktifin ortaya koyduğu yükümlülüklerin uygulanma biçimine dair tavsiye niteliğinde bir dokümandır.

Direktifin 17. maddesinin 2.fıkrasına göre Komisyon “mevcut en iyi teknikler, ilgili denetleme ve gelişmeler hakkında üye devletler ve sanayi kuruluşları arasında bilgi alışverişinin sağlanması” konusunda görevlidir ve bu bilgi değişimi sonucunda ortaya çıkan sonucu yayımlamakla yükümlüdür.

Bilgi alışverişinin amacı Direktifin 17 sayılı maddesinde belirtilmiştir: “Mevcut en iyi teknikler hakkında Topluluk düzeyinde bilgi alışverişi Topluluktaki teknolojik dengesizlikleri ortadan kaldıracaktır ,Topluluk içerisinde kullanılan teknolojilerin ve sınır değerlerinin dünya çapında dağılmasını sağlayacaktır ve bu Direktifin Üye Devletler arasında etkin bir şekilde uygulanmasına yardımcı olacaktır.”

Komisyon (Çevre DG) bir bilgi alışverişi forumu düzenlemiştir. Bu forumda 17.maddenin 2.fıkrası uyarınca yapılacak çalışmalara destek sağlanması ve IEF çatısı altında bir çeşit teknik çalışma grubu kurulması amaçlanmıştır. IEF ve teknik çalışma grupları içerisinde 17.maddenin 2.fıkrasında belirtildiği gibi Üye Devletlerin temsilcileri bulunmaktadır.

Bu belgelerin amacı 17.maddenin 2.fıkrasında da belirtildiği üzere bilgi alışverişi sağlamak ve izin veren yetkililerin izin verme sırasında takip edeceği yöntemleri ve göz önünde bulundurması gerek koşulları göstermektir. Mevcut en iyi tekniklere yönelik ilgili bilginin sağlanmasıyla birlikte bu belgeler enerji verimliliği de dahil olmak üzere çevresel performansı yönetecek değerli araçlar olarak kabul edilir.

## 5. Bilgi kaynakları

Bu belge Komisyonun çalışmalarına yardımcı olan uzman grubun katkılarıyla birçok kaynaktan elde edilen bilgilerin bir özeti sunar. Bu belge Komisyon'a bağlı servisler tarafından da doğrulanmıştır. Bu belgenin oluşumunda katkı sağlayan kişilerin çalışmaları büyük bir memnuniyetle kabul edilmektedir.

## 6. Bu belge nasıl anlaşılmalı ve nasıl kullanılmalıdır

Bu belge özel durumlarda enerji verimliliği için MET'in belirlenmesinde bir kaynak olarak kullanılabilir. MET belirlenirken ve MET temelli izin koşulları oluşturulurken enerji de dahil olmak üzere çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasına yönelik hedefler göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu bölümün geri kalan kısımları bu belgenin her bir bölümünde yer alan bilgilerin türünü açıklar.

Bölüm, enerji ve termodinamikler konusunda terimler ve içerikler hakkında bilgi verir. Sanayi için enerji verimliliği hakkında tanımları, enerji verimliliğini denetlemek amacıyla göstergeleri belirleyip geliştirme yollarını, tamamlayıcı sistemleri ve/veya üniteleri belirlemenin ve tesisler için sınır oluşturma'nın önemini ve ortaya koyar.

Bölüm 2 ve 3, birden fazla sanayi sektöründe bulunan enerji verimliliği teknikleri hakkında bilgi vermesinin yanı sıra MET'in ve MET'e ilişkin izin koşullarının belirlenmesiyle yakından ilgili olan enerji verimliliği konusunda bilgiler içerir.

Bölüm 2, tesis seviyesindeki teknikleri kapsar.

Bölüm 3, nemli miktarda enerji kullanan özel sistemler, işlemler, süreçler, faaliyetler ve araçlar için belirlenecek teknikleri ve tesis içerisinde yaygın olarak bulunan teknikleri kapsar.

Bu bilgi ulaşılabilecek enerji verimliliği, teknikle ilgili çapraz medya etkileri ve maliyeti, bu tekniğin IPPC izni isteyen tesislerde hangi aşamaya kadar uygulanabildiği(örn. Yeni tesisler, mevcut tesisler, büyük ya da küçük tesisler) hakkında genel bir fikir verir.

Bölüm 4, genel anlamda MET'e uygun teknikleri kapsar. Amaç, MET temelli izin koşullarının belirlenmesine yardımcı olacak uygun bir referans noktası olarak kabul edilebilecek enerji verimliliği genel göstergelerini sağlamak ve 9.maddenin 8.fıkrası uyarınca genel olarak bağlayıcı kurallar oluşturmaktır. Ancak bu belgenin, izinler için enerji verimliliği değerleri önermediği bilinmelidir. Uygun izin koşullarının belirlenmesi; ilgili tesisin teknik özellikleri, coğrafi konumu ve yerel şartları gibi tesise özgü faktörlerin göz önünde bulundurulmasını gerektirir. Mevcut tesislerin ekonomik ve teknik olarak güncellenebilmesine yönelik imkanlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Çevrenin bir bütün olarak korunmasının sağlayacak tek bir amaç bile farklı çevresel etkiler arasında karşılıklı değerlendirmelerin yapılmasını sağlar ve bu değerlendirmeler yerel koşullardan etkilenmektedir.

Bu konuları ele almak için bazı adımlar atılsa da bu adımların tümünün bu belgede yer alması imkânsızdır. Bu yüzden Bölüm 4'te yer alan teknikler tüm tesisler için uygun değildir. Diğer yandan, uzak mesafeli ya da sınır ötesi kirliliğin en aza indirilmesi de dahil olmak üzere yüksek düzeyde çevresel koruma sağlanmasına yönelik zorunluluklar, izin koşullarının yalnızca yerel faktörler üzerine oluşturulmayacağını göstermektedir. Bu belgede yer alan bilgilerin izin verme yetkisine sahip merciler tarafından göz önünde bulundurulması son derece önemlidir.

Mevcut en iyi teknikler zamanla değişime uğrar, bu sebeple bu belge gözden geçirilmeli ve uygun bir biçimde güncellenmelidir. Buna ilişkin tüm yorumlar ve tavsiyeler Geleceğe Yönelik Teknik Çalışmalar konusunda Avrupa IPPC Ofisinin aşağıda yazılı olan adresine iletilmelidir.

Edificio Expo, c/Inca Garcilaso 3, E-41092 Sevilla, Spain

Telephone: +34 95 4488 284

Fax: +34 95 4488 426

e-mail: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu

Internet: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/>

---

# Enerji Verimliliğine Yönelik Mevcut En İyi Teknikler Kaynak Belgesi

|                                                                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ÖZET.....                                                                                                                            | I         |
| ÖNSÖZ.....                                                                                                                           | XI        |
| KAPSAM.....                                                                                                                          | XXV       |
| <b>1 GİRİŞ VE TANIMLAR .....</b>                                                                                                     | <b>1</b>  |
| 1.1 Giriş .....                                                                                                                      | 1         |
| 1.1.1 Avrupa Birliği Sanayi Sektöründe Enerji .....                                                                                  | 1         |
| 1.1.2 Enerji Kullanımının Etkileri.....                                                                                              | 2         |
| 1.1.3 Küresel Isınmanın Etkilerini Azaltmak ve Sürdürülebilirliği Artırmak için Enerji Verimliliği Konusunda Sağlanan Katkılar ..... | 3         |
| 1.1.4 Enerji Verimliliği ve IPPC Direktifi.....                                                                                      | 4         |
| 1.1.5 Entegre kirliliğin önlenmesinde ve kontrolünde Enerji Verimliliği .....                                                        | 5         |
| 1.1.6 Finansman ve çapraz medya etkileri .....                                                                                       | 6         |
| 1.2 Enerji ve termodinamikler yasası .....                                                                                           | 7         |
| 1.2.1 Enerji, ısı, güç ve iş.....                                                                                                    | 8         |
| 1.2.2 Termodinamikler Yasası .....                                                                                                   | 10        |
| 1.2.2.1 Termodinamiklerin ilk Yasası: enerji dönüşümü .....                                                                          | 10        |
| 1.2.2.2 Termodinamiklerin ikinci Yasası: entropi artışı.....                                                                         | 11        |
| 1.2.2.3 Ekserji dengesi: birinci ve ikinci yasaların kombinasyonu.....                                                               | 13        |
| 1.2.2.4 Nitelik şemaları .....                                                                                                       | 14        |
| 1.2.2.5 Detaylı bilgi.....                                                                                                           | 16        |
| 1.2.2.6 Geri dönüşümsüzlüğün tanımı.....                                                                                             | 16        |
| 1.3 Enerji verimliliği ve enerji verimliliğinin geliştirilmesi için göstergelerin belirlenmesi. 17                                   |           |
| 1.3.1 Enerji verimliliği ve IPPC Direktifinde yer alan önlemler .....                                                                | 17        |
| 1.3.2 Enerjinin verimsiz bir şekilde kullanılması ve verimlilik .....                                                                | 18        |
| 1.3.3 Enerji Verimliliği Göstergeleri.....                                                                                           | 18        |
| 1.3.4 Göstergelerin Kullanılmasına Giriş .....                                                                                       | 21        |
| 1.3.5 Sistemin ve sistem sınırlarının önemi.....                                                                                     | 22        |
| 1.3.6 İlgili diğer terimler .....                                                                                                    | 23        |
| 1.3.6.1 Birincil enerji, ikincil enerji ve Son enerji .....                                                                          | 23        |
| 1.3.6.2 Yakıt Isıtma Değerleri ve Verimliliği .....                                                                                  | 26        |
| 1.3.6.3 Arz tarafının ve talep tarafının yönetimi.....                                                                               | 27        |
| 1.4 Sanayide enerji verimliliği göstergeleri .....                                                                                   | 27        |
| 1.4.1 Giriş: göstergelerin ve diğer parametrelerin belirlenmesi.....                                                                 | 27        |
| 1.4.2 Üretim ünitelerinde enerji verimliliği.....                                                                                    | 28        |
| 1.4.2.1 Örnek 1. Örnek vaka .....                                                                                                    | 28        |
| 1.4.2.2 Örnek 2. Tipik vaka .....                                                                                                    | 30        |
| 1.4.3 Bir tesisin enerji verimliliği .....                                                                                           | 33        |
| 1.5 Enerji verimliliği göstergelerinin belirlenmesinde ele alınacak konular .....                                                    | 34        |
| 1.5.1 Sistem sınırlarının belirlenmesi.....                                                                                          | 35        |
| 1.5.1.1 Sistemler ve sistem sınırları hakkındaki sonuçlar.....                                                                       | 39        |
| 1.5.2 Tesis seviyesinde göz önünde bulundurulacak diğer konular .....                                                                | 40        |
| 1.5.2.1 Yapılan faaliyetlerin kontrol edilmesi.....                                                                                  | 40        |
| 1.5.2.2 İç üretim ve enerji kullanımı .....                                                                                          | 40        |
| 1.5.2.3 Atık ve alev geri kazanımı .....                                                                                             | 40        |
| 1.5.2.4 Yükleme faktörü (üretimin artırılmasıyla SEC'in azaltılması).....                                                            | 42        |
| 1.5.2.5 Üretim tekniklerindeki değişiklikler ve ürün gelişimi .....                                                                  | 42        |
| 1.5.2.6 Enerji entegrasyonu .....                                                                                                    | 44        |
| 1.5.2.7 Tesisteki sürdürülebilirliğe ve verime katkı sağlayan enerjinin verimsiz bir şekilde kullanımı .....                         | 44        |
| 1.5.2.8 Tesisin ısıtılması ve soğutulması.....                                                                                       | 45        |
| 1.5.2.9 Bölgesel faktörler .....                                                                                                     | 45        |
| 1.5.2.10 Hissedilir ısı.....                                                                                                         | 46        |
| 1.5.2.11 Diğer örnekler.....                                                                                                         | 46        |
| <b>2 KURULUM AŞAMASINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ SAĞLAMAK İÇİN DEĞERLENDİRİLEBİLECEK TEKNİKLER .....</b>                                 | <b>47</b> |

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.1 Enerji verimliliği yönetim sistemleri (ENEMS).....                                      | 48  |
| 2.2 Hedeflerin ve amaçların planlanması ve oluşturulması .....                              | 56  |
| 2.2.1 Devam eden çevresel gelişmeler ve çapraz medya konuları.....                          | 56  |
| 2.2.2 Enerji yönetimine sistemli yaklaşım .....                                             | 59  |
| 2.3 Enerji tasarruflu tasarımlar (EED). ....                                                | 60  |
| 2.3.1 Proses teknolojisinin belirlenmesi.....                                               | 66  |
| 2.4 Artan proses entegrasyonu.....                                                          | 68  |
| 2.5 Enerji verimliliği girişimlerine ivme kazandırılması .....                              | 69  |
| 2.6 Uzman-insan kaynakları .....                                                            | 71  |
| 2.7 İletişim .....                                                                          | 73  |
| 2.7.1 Sankey diyagramı.....                                                                 | 75  |
| 2.8 Süreçlerin etkin bir şekilde sürdürülmesi .....                                         | 76  |
| 2.8.1 Süreç kontrol sistemi .....                                                           | 76  |
| 2.8.2 Kalite yönetimi(kontrol, teminat)sistemleri.....                                      | 79  |
| 2.9 Bakım.....                                                                              | 82  |
| 2.10 Denetleme ve önlem.....                                                                | 83  |
| 2.10.1 Dolaylı önlem teknikleri .....                                                       | 84  |
| 2.10.2 Hesaplamalar.....                                                                    | 84  |
| 2.10.3 Ölçümleme ve ileri ölçümleme sistemi .....                                           | 86  |
| 2.10.4 Borulardaki düşük basınçlı inişin hesaplanması.....                                  | 87  |
| 2.11 Enerji denetimleri ve enerji teşhisi.....                                              | 89  |
| 2.12 Pinç metodu.....                                                                       | 94  |
| 2.13 Entalpi ve ekserji analizi.....                                                        | 100 |
| 2.14 Termoekonomi .....                                                                     | 102 |
| 2.15 Enerji modelleri.....                                                                  | 104 |
| 2.15.1 Enerji modelleri, veri tabanı ve dengeler .....                                      | 104 |
| 2.15.2 Modellerin kullanılmasıyla yardımcı malzemelerin yönetiminin optimize edilmesi ..... | 107 |
| 2.16 Kıyaslama.....                                                                         | 110 |
| 2.17 Diğer araçlar.....                                                                     | 113 |

### 3 ENERJİ TÜKETEN SİSTEMLERDE, SÜREÇLERDE VE FAALİYETLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ SAĞLAYACAK TEKNİKLER..... 115

|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1 Yakma.....                                                                                        | 116 |
| 3.1.1 Uçucu gaz derecesinin düşürülmesi.....                                                          | 122 |
| 3.1.1.1 Hava ya da su ön ısıtıcısının kurulması.....                                                  | 123 |
| 3.1.2 Reküperatif ve rejeneratif ocaklar .....                                                        | 126 |
| 3.1.3 Aşırı havanın azaltılmasıyla uçucu gazların kütle akışının azaltılması .....                    | 128 |
| 3.1.4 Ocakların düzenlenmesi ve kontrol edilmesi .....                                                | 129 |
| 3.1.5 Yakıt seçimi.....                                                                               | 130 |
| 3.1.6 Oxi-yakıt.....                                                                                  | 131 |
| 3.1.7 Yalıtımla ısı kayıplarını azaltma .....                                                         | 132 |
| 3.1.8 Kazanların açılmasıyla kayıpların azaltılması.....                                              | 133 |
| 3.2 Buhar sistemleri.....                                                                             | 134 |
| 3.2.1 Buharın genel özellikleri.....                                                                  | 134 |
| 3.2.2 Buhar sisteminin performansını artırmak için önlemlerin gözden geçirilmesi .....                | 137 |
| 3.2.3 Kısma araçları ve karşı basınçlı türbinlerin kullanılması.....                                  | 139 |
| 3.2.4 Tekniklerin kullanılması ve kontrol edilmesi.....                                               | 141 |
| 3.2.5 Besleme suyunun önceden ısıtılması (ekonomizörlerin kullanımı dahil).....                       | 143 |
| 3.2.6 Isı transfer zeminlerinde kazan taşlarının giderilmesi ve oluşumunun önlenmesi.....             | 145 |
| 3.2.7 Kazan blöfünün en aza indirilmesi.....                                                          | 147 |
| 3.2.8 Hava giderici oranının optimize edilmesi.....                                                   | 149 |
| 3.2.9 Kazanların kısa çevrim kayıplarının en aza indirilmesi.....                                     | 150 |
| 3.2.10 Buhar dağıtım sistemlerinin optimize edilmesi.....                                             | 151 |
| 3.2.11 Kondensat dönüş borularının ve buhar borularının yalıtımı.....                                 | 152 |
| 3.2.11.1 Vanaların ve bağlantı noktalarının üzerine hareketli yalıtıcı pedlerin yerleştirilmesi ..... | 153 |
| 3.2.12 Buhar tutucular için kontrol ve onarım programının uygulanması.....                            | 155 |
| 3.2.13 Yeniden kullanım için kondensatların toplanması ve kazan geri gönderilmesi .....               | 158 |
| 3.2.14 Flash buharın yeniden kullanımı.....                                                           | 159 |
| 3.2.15 Kazan blöfünden çıkan enerjinin geri kazanımı.....                                             | 162 |
| 3.3 Isı geri kazanımı ve soğutma .....                                                                | 163 |
| 3.3.1 Isı değiştiriciler.....                                                                         | 164 |
| 3.3.1.1 Isı değiştiricilerin bakımı ve denetimi.....                                                  | 167 |
| 3.3.2 Isı pompaları(mekanik buharın yeniden sıkıştırılması, MVR) .....                                | 167 |
| 3.3.3 Soğutucular ve soğutma sistemleri.....                                                          | 174 |
| 3.4 Kojenerasyon.....                                                                                 | 176 |
| 3.4.1 Farklı türdeki kojenerasyonlar.....                                                             | 176 |
| 3.4.2 Trijenerasyon.....                                                                              | 184 |
| 3.4.3 Bölüm soğutma.....                                                                              | 187 |

|                                                                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.5 Elektrik enerjisi tedariki .....                                                                                                             | 190        |
| 3.5.1 Güç faktörü düzeltme .....                                                                                                                 | 190        |
| 3.5.2 Harmonikler .....                                                                                                                          | 192        |
| 3.5.3 Tedariğin optimize edilmesi.....                                                                                                           | 193        |
| 3.5.4 Dönüştürücülerin enerji verimliliğinin yönetimi.....                                                                                       | 194        |
| 3.6 Elektrikli motorla çalışan alt sistemler .....                                                                                               | 196        |
| 3.6.1 Yüksek verimli motorlar (EEM'ler) .....                                                                                                    | 200        |
| 3.6.2 Uygun motor ebatı.....                                                                                                                     | 201        |
| 3.6.3 Değişken hızlı sürücüler .....                                                                                                             | 202        |
| 3.6.4 Dönüştürme kayıpları.....                                                                                                                  | 203        |
| 3.6.5 Motor onarımı.....                                                                                                                         | 203        |
| 3.6.6 Geri sarma.....                                                                                                                            | 203        |
| 3.6.7 Motor ENE teknikleri için ulaşılmış çevresel faydalar, çapraz medya etkileri, uygulanabilirlik ve diğer konular .....                      | 204        |
| 3.7 Sıkıştırılmış hava sistemleri (CAS).....                                                                                                     | 206        |
| 3.7.1 Sistem tasarımı.....                                                                                                                       | 212        |
| 3.7.2 Değişken hızlı sürücüler (VSD) .....                                                                                                       | 214        |
| 3.7.3 Verimliliği yüksek motorlar (HEM).....                                                                                                     | 216        |
| 3.7.4 CAS ana denetim sistemleri.....                                                                                                            | 216        |
| 3.7.5 Isı geri kazanımı.....                                                                                                                     | 220        |
| 3.7.6 Sıkıştırılmış hava sistemi sızıntılarını azaltmak.....                                                                                     | 221        |
| 3.7.7 Filtre bakımı.....                                                                                                                         | 223        |
| 3.7.8 Kompresörlerin dışardan gelen soğuk havayla beslenmesi .....                                                                               | 224        |
| 3.7.9 Basınç seviyesinin optimize edilmesi.....                                                                                                  | 226        |
| 3.7.10 Sıkıştırılmış havanın yüksek oranda dalgalanmaya maruz kalan kullanımlara yakın depolanması.....                                          | 228        |
| 3.8 Pompalama sistemleri .....                                                                                                                   | 228        |
| 3.8.1 Pompalama sistemlerinin değerlendirilmesi ve envanterinin çıkarılması .....                                                                | 229        |
| 3.8.2 Pompa seçimi.....                                                                                                                          | 230        |
| 3.8.3 Boru tesisatı sistemi.....                                                                                                                 | 232        |
| 3.8.4 Bakım .....                                                                                                                                | 232        |
| 3.8.5 Pompalama sisteminin kontrolü ve düzenlenmesi.....                                                                                         | 233        |
| 3.8.6 Motor ve dönüşüm.....                                                                                                                      | 234        |
| 3.8.7 Pompalama sistemlerinde ENE teknikleri için elde edilmiş çevresel faydalar, çapraz medya etkileri, uygulanabilirlik ve diğer konular ..... | 234        |
| 3.9 Sistemlerin ısıtılması, havalandırılması ve iklimlendirilmesi(HVAC) .....                                                                    | 235        |
| 3.9.1 Ortam ısıtma ve soğutma.....                                                                                                               | 236        |
| 3.9.2 Havalandırma .....                                                                                                                         | 238        |
| 3.9.2.1 Yeni ya da güncellenmiş havalandırma sistemlerinin tasarımlarının optimizasyon .....                                                     | 239        |
| 3.9.2.2 Tesis içerisindeki mevcut havalandırma sisteminin geliştirilmesi.....                                                                    | 242        |
| 3.9.3 Bağımsız soğutma.....                                                                                                                      | 244        |
| 3.10 Aydınlatma .....                                                                                                                            | 246        |
| 3.11 Kurutma, ayırma ve konsantrasyon işlemleri.....                                                                                             | 250        |
| 3.11.1 Optimum teknolojinin belirlenmesi ve teknolojilerin birleştirilmesi .....                                                                 | 251        |
| 3.11.2 Mekanik işlemler .....                                                                                                                    | 254        |
| 3.11.3 Termal kurutma teknikleri.....                                                                                                            | 255        |
| 3.11.3.1 Enerji gereksinimlerinin ve verimliliğin hesaplanması.....                                                                              | 255        |
| 3.11.3.2 Doğrudan ısıtma .....                                                                                                                   | 257        |
| 3.11.3.3 Dolaylı ısıtma .....                                                                                                                    | 258        |
| 3.11.3.4 Aşırı ısınmış buhar .....                                                                                                               | 259        |
| 3.11.3.5 Kurutma işlemlerinde ısı geri kazanımı.....                                                                                             | 260        |
| 3.11.3.6 Mekanik buharın yeniden sıkıştırılması ya da evaporasyonla ısı pompaları.....                                                           | 261        |
| 3.11.3.7 Kurutma sisteminin yalıtımının optimize edilmesi .....                                                                                  | 262        |
| 3.11.4 Radyan enerji.....                                                                                                                        | 263        |
| 3.11.5 Termal kurutma işlemlerinde bilgisayar destekli proses kontrolü/proses otomasyonu .....                                                   | 265        |
| <b>4 MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER.....</b>                                                                                                            | <b>267</b> |
| 4.1 Giriş .....                                                                                                                                  | 267        |
| 4.2 İşletme düzeyinde enerji verimliliği sağlamak için uygulanan mevcut en iyi teknikler.....                                                    | 273        |



|           |                                                                                                                                             |     |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.1     | Enerji verimliliği yönetimi .....                                                                                                           | 273 |
| 4.2.2     | Hedeflerin ve amaçların planlanması ve oluşturulması.....                                                                                   | 274 |
| 4.2.2.1   | Devam eden çevresel gelişmeler .....                                                                                                        | 274 |
| 4.2.2.2   | Tesisin enerji verimliliği imkanlarının ve enerji tasarrufuna yönelik fırsatların belirlenmesi.....                                         | 275 |
| 4.2.2.3   | Enerji yönetimine sistemli yaklaşım .....                                                                                                   | 276 |
| 4.2.2.4   | Enerji verimliliği hedeflerinin ve göstergelerinin belirlenmesi ve gözden geçirilmesi.....                                                  | 277 |
| 4.2.2.5   | Kıyaslama.....                                                                                                                              | 278 |
| 4.2.3     | Enerji tasarruflu tasarımlar (EED). .....                                                                                                   | 278 |
| 4.2.4     | Proses entegrasyonunun artırılması.....                                                                                                     | 279 |
| 4.2.5     | Enerji verimliliği girişimlerine ivme kazandırılması .....                                                                                  | 279 |
| 4.2.6     | Uzmanlık .....                                                                                                                              | 280 |
| 4.2.7     | Proseslerin etkin bir biçimde kontrol edilmesi.....                                                                                         | 280 |
| 4.2.8     | Bakım.....                                                                                                                                  | 281 |
| 4.2.9     | Denetleme ve ölçümler .....                                                                                                                 | 281 |
| 4.3       | Enerji harcayan sistemlerde, süreçlerde, faaliyetlerde ve araçlarda enerji verimliliği sağlamak için uygulanan mevcut en iyi teknikler..... | 282 |
| 4.3.1     | Yakma.....                                                                                                                                  | 282 |
| 3.1.3     | Aşırı havanın azaltılmasıyla uçucu gazların küte akışının azaltılması .....                                                                 | 283 |
| 4.3.2     | Buhar sistemi.....                                                                                                                          | 285 |
| 4.3.3     | Isı geri kazanımı .....                                                                                                                     | 287 |
| 4.3.4     | Kojenerasyon .....                                                                                                                          | 288 |
| 4.3.5     | Elektrik gücü tedariki.....                                                                                                                 | 288 |
| 4.3.6     | Elektrikli motorla çalışan alt sistemler .....                                                                                              | 289 |
| 4.3.7     | Sıkıştırılmış hava sistemleri (CAS).....                                                                                                    | 291 |
| 4.3.8     | Pompalama sistemleri.....                                                                                                                   | 291 |
| 4.3.9     | (HVAC) sistemleri ısıtma havalandırma ve iklimlendirme.....                                                                                 | 293 |
| 4.3.10    | Aydınlatma.....                                                                                                                             | 295 |
| 4.3.11    | Kurutma, ayırma ve konsantrasyon işlemi.....                                                                                                | 295 |
| 5         | GÜNÜMÜZDEKİ ENERJİ VERİMLİLİĞİ TEKNİKLERİ .....                                                                                             | 297 |
| 5.1       | Alevsiz yakma (alevsiz oksidasyon).....                                                                                                     | 297 |
| 5.2       | Sıkıştırılmış hava enerjisinin depolanması .....                                                                                            | 301 |
| 6         | SONUÇ.....                                                                                                                                  | 303 |
| 6.1       | Çalışmanın zamanlanması ve gidişatı.....                                                                                                    | 303 |
| 6.2       | Bilgi kaynakları .....                                                                                                                      | 303 |
| 6.3       | Mutabakat oranı .....                                                                                                                       | 304 |
| 6.4       | Gelecekte bilgi toplama ve araştırma için sunulan bilgilerin ve önerilerin örtüşmesi ya da birbirinden aykırı düşmesi.....                  | 305 |
| 6.4.1     | Verilerin uyuşması ya da birbirine aykırı düşmesi.....                                                                                      | 305 |
| 6.4.2     | Özel işletimsel veri.....                                                                                                                   | 307 |
| 6.4.3     | Araştırma konuları ve geleceğe yönelik çalışmalar.....                                                                                      | 307 |
| 6.5       | Bu belgeye genel bir bakış.....                                                                                                             | 308 |
|           | KAYNAKÇA.....                                                                                                                               | 309 |
|           | SÖZLÜK .....                                                                                                                                | 319 |
| 7         | EKLER.....                                                                                                                                  | 329 |
| 7.1       | Enerji ve termodinamikler yasası.....                                                                                                       | 329 |
| 7.1.1     | Genel prensipler .....                                                                                                                      | 329 |
| 7.1.1.1   | Sistemlerin ve işlemlerin özellikleri.....                                                                                                  | 329 |
| 7.1.1.2   | Enerji depolama biçimleri ve transfer.....                                                                                                  | 330 |
| 7.1.1.2.1 | Enerji depolama.....                                                                                                                        | 330 |
| 7.1.1.2.2 | Enerji transferi.....                                                                                                                       | 330 |
| 7.1.2     | Termodinamiklerin birinci ve ikinci yasaları.....                                                                                           | 331 |
| 7.1.2.1   | Termodinamiklerin ilk yasası: enerji dengesi .....                                                                                          | 331 |
| 7.1.2.1.1 | Kapalı sistem için enerji dengesi.....                                                                                                      | 331 |
| 7.1.2.1.2 | Açık sistemler için enerji dengesi.....                                                                                                     | 332 |
| 7.1.2.1.3 | İlk verimlilik yasası: termal verimlilik ve performans katsayısı... ..                                                                      | 332 |
| 7.1.2.2   | İkinci termodinamikler yasası: entropi.....                                                                                                 | 333 |
| 7.1.2.2.1 | Entropi.....                                                                                                                                | 333 |
| 7.1.2.2.2 | Kapalı sistemler için entropi dengesi.....                                                                                                  | 333 |
| 7.1.2.3   | Açık sistemler için entropi dengesi.....                                                                                                    | 334 |

|                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1.2.4 Ekserji analizi.....                                                                                                               | 334 |
| 7.1.2.4.1 Ekserji.....                                                                                                                     | 334 |
| 7.1.2.4.2 Ekserji dengeleri.....                                                                                                           | 335 |
| 7.1.2.4.3 ikinci yasa verimliliği: Ekserji verimliliği.....                                                                                | 335 |
| 7.1.3 Diyagramlar, tablolar, veri bankaları ve bilgisayar programları.....                                                                 | 336 |
| 7.1.3.1 Diyagramları.....                                                                                                                  | 336 |
| 7.1.3.2 Tablolar, veri bankaları ve simülasyon programları.....                                                                            | 336 |
| 7.1.3.3 Verimsizliğin belirlenmesi.....                                                                                                    | 337 |
| 7.1.4 Terimler.....                                                                                                                        | 337 |
| 7.1.4.1 Bibliyografya.....                                                                                                                 | 338 |
| 7.2 Termodinamik geri dönüşümsüzlüğe yönelik durum çalışmaları.....                                                                        | 339 |
| 7.2.1 Durum 1. Kısma araçları.....                                                                                                         | 339 |
| 7.2.2 Durum 2. Isı dönüştürücüler.....                                                                                                     | 341 |
| 7.2.3 Durum 3. Karışım işlemleri.....                                                                                                      | 343 |
| 7.3 Enerji verimliliği uygulamalarına ilişkin örnekler.....                                                                                | 347 |
| 7.3.1 Etilen parçalayıcı.....                                                                                                              | 347 |
| 7.3. Vinil asetat monomeri (VAM) üretimi.....                                                                                              | 348 |
| 7.3.3 Çelik işlerinde dönen sıcak mil.....                                                                                                 | 349 |
| 7.4 Enerji verimliliği yönetim sistemlerinin uygulanmasına ilişkin örnekler.....                                                           | 352 |
| 7.5 Enerji verimliliği çekirdek proseslerine yönelik örnek.....                                                                            | 354 |
| 7.6 Enerji verimliliği girişimlerine ivme kazandırılmasına yönelik bir örnek :işletimsel kusursuzluk                                       | 357 |
| 7.7 Denetleme ve ölçümleme.....                                                                                                            | 358 |
| 7.7.1 Sayısal ölçüler– ölçümleme.....                                                                                                      | 358 |
| 7.7.2 Model temelli yardımcı malzemelerin optimizasyonu ve yönetimi.....                                                                   | 358 |
| 7.7.3 Enerji modelleri, veri tabanları ve dengeler.....                                                                                    | 359 |
| 7.8 Malzemelerin denetlenmesi için kullanılan diğer teknikler ve tesis seviyesinde kullanılan diğer tekniklerin desteklenmesi              | 363 |
| 7.8.1 Denetleme ve enerji yönetim araçları.....                                                                                            | 363 |
| 7.8.2 Önlemler ve doğrulama protokolü.....                                                                                                 | 364 |
| 7.9 Kıyaslama.....                                                                                                                         | 364 |
| 7.9.1 Mineral yağı rafinerileri.....                                                                                                       | 364 |
| 7.9.2 Avusturya Enerji Ajansı.....                                                                                                         | 366 |
| 7.9.3 Norveç’deki SME’ler için program.....                                                                                                | 366 |
| 7.9.4 Hollanda’da kıyaslama koşulları.....                                                                                                 | 366 |
| 7.9.5 Cam sanayi kıyaslama.....                                                                                                            | 367 |
| 7.9.6 Karmaşık bir süreçte farklı enerjinin/CO <sub>2</sub> salınımının art arda gelen adımlarla farklı ürünler arasında paylaşılması..... | 368 |
| 7.10 Bölüm 3 örnekleri.....                                                                                                                | 369 |
| 7.10.1 Buhar.....                                                                                                                          | 369 |
| 7.10.2 Atık ısı geri kazanımı.....                                                                                                         | 376 |
| 7.10.3 Kojenerasyon.....                                                                                                                   | 380 |
| 7.10.4 Trijenerasyon.....                                                                                                                  | 381 |
| 7.11 Talep yönetimi.....                                                                                                                   | 382 |
| 7.12 Enerji Hizmeti Şirketi (ESCO).....                                                                                                    | 383 |
| 7.12.1 Teknik hizmetlerin yönetimi.....                                                                                                    | 385 |
| 7.12.2 Son enerji tedarik hizmetleri, (kurulum sözleşmesi olarak).....                                                                     | 386 |
| 7.13 Avrupa Komisyonu web sitesi ve Üye Devletler Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (NEEAPs).....                                      | 387 |
| 7.14 AB Salınımları ticareti planı (ETS).....                                                                                              | 388 |
| 7.15 Ulaştırma sistemlerinin optimize edilmesi.....                                                                                        | 390 |
| 7.15.1 Ulaşım zinciri için enerji denetimi.....                                                                                            | 390 |
| 7.15.2 Karayolu taşımacılığı enerji yönetimi.....                                                                                          | 391 |
| 7.15.3 Ulaştırmada kullanımın optimize edilmesi amacıyla paketlemenin geliştirilmesi                                                       | 395 |
| 7.16 Avrupa enerji karışımı.....                                                                                                           | 396 |
| 7.17 Elektrik enerjisi faktörü doğrulama.....                                                                                              | 398 |

## Resimler Listesi

|                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 1.1: Proses sanayi tarafından kullanılan AB birincil enerji talebinin yüzdesi .....                                           | 1   |
| Şekil 1.2: 1750 yılından bu yana CO <sub>2</sub> ye denk gelen atmosferik GHG konsantrasyonunun ppm olarak gösterilmesi .....       | 2   |
| Şekil 1.3 1975 – 2003 yılları arasında kimyasal sanayideki enerji kullanımı .....                                                   | 3   |
| Şekil 1.4: Termodinamik sistem .....                                                                                                | 10  |
| Şekil 1.5: Basınç – ısı (faz) diyagramı.....                                                                                        | 15  |
| Şekil 1.6: Birincil, ikincil ve son enerjilerin tanımı.....                                                                         | 23  |
| Şekil 1.7: Basit üretim ünitesinde enerji vektörleri.....                                                                           | 28  |
| Şekil 1.8: Üretim ünitesinde enerji vektörleri .....                                                                                | 30  |
| Şekil 1.9: Tesisteki girdi-çıkışı .....                                                                                             | 33  |
| Şekil 1.10: Sistem sınırı – eski elektrikli motorlar.....                                                                           | 35  |
| Şekil 1.11: Sistem sınırı – yeni elektrikli motorlar .....                                                                          | 36  |
| Şekil 1.12: Sistem sınırı – yeni elektrikli motorlar ve eski pompalar.....                                                          | 36  |
| Şekil 1.13: Sistem sınırı – yeni elektrikli motorlar ve yeni pompalar .....                                                         | 37  |
| Şekil 1.14: Sabit verimli yeni elektrikli motor ve yeni pompa.....                                                                  | 37  |
| Şekil 1.15: Yeni elektrikli motor, yeni pompa ve eski ısı dönüştürücü .....                                                         | 38  |
| Şekil 1.16: Yeni elektrikli motor, yeni pompa ve iki adet ısı dönüştürücü .....                                                     | 39  |
| Şekil 1.17: Dışarıdaki ısıya bağlı olarak enerji tüketimi .....                                                                     | 45  |
| Şekil 2.1: Enerji verimliliği sisteminin devamlı olarak gelişmesi.....                                                              | 48  |
| Şekil 2.2: Zaman içerisinde enerji kullanımındaki olası değişimlere ilişkin örnek .....                                             | 57  |
| Şekil 2.3: Tipik endüstriyel malzemelerin mülkiyetinin alınmasına ilişkin ücretler ve örnekler ( 10 yaşından fazla olanlar) .....   | 60  |
| Şekil 2.4: İşletimsel aşama ile karşılaştırıldığında tasarım aşamasında yatırım ve güç tasarrufu .....                              | 60  |
| Şekil 2.5: İşletimsel aşama haricinde tasarım aşamasında incelenecek alanlar.....                                                   | 61  |
| Şekil 2.6: Yeni tesislerin planlanmasında ve tasarlanmasında enerji uzmanlığı da dahil olmak üzere tavsiye edilen düzenlemeler..... | 64  |
| Şekil 2.7: Sankey diyagramı: yakıt ve tipik bir fabrikadaki kayıplar.....                                                           | 75  |
| Şekil 2.8: İleri düzeyde ölçümleme sisteminin yapısı .....                                                                          | 86  |
| Şekil 2.9: Enerji gözlemlleme modellerinin özellikleri .....                                                                        | 89  |
| Şekil 2.10: Geniş çaplı enerji denetimleri için oluşturulan program .....                                                           | 94  |
| Şekil 2.11: İki sıcak buhar.....                                                                                                    | 95  |
| Şekil 2.12: Sıcak bileşik eğri .....                                                                                                | 95  |
| Şekil 2.13: Pinç ve enerji hedeflerini gösteren bileşik eğri.....                                                                   | 96  |
| Şekil 2.14: Pinç altında ve üstünde sistemin şematik olarak gösterilmesi .....                                                      | 96  |
| Şekil 2.15: Pinç boyunca ısı haznesinden ısı kaynağına ısı transferi.....                                                           | 97  |
| Şekil 2.16: Pinç metodu ile belirlenen enerji tasarrufları .....                                                                    | 99  |
| Şekil 2.17:Yükleme faktörüne bağlı olarak bir aracın güç faktörü.....                                                               | 105 |
| Şekil 3.1: Yakma tesisinin enerji dengesi.....                                                                                      | 120 |
| Şekil 3.2.: Hava ön ısıtıcı ile yakma sistemi şeması.....                                                                           | 124 |
| Şekil 3.3. Rejeneratif ocaklar için alışma prensipleri.....                                                                         | 127 |
| Şekil 3.4: Farklı yakma bölgeleri .....                                                                                             | 127 |
| Şekil 3.5: Tipik buhar üretimi ve dağıtma sistemi .....                                                                             | 136 |
| Şekil 3.6: Kazan kullanımını optimize eden modem kontrol sistemi.....                                                               | 142 |
| Şekil 3.7: Besleme suyu ön ısıtma .....                                                                                             | 143 |
| Şekil 3.8: Basınçla çalışan ısı pompasına ait diyagram.....                                                                         | 168 |
| Şekil 3.9: Absorpsiyon ısı pompasına ait diyagram.....                                                                              | 170 |
| Şekil 3.10: Basit MVR tesisi .....                                                                                                  | 171 |
| Şekil 3.11: Tipik MVR sistemi için COP'a karşı ısı yükseltme.....                                                                   | 171 |
| Şekil 3.12: Karşı basınçlı tesis.....                                                                                               | 177 |
| Şekil 3.13: Ekstraksiyon yoğunlaştırma tesisi .....                                                                                 | 178 |
| Şekil 3.14: Gaz türbin ısı geri kazanım ocağı .....                                                                                 | 178 |
| Şekil 3.15: Kombine çevrim santrali.....                                                                                            | 179 |
| Şekil 3.16:İçsel yakma ya da pistonlu motor.....                                                                                    | 180 |
| Şekil 3.17: Yoğunlaştırıcı gücün ve kombine ısı ve güç tesisinin verimliliğinin kıyaslanması.....                                   | 182 |
| Şekil 3.18: Ana hava limanı için ayrı enerji üretimi ile karşılaştırılan trijenerasyon.....                                         | 185 |
| Şekil 3.19: Yıl boyunca tesisin optimize olarak işletilmesini sağlayan trijenerasyon.....                                           | 186 |
| Şekil 3.20: Serbest soğutma teknolojisiyle kış aylarında bölge soğutma .....                                                        | 188 |
| Şekil 3.21: Absorpsiyon teknolojisiyle yaz aylarında bölge soğutma .....                                                            | 188 |

|                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 3.22: Reaktif ve görünür güç .....                                                                             | 191 |
| Şekil 3.23: Bir dönüştürücüye ait diyagram .....                                                                     | 194 |
| Şekil 3.24: Demir, bakır ve yükleme faktöründeki kayıplar arasındaki ilişki.....                                     | 195 |
| Şekil 3.25: Konvansiyonel ve enerji tasarruflu pompalama sistemleri şeması.....                                      | 197 |
| Şekil 3.26: 24 MW'lık verime sahip kompresör motorları.....                                                          | 199 |
| Şekil 3.27: Üç aşamalı AC endüksiyon motorlarının enerji verimliliği .....                                           | 201 |
| Şekil 3.28: Elektrikli motorlar için verimlilik ve yükleme .....                                                     | 202 |
| Şekil 3.29: Geriye sarma ile karşılaştırıldığında yeni motorun maliyeti.....                                         | 204 |
| Şekil 3.30: Elektrikli motorun çalışma ömrü süresi boyunca maliyeti .....                                            | 205 |
| Şekil 3.31: Sıkıştırılmış hava sistemi(CAS)'nin tipik bileşenleri (CAS).....                                         | 209 |
| Şekil 3.32: Kompresör çeşitleri.....                                                                                 | 210 |
| Şekil 3.33: Çeşitli talepler.....                                                                                    | 211 |
| Şekil 3.34: Kompresör kontrolüne yönelik çeşitli yöntemler.....                                                      | 226 |
| Şekil 3.35: Verimlilik akışı zirvesi ve başlık, güç ve verimlilik.....                                               | 230 |
| Şekil 3.36: Pompalama kapasitesi ve başlık .....                                                                     | 231 |
| Şekil 3.37: Pompa başlığı karşısında akış oranı .....                                                                | 232 |
| Şekil 3.38: Rotodinamik pompa için iki adet pompalama sisteminin enerji verimliliğine dair örnek .....               | 234 |
| Şekil 3.39: Orta ölçekli endüstriyel pompalar için performans ömrü boyunca ortaya çıkacak maliyet .....              | 235 |
| Şekil 3.40: HVAC sistemi şeması .....                                                                                | 236 |
| Şekil 3.41: Havalandırma sistemi.....                                                                                | 238 |
| Şekil 3.42: Havalandırma sisteminde enerji verimliliğini optimize etmek için akış diyagramı.....                     | 239 |
| Şekil 3.43: Serbest soğutma işleminin uygulanması için oluşturulabilecek muhtemel şema .....                         | 244 |
| Şekil 3.44: Bazı ayırma işlemlerinin enerji tüketimi .....                                                           | 253 |
| Şekil 3.45: Buharlaştırma sırasında farklı kurutucuların özel olarak ikincil enerji tüketimi için bant aralığı ..... | 256 |
| Şekil 4.1: Enerji verimliliği için MET „a yönelik ilişkiler .....                                                    | 272 |
| Şekil 5.1: Rejeneratif ocaklar için çalışma prensipleri.....                                                         | 297 |
| Şekil 5.2: Konvansiyonel ve HiTAC ocaklarının test fırınlarına göre net ısı verimi sonuçları .....                   | 298 |
| Şekil 5.3: Alevsiz yakma koşulları .....                                                                             | 299 |
| Şekil 7.1: Isı-entropi diyagramı .....                                                                               | 336 |
| Şekil 7.2: Buhar kısıma işlemi .....                                                                                 | 339 |
| Şekil 7.3: Örnekte yer alan buhar kısıma işlemi için T-S ve h-S diyagramları .....                                   | 340 |
| Şekil 7.4: Ters akışlı ısı değiştirici .....                                                                         | 341 |
| Şekil 7.5: Buhar akışını tekrar ısıtma işlemi.....                                                                   | 342 |
| Şekil 7.6: Örnekte yer alan buhar yeniden ısıtma işlemleri için T-s ve h-s diyagramları.....                         | 342 |
| Şekil 7.7: $1/RT_0$ karşısında karşıdaki bir bileşenin molar fraksiyonu .....                                        | 344 |
| Şekil 7.8: İki akışın karışım haznesi .....                                                                          | 345 |
| Şekil 7.9: Örnekte yer alan karışım işlemi için T-s diyagramı .....                                                  | 346 |
| Şekil 7.10: Vinil asetat(VAM) tesisi için girdiler ve çıktılar .....                                                 | 348 |
| Şekil 7.11: Döner mil için akış tablosu.....                                                                         | 349 |
| Şekil 7.12: Döner milde özel enerji tüketimi .....                                                                   | 350 |
| Şekil 7.13: Döner milde özel enerji tüketimindeki değişimler.....                                                    | 351 |
| Şekil 7.14: Eurallumina alumina rafinerisinin işlem şeması .....                                                     | 376 |
| Şekil 7.15: Isıtıcıların işletimsel döngüsü.....                                                                     | 377 |
| Şekil 7.16: Bölge ısıtma sistemine bağlı olan ısı geri kazanım sistemi.....                                          | 379 |
| Şekil 7.17: Reaktif ve görünen güç hakkında açıklamalar .....                                                        | 398 |

## Tabloların Listesi

|                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 1.1: Çeşitli yakıtlar için düşük ve yüksek ısıtma değerleri.....                                                                   | 27  |
| Tablo 2.1: Bölüm 2 ve 3'te yer alan teknikler ve sistemler için bilgi analizi.....                                                       | 47  |
| Tablo 2.2: Yeni endüstriyel tesisin enerji tasarruflu tasarımı sırasında gerçekleşen faaliyetlere ilişkin örnek.....                     | 62  |
| Tablo 2.3: EED için beş pilot projede elde edilen tasarruflar ve yatırımlar.....                                                         | 63  |
| Tablo 2.4: EUREM pilot projesi: her bir katılımcı için tasarruf.....                                                                     | 73  |
| Tablo 2.5: Farklı ölçümleme sistemlerinden kaynaklanan basınç düşüşüne örnek.....                                                        | 88  |
| Tablo 2.6: Pinç metodu: uygulamalar ve tasarruflar hakkında bazı örnekler.....                                                           | 99  |
| Tablo 2.7: Yardımcı malzemeler için kullanılan optimizörler için iş süreci sürücüsü.....                                                 | 109 |
| Tablo 3.1: Bölüm 2 ve 3'te yer alan sistemler ve teknikler için bilgi analizi.....                                                       | 115 |
| Tablo 3.2: LCP ve ENE BREF'lerde enerji verimliliğine katkı sağlayan yakma tekniklerine genel bir bakış.....                             | 119 |
| Tablo 3.3: Farklı yakıt türleri için Siegert katsayısının hesaplanması.....                                                              | 125 |
| Tablo 3.4: Yakma havasının ön ısıtma işleminden elde edilebilecek tasarruflar.....                                                       | 126 |
| Tablo 3.5: Çeşitli sanayi kollarında buhar üretmek için kullanılan enerji.....                                                           | 134 |
| Tablo 3.6: Endüstriyel buhar sistemleri için ortak enerji verimliliği teknikleri.....                                                    | 139 |
| Tablo 3.7: Doğal gaz yakıtı temel alınarak, aşırı havanın %15'i ve 120 °C'lik son yığın [123, US_DOE]'den uyarlanmıştır.....             | 145 |
| Tablo 3.8: Isı transferindeki farklılıklar.....                                                                                          | 146 |
| Tablo 3.9: Blöfün enerji içeriği.....                                                                                                    | 148 |
| Tablo 3.10: Kurulumu yapılmamış her bir 30 m'lik buhar hattında gerçekleşecek ısı kaybı.....                                             | 153 |
| Tablo 3.11: Yalıtılmış hareketli valf kılıfının yerleştirilmesi sayesinde Watt değerinde elde edilebilecek tahmini enerji tasarrufu..... | 154 |
| Tablo 3.12: Buhar tutucudaki sızıntı oranı.....                                                                                          | 155 |
| Tablo 3.13: Buhar tutucuların çeşitli işletim aşamaları.....                                                                             | 156 |
| Tablo 3.14: Buhar tutuculardaki buhar kayıpları için işletme koşulları.....                                                              | 156 |
| Tablo 3.15: Buhar kayıpları için yük faktörü.....                                                                                        | 157 |
| Tablo 3.16: Atmosferik basınçta kondensatta ve flaş buharda mevcut toplam enerjinin yüzdelik oranı.....                                  | 160 |
| Tablo 3.17: Blöf kayıplarından kaynaklanan enerjinin geri kazanımı.....                                                                  | 162 |
| Tablo 3.18: ICS BREF içerisinde MET ve işlem şartlarına yönelik örnek.....                                                               | 175 |
| Tablo 3.19: ICS BREF içerisinde MET ve tesisi özelliklerine yönelik örnek.....                                                           | 175 |
| Tablo 3.20: Kojenerasyon teknolojileri ve ısı oranlarının listesi.....                                                                   | 176 |
| Tablo 3.21: 2002 yılında AB-25 ülkelerindeki hesaplanmış endüstriyel enerji tüketimi.....                                                | 191 |
| Tablo 3.22: Motor tahrikli alt sistemlerin güç enerjisine yönelik tasarruf önlemleri.....                                                | 204 |
| Tablo 3.23: CAS'lerde enerji tasarrufu önlemleri.....                                                                                    | 208 |
| Tablo 3.24: CAS'daki tipik bileşenler.....                                                                                               | 209 |
| Tablo 3.25: Enerji tasarrufuna yönelik örnekler.....                                                                                     | 221 |
| Tablo 3.26: Dışarıdan gelen soğuk hava ile kompresörün beslenmesi sonucunda elde edilen tasarruflar.....                                 | 225 |
| Tablo 3.27: Farklı aydınlatma türlerinin özellikleri ve verimlilik oranları.....                                                         | 248 |
| Tablo 3.28: Aydınlatma sistemlerinden elde edilebilecek tasarruf.....                                                                    | 249 |
| Tablo 3.29: Evaporatör çeşitleri ve özel tüketim.....                                                                                    | 261 |
| Tablo 4.1: Enerji verimliliğini artırma amacıyla uygulanan yakma sistemi teknikleri.....                                                 | 285 |
| Tablo 4.2: Enerji verimliliğini artırmak için uygulanan buhar sistemi teknikleri.....                                                    | 287 |
| Tablo 4.3: Enerji verimliliğini artırmak için uygulanan elektrik gücü düzeltme teknikleri.....                                           | 289 |
| Tablo 4.4: Enerji verimliliğini artırmak için uygulanan elektrik gücü tedariki teknikleri.....                                           | 289 |
| Tablo 4.5: Enerji verimliliğini artırmak için uygulanan elektrikli motor teknikleri.....                                                 | 290 |
| Tablo 4.6: Enerji verimliliğini artırmak için uygulanan sıkıştırılmış hava sistemleri teknolojisi.....                                   | 291 |
| Tablo 4.7: Enerji verimliliğini artırmak için uygulanan pompalama sistemleri teknikleri.....                                             | 292 |
| Tablo 4.8: Enerji verimliliğini artırmak için uygulanan ısıtma, havalandırma, iklimlendirme sistem teknolojileri.....                    | 294 |
| Tablo 4.9: Enerji verimliliğini artırmak için uygulanan aydınlatma sistemleri teknikleri.....                                            | 295 |
| Tablo 4.10: Enerji verimliliğini artırmak için uygulanan kurutma, ayırma ve konsantrasyon sistemleri teknikleri.....                     | 296 |
| Tablo 7.1: Bazı değişkenlerin değerleri.....                                                                                             | 344 |
| Tablo 7.2: Karışım için maksimum değerler.....                                                                                           | 344 |
| Tablo 7.3: Dünya çapında yıllık 10s ton kapasiteye sahip akrilamid üretimi.....                                                          | 355 |
| Tablo 7.4: Akrilamid işlemlerinin karşılaştırılması.....                                                                                 | 355 |
| Tablo 7.5: MJ/kg bazında akrilamidin enerji tüketiminin kıyaslanması.....                                                                | 355 |
| Tablo 7.6: kg başına CO <sub>2</sub> üretimi ile CO <sub>2</sub> /kg akrilamid üretiminin karşılaştırılması.....                         | 355 |
| Tablo 7.7: Elektron demeti mürekkep sisteminden elde edilen enerji tasarrufu.....                                                        | 356 |
| Tablo 7.8: Basit elektrik modeli.....                                                                                                    | 359 |
| Tablo 7.9: Termal enerji modelindeki veriler (üreticiler tarafı).....                                                                    | 361 |

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 7.10: Termal enerji modelindeki veriler (kullanıcı tarafı) .....                                                               | 362 |
| Tablo 7.11: Buhar tutucularda buhar kayıplarına yönelik işletim faktörleri .....                                                     | 373 |
| Tablo 7.12: Buhar kayıpları için yükleme faktörü .....                                                                               | 373 |
| Tablo 7.13: Çeşitli buhar hızları ve boru çapları için havalandırma kondensatının enerji geri kazanımı potansiyeli .....             | 374 |
| Tablo 7.14: Kondensatın ve buhar basıncının bir işlevi olarak kondensatın her bir kütleinde elde edilen buharın yüzdelik oranı ..... | 375 |
| Tablo 7.15: Barajas Havalimanının trijenerasyon tesisi için teknik veri .....                                                        | 381 |
| Tablo 7.16: CAS malzemelerinin kiralanmasının avantajları ve dezavantajları .....                                                    | 385 |
| Tablo 7.17: ESCO aracılığıyla CAS'ın tedarik edilmesinin avantajları ve dezavantajları .....                                         | 386 |
| Tablo 7.18: ESCO aracılığıyla elde edilen enerjinin avantajları ve dezavantajları .....                                              | 387 |
| Tablo 7.19: Elektrik enerjisi üretimiyle ilgili ortalama emisyon faktörleri .....                                                    | 396 |
| Tablo 7.20: Buhar üretimi için Ortalama Salınım Faktörleri .....                                                                     | 397 |





## KAPSAM

Bu belgenin diğer belgelerle birlikte (başlığın bulunduğu sayfanın arka kısmı) IPPC Direktifi uyarınca enerji verimliliğini ele alması amaçlanmaktadır. Enerji verimliliği EK I' de yer alan tek bir sanayi sektörü ile sınırlı değildir, yukarıda belirtildiği gibi tüm yönleriyle dikkate alınacak yatay bir konudur. Direktif'te aşağıda yer alan alt başlıklarda ve maddelerde enerji ve enerji verimliliği hakkında doğrudan ve dolaylı referanslar mevcuttur. (Direktif'te yer alan sıraya göre):

□ (Alt başlık) 2. Anlaşmanın 130. Maddesinde belirtildiği üzere Topluluğun çevresel politikaları, hedefleri ve prensipleri; “kirleten öder” prensibiyle ve kirlilik önlem hedefleriyle uyumlu olarak doğal kaynakların verimli kullanımına önem verilmesini ve kirliliğin ortadan kaldırılmasını ya da en hızlı şekilde azaltılmasını kapsar. (Avrupa’da enerji çoğunlukla yenilenemeyen doğal kaynaklardan elde edilir.)

□ (Alt başlık) 3. Beşinci Çevresel Eylem Planı...Topluluğun çevre ile ilgili faaliyetler ve sürdürülebilir kalkınma(4) hakkında Şubat 1993 yılında aldığı 1 numaralı karar, insanların faaliyetleri ile sosyo-ekonomik gelişmeler arasında ve kaynaklar ile doğanın rejeneratif özellikleri arasında daha sürdürülebilir dengeyi sağlamanın önemli bir parçası olarak entegre kirliliğin önlenmesine birinci derecede önem verir.

□ Madde 2(2): kirlilik; insan sağlığına zararlı ya da çevre kalitesini düşürecek titreşimlerin, ısıнын gürültünün doğrudan ya da dolaylı olarak ortaya çıkmasıdır. .  
(titreşim, ısı ve gürültü enerji göstergeleridir.)

□ Madde 3: Üye Devletler,  
(d) enerjinin verimli bir biçimde kullanıldığını  
ve tesislerin bu ilkeye riayet edilerek çalıştırıldığını yetkili mercilere göstermek için gerekli önlemleri alır.

□ Madde 6.1: Üye Devletler,  
Ham ve yardımcı malzemelerin, diğer maddelerin, kullanılan enerjinin ya da tesis tarafından üretilen enerjinin bir tanımını içeren izin için yetkili mercilere başvurur.

□ Madde 9.1: Üye Devletler, Madde 3 ve Madde10’da(enerji verimliliğini kapsayan konular, bkz yukarıdaki 3. Madde) yer alan koşullara riayet etmek amacıyla verilen izinlerin gerekli tüm önlemleri kapsadığını göstermelidir.

Ek IV (9.madde). Genel ya da özel olarak MET’in belirlenmesinde göz önünde bulundurulacak konulardan biri tüketim ve işlemden kullanılan ham maddelerin(su da dahil) özelliği ve bunların enerji verimliliğidir.

13 Ekim 2003 tarihinde 2003/87/EC sayılı Konsey Direktifi ile değiştirilen IPPC Direktifi sera gazları salınımının Topluluk içinde ticaretinin yapılması amacıyla oluşturulacak bir programı kapsar. (ETS Direktifi):

Madde 9(3): 2003/87/EC sayılı Direktifin I ekinde yer alan faaliyetler için Üye Devletler tesiste yakma üniteleri ya da karbon dioksit salınan diğer üniteler hakkında enerji verimliliğine bağlı olan koşulları uygulamayabilirler.

Enerji verimliliği Avrupa Birliği içerisinde başlıca gündem konusudur ve enerji verimliliği hakkındaki bu belgenin Topluluğun diğer politikalarıyla ve yasal belgelerle bağlantısı vardır. Buna ilişkin örnekler:

Politika belgeleri:

- ☐ Berlin Deklarasyonu, Mart 2007
- ☐ Enerji Verimliliği Eylem Planı, Ekim 2007 COM(2006)545 FINAL
- ☐ Enerji Verimliliğine ilişkin Yeşil Belge COM(2005)265 final, 22 Haziran 2005
- ☐ Sanayi kuruluşlarındaki enerji verimliliğine ilişkin Avrupa Birliği iklim Değişikliği Programının (COM(2001)580 final) uygulanmasına dair Komisyon Kararı(özellikle bu belgeye hâkim olan karar, bkz. Önsöz)
- ☐ Enerji tedarikinin güvenliğine yönelik Avrupa stratejisi için geliştirilmiş Yeşil Belge (COM(2000) 769 final) , 29 Kasım 2000.

Yasal belgeler:

- ☐ 92/42/EEC sayılı direktifte değişiklikler yapan ve iç enerji piyasasındaki kullanılabilir enerji talebine dayanan kojenerasyonun artırılmasına yönelik 11 Şubat 2004 yılında alınan 2004/8/EC sayılı Konsey Kararı
- ☐ 93/76/EEC sayılı Konsey Direktifini fesheden ve enerji servisleri ile enerjinin nihai kullanım verimliliğine yönelik 2006/32/EC sayılı Konsey Kararı
- ☐ Enerji kullanan ürünlerde eko-tasarım şartlarının belirlenmesi için oluşturulan çerçeve Direktif EuP (2005/32/EC)

Politikaların uygulanmasına yönelik diğer araçlar:

- ☐ Sürdürülebilir endüstriyel politikalar için eylem planı
- ☐ EMAS Tüzüğü kapsamında geliştirilen SME'ler için Enerji Verimliliği Araç Takımı
- ☐ Binalarda ve sanayi kuruluşlarında enerji verimliliği konusunda faaliyette bulunan –Europe ve SAVE-Akıllı Enerjinin çatısı altında toplanan çalışmalar ve projeler.

Bu belge, enerji verimliliğinin başlıca gündem konusu olduğu durumlarda özellikle Büyük Yakma Tesisleri(LCP) için BREF ve özel sanayi sektörleri için “dikey BREF’ler” ile kesişir. Ayrıca, endüstriyel soğutma sistemleri(ICS) için BREF’lerle ve kimya sektöründeki(CWW) genel atık su ve atık gaz ıslahı/yönetimine yönelik BREF’lerle de kesişmektedir.(yatay BREF’ler birden fazla sektör için uygulanabilir.)

Bu belgedeki enerji verimliliği

Belirlenen politikalarda enerji politikası(kullanımın azaltılması da dahil) ve iklimlerin korunması(yakma gazlarının etkilerinin azaltılması) Avrupa Birliği’nin en önemli gündem konuları arasında yer almaktadır.

IPPC Direktifi Salınım Ticareti Taslak Direktifinin(ETS) hesaba katılması amacıyla değiştirilmiştir.(yapılacak değişikliklerde Aarhus anlaşmasının da dikkate alınması gerekmektedir) . Ancak enerjinin verimli kullanılması konusu genel prensipleri arasında yerini korumaktadır. Özet olarak, 2003/87/EC sayılı Direktifin EK I’inde yer alan faaliyetler için Üye Devletler yakma üniteleri ve diğer karbon dioksit salan üniteler ile ilgili enerji verimliliği şartlarını yerine getirmeyi uygun görmeyebilirler. Bu esneklik aynı tesis içerisinde doğrudan karbon dioksit salmayan üniteler için geçerli değildir.

Bu belge enerji verimliliği üzerine tüm IPPC tesisleri için(ve tamamlayıcı üniteleri için) kılavuz niteliğindedir.

<sup>1</sup> 2008/1/EC sayılı Konsey Direktifini değiştiren ve sera gazı salınımlarının Topluluk içerisinde ticaretinin yapılması için oluşturulan 13 Ekim 2003 tarihli 2003/87/EC sayılı Avrupa Parlamentosu Direktifi. Bkz. EK 7.14

Bu belgede yer alan kılavuzlar işletmeciler ve IPPC kapsamı dışında olan sanayi kuruluşları için yararlı olabilir.

IPPC Direktifi EK I’de yer alan faaliyetlerle ve teknik bağlantılara sahip doğrudan aktivitelerle ilgilidir. Bu direktif ürünler hakkında bilgi içermez. Bu bağlamdaki enerji verimliliği ürünlerin enerji tasarruflarına yönelik konuların haricindedir. (tesisteki enerji kullanımının artması enerji tasarruflu ürünlerin kullanılmasını sağlayabilir). (Örn. Çok güçlü bir çelik üretmek için ekstra enerji gerekirken, araba yapımında daha az çeliğin kullanılması söz konusu olacaktır, bu da yakıtta tasarrufu sağlayacaktır) işletmeci tarafından uygulanan bazı önlemler IPPC izni konularının dışındadır ve bu konu eklerde ele alınmıştır(örn. Ulaştırma, bkz EK 7.15)

Enerjinin verimli bir biçimde kullanılması ve ayrıştırılması sürdürülebilirlik politikasının temel amacıdır. IPPC Direktifi enerjiyi kaynak olarak ele alır ve enerjinin kaynağına değinmeden bu enerjinin verimli bir şekilde kullanılması gerektiğini belirtir. Bu sebeple bu belge tüm enerji kaynaklarındaki enerji verimliliğini, ürün ya da hizmet elde etmek için tesislerde kullanımı ele alır. Enerji verimliliğinde ilerleme kaydetmek için birincil yakıtları ikincil yakıtlarla ya da yenilenebilir enerji kaynaklarıyla değiştirme konularını içermez. Fosil kaynakların diğer kaynaklarla değiştirilmesi CO<sub>2</sub> oranında düşüşün sağlanması, diğer sera gazları salınımının azaltılması, gelişmiş bir sürdürülebilirlik ve enerji tedarikinin güvenliği gibi faydalar sağlayacaktır ancak buna ilişkin konular başka alanda ele alınacaktır. Sektöre özgü bazı BREF’ler ikincil yakıtların ya da atıkların enerji kaynağı olarak kullanılmasından söz etmektedir.

Bazı kaynaklar “enerji verimliliği yönetimi” terimini kullanırken diğerleri ise “enerji yönetimi” terimini tercih etmektedirler. Bu belgede (aksi belirtilmediği takdirde) her iki terim de fiziksel enerjinin etkin bir biçimde kullanılması anlamına gelmektedir. Her iki terim de enerji maliyetlerinin yönetiminde şu anlama gelebilir: Kullanılan enerjinin fiziksel miktarının azaltılması maliyetin düşmesini sağlar. Ancak Enerji tüketimini azaltmadan da daha düşük tedarikçi bandında kalarak, tarife yapısına uyarak, masrafları düşürerek enerji kullanımını(özellikle maksimum talepleri düşürerek) yönetecek teknikler bulunmaktadır. Bu teknikler IPPC Direktifinde belirtildiği gibi enerji verimliliğinin bir parçası olarak düşünülmemektedir.

Bu belge diğer BREF’lerin ilk baskısının ardından ayrıntılı bir şekilde hazırlanmıştır. Bu yüzden BREF’lerin gözden geçirilmesi amacıyla enerji verimliliği hakkında kaynak bir belge olması amaçlanmıştır.

Bu belgede yer alan enerji verimliliği konuları

| Bölüm | Konu                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Giriş ve tanımlar                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1.1   | Bu belgede ve Avrupa Birliğinde enerji verimliliğine giriş.<br>Finansman ve çapraz medya konuları (ECM BREF’de daha detaylı olarak ele alınmıştır)                                                                                                                                                |
| 1.2   | Enerji verimliliğinde kullanılan terimler örn. Enerji, iş, güç ve termodinamikler yasasına giriş                                                                                                                                                                                                  |
| 1.3   | Enerji verimliliği göstergeleri ve kullanımları<br>Ünitelerin, sistemlerin ve sınırların belirlenmesinin önemi<br>Birincil ve ikincil enerjiler ve ısıtma değerleri gibi kullanılan diğer terimler                                                                                                |
| 1.4   | Sanayideki enerji verimliliği göstergelerinin yukarıdan aşağıya doğru kullanılması, tüm tesiste ele alınacak yaklaşım ve karşılaşılan sorunlar                                                                                                                                                    |
| 1.5   | Aşağıdan yukarıya enerji verimliliği yaklaşımı ve karşılaşılan sorunlar<br>Sistem yaklaşımının önemi ve enerji verimliliğinin artırılması<br>Enerji verimliliğinin belirlenmesine yönelik önem arz eden konular<br>Kurulum aşamasında enerji verimliliği sağlamak için dikkate alınacak teknikler |
| 2     | Enerji tasarruflu faaliyetler için (daha fazla) kaynağa yatırım yapmadan önce tesisin tümü için stratejik görüşlerin oluşturulmasının, hedeflerin ve eylem planlarının belirlenmesinin önemi                                                                                                      |
| 2.1   | Özel yönetim sistemleri ya da mevcut sistemler aracılığıyla enerji verimliliği yönetimi                                                                                                                                                                                                           |
| 2.2   | □ çevresel gelişmenin sürdürülmesi<br>□ toplamda tesisin ve tesisin tamamlayıcı sistemlerinin düşünülmesi ile Hedeflerin ve amaçların planlanması ve gerçekleştirilmesi                                                                                                                           |

| Bölüm | Konu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.3   | Yeni ve güncellenmiş tesisler için tasarım aşamasında enerji verimliliğinin ve enerji tasarruflu proses teknolojilerinin göz önünde bulundurulması                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2.4   | Enerjinin ve ham maddelerin verimli bir şekilde kullanımının artırılması için süreçler, sistemler ve tesisler arasında proses entegrasyonunun sağlanması                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2.5   | Uzun zamanlık periyotlar halinde enerji verimliliği girişimlerine ivme kazandırılması                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2.6   | Enerji yönetiminde, süreç ve sistem bilgisinde gerekli uzmanlığın tüm enerji sistemlerine yayılmasını sağlamak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2.7   | Sankey diyagramının kullanılması da dahil olmak üzere enerji verimliliği girişimleri ve sonuçlarına yönelik ilişkiler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2.8   | Süreçlerin etkin bir şekilde kontrol edilmesi: proses kontrol sistemi ve kalite(istatistik)yönetim sistemi aracılığıyla süreçlerin mümkün olduğunca verimli bir şekilde yürütülmesinin sağlanması, daha iyi enerji verimliliği, ayrıntıları belirtilmeyen ürünlerin azaltılması                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2.9   | Buhar ve sıkıştırılmış hava sızıntıları gibi atık enerjilere sebep olan olağandışı tamir işlemlerinde acil müdahale ve planlı bakım işleminin önemi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2.10d | Denetleme ve ölçümleme işlemleri oldukça önemlidir. Bunlar:<br><input type="checkbox"/> nitel teknikler<br><input type="checkbox"/> doğrudan ölçümleme ve ileri ölçümleme sistemlerinin kullanılmasıyla elde edilen nicel ölçüler<br><input type="checkbox"/> yeni nesil akış ölçüm araçlarının uygulanması<br><input type="checkbox"/> enerji modellerinin, veri tabanlarının kullanılması ve dengelerin sağlanması<br><input type="checkbox"/> ileri düzeyde ölçümleme ve yazılım kontrolü ile yardımcı malzemelerin optimize edilmesi |
| 2.11  | Enerji denetleme; enerji kullanım alanlarının ve enerji tasarrufu imkanlarının belirlenmesi ve atılan adımların sonuçlarının kontrol edilmesi için gerekli bir tekniktir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2.12  | Pınc teknolojisi ısıtma ve soğutma sistemlerinin tesiste bulunduğu durumlarda, enerji değişiminin entegre edilmesi için işe yarayan bir yöntemdir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2.13  | Ekserji ve entalpi analizleri, ek enerjinin kullanılması olasılığı ve enerji tasarrufu ihtimallerinin değerlendirilmesi için işe yarar bir yöntemdir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2.14  | Termoekonomi, enerji ve hammadde tasarrufunun yapılabileceği yerleri belirlemek için, termodinamikle ekonomik analizleri birleştirir                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2.15  | Enerji modelleri;<br><input type="checkbox"/> modellerin, veri tabanlarının ve dengelerin kullanılması,<br><input type="checkbox"/> enerji dahil olmak üzere yardımcı malzemelerin yönetimini optimize etmek için gelişmiş modellerin kullanımı                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2.16  | Kıyaslama işlemi, bir tesisin, işlemin ya da sistemin performansının değerlendirilmesi için vazgeçilmez bir araçtır. Kıyaslama, iç ya da dış enerji kullanımı seviyelerine ya da enerji verimliliği metotlarına karşı doğru bilgileri sunar                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3     | Sistem düzeyinde ve tamamlayıcı parçalar düzeyinde enerji verimliliğinin sağlanması için gerekli teknikler. Bu bölüm, sistem değerlendirmesinin bir parçası olarak optimize edilmeyen malzemeler için tekniklerin optimize edilmesinde dikkate alınacak teknikleri kapsar:                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 3.1   | LCP BREF’de ana yakma teknikleri ele alınmıştır. Yakma, IPPC sürecinin önemli bir parçasıyken (eritme kazanları gibi) kullanılan teknikler uygun dikey BREF’lerde ele alınır. Bu belgede önemli tekniklere vurgu yapılmıştır , ekstra teknikler ve detaylar gözden değerlendirilmiştir.                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3.2   | <b>Buhar sistemleri</b><br>Isı değiştiricilerin ve ısı pompalarının kullanılmasıyla ısı geri kazanımı:<br>Not: Soğutma sistemleri ICS BREF’de ele alınmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 3.4   | Bölge ısıtma ve soğutmada trijenerasyonun kullanılması ile başlıca kojenerasyon türleri açıklanmıştır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3.5   | Bir tesiste elektrik gücünün kullanım biçimi iç ve dış enerji tedariki sistemlerinde verimsizlikle sonuçlanabilir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3.6   | Elektrikli motorla çalışan alt sistemler genel olarak ele alsın da özel sistemler detaylı olarak incelenmektedir. (bölüm 3.7 ve 3.8)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3.7   | Sıkıştırılmış hava sistemlerinin(CAS) kullanımı ve optimizasyonu (CAS) Pompalama                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 3.8   | sistemleri ve optimizasyonu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3.9   | Isı havalandırma ve iklimlendirme (HVAC)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 3.10  | Aydınlatma ve optimizasyonu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3.11  | Kurutma, ayırma ve konsantrasyon işlemleri ve bunların optimizasyonu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 4     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Ekler | Enerji verimliliği teknikleri için MET sonuçları<br>Ek veriler ve detaylı örnekler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Bu belgenin diğer BREF'lerle ilişkisi

Bu belge:

- ☐ Ek I ,de ve IPPC Direktifinde yer alan tüm faaliyetler için genel anlamda enerji verimliliği sağlayacak ve MET olarak kabul edilebilecek yatay kılavuzları ve sonuçlarını kapsar.
- ☐ Enerji verimliliği için özel tekniklerin ayrıntılı olarak ele alındığı BREF referansları diğer sektörlerde kullanılabilir.
- ☐ Örneğin:
  - LCP BREF, yakmaya ilişkin enerji verimliliğini ele alır ve bu tekniklerin 50 MW lık değerden daha az kapasiteye sahip yakma planlarında uygulanabileceğini belirtir.
  - ICS BREF
- ☐ Bu belgenin bu konuda yardımcı olması beklenmektedir ancak tekniklere ilişkin daha detaylı bilgi diğer BREF'ler aracılığıyla elde edilir. (örn. SIC BREF pinç metodunu içerir.)

Bu belge:

- ☐ Diğer BREF'lerin kapsamında olan sektöre özgü bilgileri içermez. Örneğin;
  - Özel büyük hacimli inorganik kimyasal işlemlerin enerji verimliliği LVIC-S ve LVIC-AAF BREF'lerde ele alınır.
- ☐ Elektro kaplama işleminin enerji verimliliği STM BREF'de ele anılır.
- ☐ sektöre MET'i içermez.

Ancak, diğer BREF'lerden alınan sektöre özgü MET'in özeti bilgi amacıyla yer almaktadır. [283, EIPPCB]

Bu belge genel bir fikir vermektedir, bu nedenle IPPC Direktifinin kapsamı dışında olan diğer sanayi kuruluşları için faydalı olabilir.

Bu belgenin dikey sektör BREF'leriyle uyum içerisinde kullanılması

Aşağıda yer alan aşamalar; dikey ve yatay BREF'lerin kapsadığı konulara yönelik teknikler hakkında bilgiden elde edilen en iyi kullanım şartlarının sağlanması için atılacak gerekli adımlardır. (bkz. Şekil 1). ENE'ye ilişkin örnekler aşağıdaki gibidir:

Aşama 1: ilgili sektöre özgü dikey BREF'den alınan bilgiler

Enerji verimliliği için dikey sektör BREF'inde yer alan MET'in ve uygun tekniklerin belirlenmesi. Yeterli veri bulunduğunda izin koşullarının hazırlanması için destekleyici veriler ve MET kullanılır.

Aşama 2: tesisteki ilgili faaliyetler için diğer dikey BREF'lerden elde edilen bilgilere başvurulması, bilgilerin belirlenmesi ve eklenmesi

Diğer dikey BREF'ler; diğer teknikleri ve dikey sektör BREF'inin kapsamı dışında bulunan tesisler içerisindeki faaliyetlere yönelik MET'i içerebilir.

Enerji verimliliği için LCP(büyük yakma tesisleri) BREF, buharın yakılması, dağıtılması ve kullanılmasına yönelik MET hakkında bilgi sağlar.

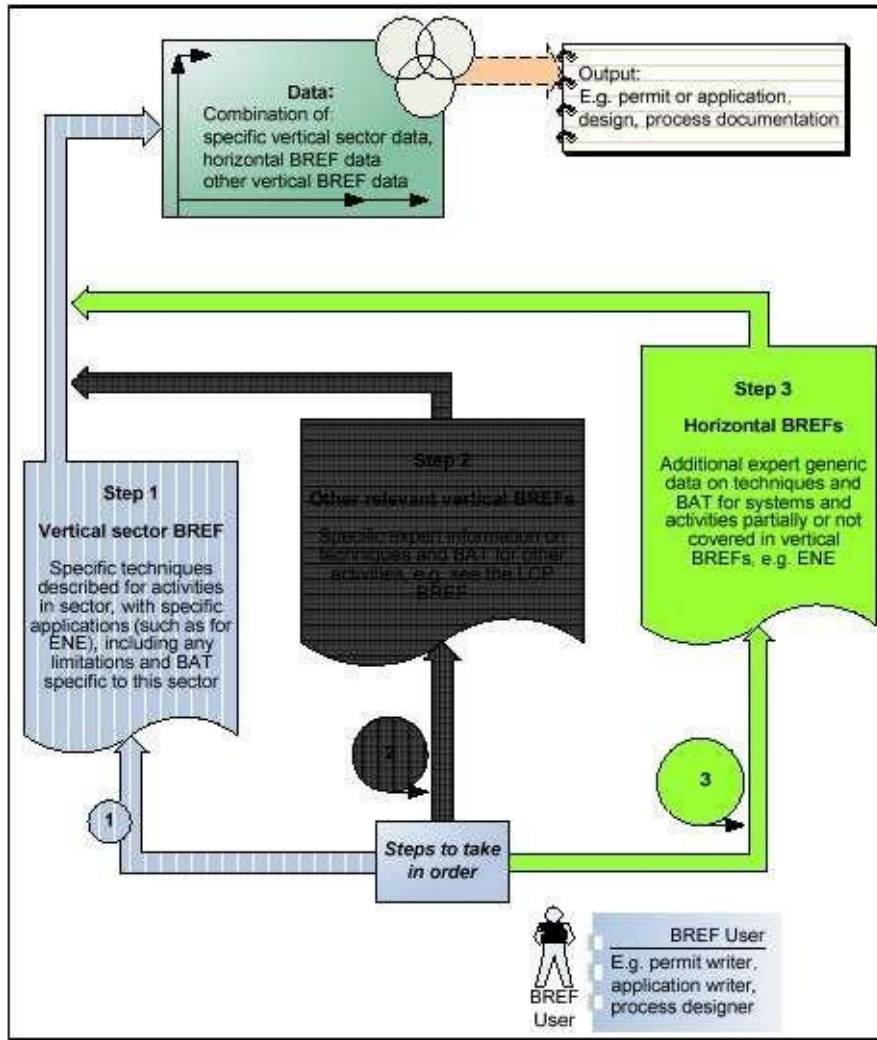
Dikey BREF'lerde tekniklere ilişkin uzmanlık bilgileri diğer sektörlerde de kullanılabilir. Bunlar, bir sektörün bir veya birden fazla BREF'in(kimyasallar, zemin ıslahı) kapsamında olduğu durumlarda ya da işletmecinin ek bilgiye ya da ekstra tekniğe ihtiyaç duyduğu durumlarda kullanılır.

Aşama 3: ilgili yatay BREF'lerden elde edilen bilgiye başvurulması bu bilginin tanımlanması ve eklenmesi

Özel dikey sektörde MET'in uygulanmasına yardımcı olmak amacıyla uzmanlık verilerinin kullanılmasına yönelik bilgiler için yatay BREF'te<sup>2</sup> ye başvurunuz. Tesise ait dikey BREF'de yer almayan sistemler bulunabilir.

Örneğin, Enerji Verimliliği BREF'i aşağıda yer alan maddelerin dikkate alınması için gerekli MET'i ve bazı teknikleri kapsar:

- Yönetim sistemleri, denetleme, eğitim, izleme, kontrol ve bakım gibi enerji yönetimi politikaları
- Buhar, ısı geri kazanımı, kojenerasyon, elektrik gücü tedariki, elektrikli motorla çalışan alt sistemler, sıkıştırılmış hava sistemleri(CAS), pompalama sistemleri, HVAC(ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme), aydınlatma, kurutma, ayırma ve konsantrasyon sistemleri gibi birçok tesiste kullanılan ve başlıca enerji tüketen sistemler



Şekil 1: Sektör BREF'lerinin yatay BREF'lerle kullanılması

<sup>2</sup> En yaygın bilinen BREF'ler: enerji verimliliği (ENE), soğutma (ICS) genel atık su/atık gaz iyileştirme/yönetme(CWW), finansman ve çapraz medya etkileri(ECM), inceleme(MON) ve depolardan yayınlan salınımlar(EFS)



# 1 GİRİŞ VE TANIMLAR

[3, FEAD and Industry, 2005] [97, Kreith, 1997]

<http://columbia.thefreedictionary.com/energy>][TWG [127, TWG, , 145, EC, 2000]

## 1.1 Giriş

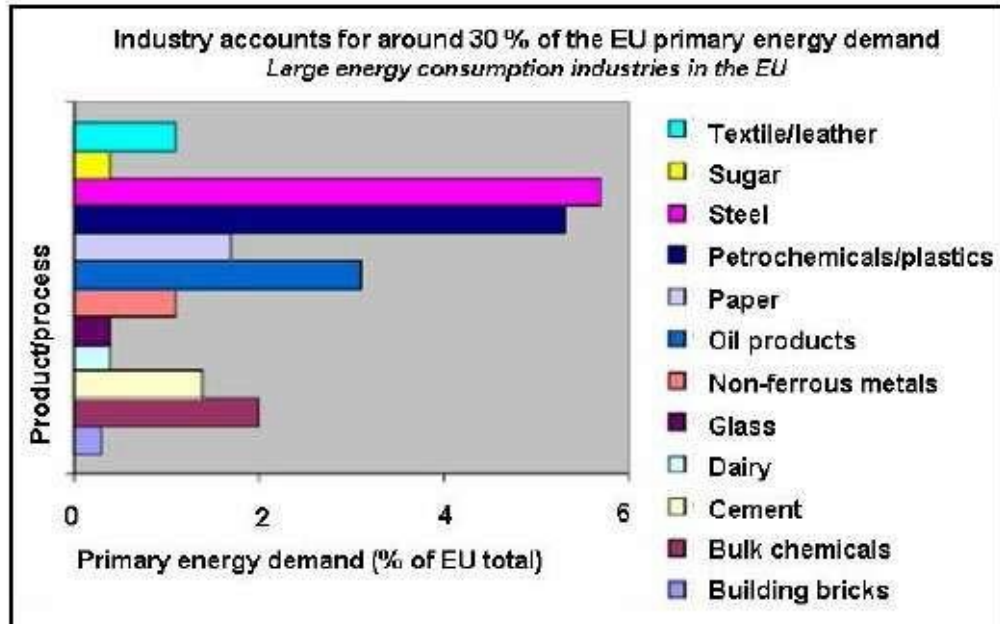
### 1.1.1 Avrupa Birliği Sanayi Sektöründe Enerji Kullanımı

'Enerji politikalarına ve iklimin korunmasına, iklim değişikliğinin küresel tehditlerine karşı uyarılarda bulunmaya yönelik yapılacak katkılarda liderlik etmeyi arzu ediyoruz.' Berlin Deklarasyonu (25 Mart 2007)

2004 yılında, AB-25 ülkelerinde endüstriyel enerji tüketimi 319Mtoe(yaklaşık milyonlara ton yağa denk gelmektedir, 11004PJ) ya da AB'nin yıllık son enerji kullanımının %28'i ya da birincil enerji talebinin %30'udur.

Birincil yakıtların % 27'si termal(elektrik)güç istasyonlarında kullanılır. Enerjinin yoğun bir biçimde kullanıldığı diğer iki alan ise demir çelik sanayi ve kimya sanayidir. Demir çelik sanayi, endüstriyel enerjinin %19'unun kullanırken, kimya sanayi %18'ini kullanır. Bunları cam, çömlek işi ve inşaat malzemeleri %13'le, kâğıt ve baskı da yaklaşık%11'le takip eder. Sanayide kullanılan elektriğin %25'i yine sanayi tarafından üretilir. Son veriler yıllara göre çok fazla değişimin gerçekleşmediğini ortaya koymuştur.(2000-2004 yılları arasında) IPPC sanayi ile ilgili resimler Şekil 1.1'de gösterilmiştir.

EPER'e göre, başlıca IPPC emitörleri tüm Avrupa'nın CO<sub>2</sub> salınımlarının %40'ına, tüm SO<sub>x</sub> salınımlarının %70'ine ve tüm NO<sub>x</sub> salınımlarının %25'ine tekabül eder. [145, EC,2000, 152, EC, 2003] [251, Eurostat].



Şekil 1.1: Proses sanayi tarafından kullanılan birincil enerjinin AB'de talep edilme yüzdesi [145, EC, 2000]

<sup>3</sup> Birincil, ikincil ve nihai enerjilerin tartışılması için Bölüm 1.3.6.1'e bakınız

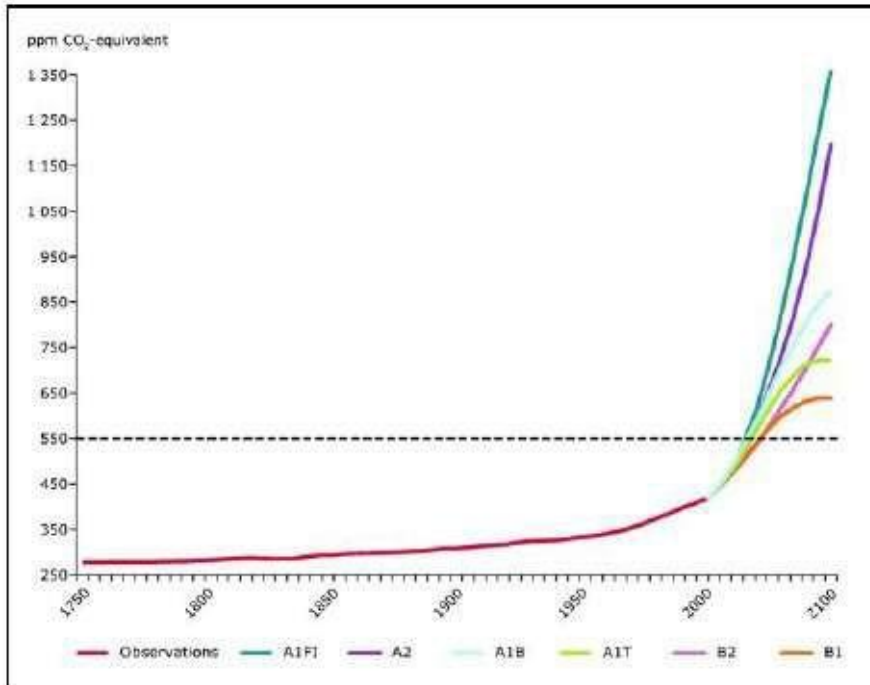
### 1.1.2 Enerji kullanımının etkileri

#### Küresel ısınma

Radyasyonun dünya yüzeyinden absorbe edilmesi ve radyasyonun daha uzun dalga boylarında yeniden salınması ile bazı gazlar atmosferde ısınmaya neden olur. Bu radyasyonun bir bölümü atmosfere salınır ve ısınmanın etkisiyle Dünya'nın yüzeyindeki tabaka "sera gazı etkisi" olarak anılır. Başlıca sera gazları(GHG); su buharı, karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), ozon (O<sub>3</sub>), nitroz oksit (N<sub>2</sub>O)'dir. Bu ısınma süreci doğaldır ve Dünya'nın ekosisteminin korunması için oldukça önemlidir.

Ancak karbon dioksitin atmosferik konsantrasyonu, başlıca (antropojenik) sera gazları beşerî faaliyetler sonucunda 1950 yılından bu yana hızla yükselişe geçerek sanayi öncesi dönemlere göre %34 oranında artışa ulaşmıştır. Diğer sera gazlarının konsantrasyonları yine beşerî faaliyetler sonucunda artmıştır. Sera gazlarının başlıca kaynakları CO<sub>2</sub> ve nitrojen oksittir. Bu gazlar, sanayide fosil yakıtların yakılması,(elektrik üretimi de dahil) yerleşim alanlarındaki tüketim ve özel kullanımlar sonucunda insanların neden olduğu GHG'lerin salınması ve ulaşım araçlarından kaynaklanan kirlilik sonucunda ortaya çıkmaktadır. (diğerleri ise arazinin ve tarım alanlarının kullanımında gerçekleşen değişiklikler sonucunda ortaya çıkan CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub>'tür).

CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> ye ait günümüzdeki yoğunluk oranları geçmişteki 420000 yıl boyunca hiç aşılmamıştır. Günümüzdeki N<sub>2</sub>O konsantrasyonu ise geçmişteki 1000 yıl boyunca belirli bir sınırı hiç geçmemiştir. IPCC (2001) temel hat projeleri, sera gazlarının önümüzdeki yıllarda(2050'den önce) CO<sub>2</sub> eşdeğerinde 550ppm'yi geçebileceğini göstermektedir. (bkz. Şekil 1.2 [252, EEA, 2005]. 2006 genel senaryosuna göre ise, 2050'ye kadar CO<sub>2</sub> salınımlarının bugünkü seviyenin yaklaşık iki buçuk katı daha fazla olacağı bildirilmektedir. [259, IEA, 2006].



Şekil 1.2: 1750 yılından bu yana CO<sub>2</sub> ye denk gelen atmosferik GHG konsantrasyonunun ppm olarak gösterilmesi [252, EEA, 2005]

GHG'lerin artan konsantrasyonunun yaratacağı etkiler ve sonucunda ortaya çıkacak küresel ısınma bazı taraflarca tarafından dikkate alınmamaktadır.

(çeşitli IPCC raporları ve diğerleri) [262, UK\_Treasury]. AB için detaylı bilgiler sınırlı olsa da iklimler üzerinde projelendirmiş değişikliklerin, çeşitli etkilere ve ekonomik yansımaları neden olması beklenmektedir. Net ekonomik etkiler hala belirsizdir ancak Akdeniz'de ve güney doğu Avrupa'da daha fazla olumsuz etkilerin görüldüğü varsayılmaktadır. [252, EEA, 2005].

#### Fosil yakıtlara ve tedarik güvenliğine bağlılık



2001 yılında, AB'nin enerji yapısı çoğunluğu ithal edilmiş yağ ve gaz olmak üzere fosil yakıtlara dayanmaktaydı (iç tüketimin %97'si). AB, enerjisinin %50'sini ithal etmektedir ve bu oranın önümüzdeki 20-30 yıl içerisinde %70'ten fazla olması beklenmektedir. [145, EC, 2000].

### 1.1.3 Küresel Isınmanın Etkilerini Azaltmak ve Sürdürülebilirliği Artırmak için Enerji Verimliliği Konusunda Sağlanan Katkılar

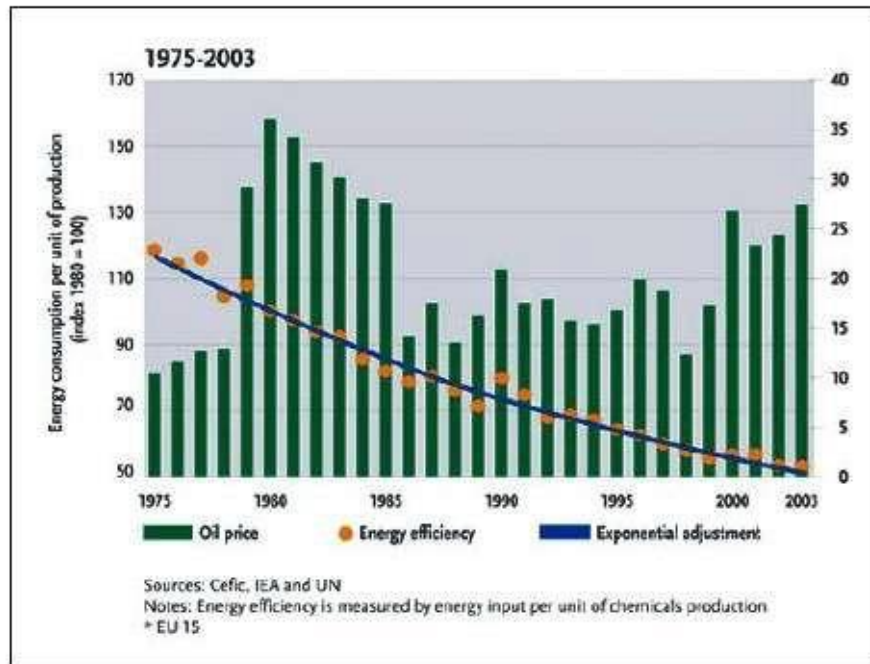
2000 yılında yapılan çeşitli araştırmalara göre [145, EC, 2000], AB hesaplı bir şekilde mevcut olan enerji tüketiminin %20'sinden tasarruf edebilirdi. Bu oran yılda yaklaşık 60000 Euro'ya denk gelmektedir. Aynı şekilde Finlandiya'da ve Almanya'da 2000 yılında kombine enerji tüketimiyle bu orana ulaşmak mümkündür.

[140, EC, 2005].

Bu belge hiç şüphesiz ki enerji tasarruflarının sera gazlarının salınımını azaltmak ve hava kalitesini artırmakta en etkili, en hesaplı ve en hızlı yöntem olduğuna işaret etmektedir. Enerji verimliliği; doğal kaynakların yönetiminin ve sürdürülebilir gelişmenin en önemli faktörüdür. Avrupa Birliği'nin bu kaynaklara bağımlılığını azaltmada da büyük bir rol oynamaktadır. Bunun gibi bir verimlilik girişimi, ciddi yatırımlar gerektirse de milyonlarca iş alanı sağlayarak ve rekabeti artırarak Lizbon hedeflerine ulaşmada büyük katkılar sağlayacaktır. [145, EC, 2000, 152, EC, 2003]. Bu duruma istinaden AB, Birlik içerisinde enerjinin %20 'ye varacak bölümünde tasarruf sağlamayı ve 2020 yılına kadar üretim sanayinde %27 oranında tasarruf elde etmeyi öngören enerji Verimliliği Eylem Planını açıklamıştır. Bu yöntem AB içerisinde 2020 yılına kadar doğrudan maliyet konusunda yıllık 100 000 Euro'luk masrafın ortadan kalkmasını ve 780 milyon tonluk CO<sub>2</sub> in azaltılmasını sağlayacaktır.

[142, EC, 2007].

Birçok sektör geçtiğimiz 20 yıl içinde enerji verimliliğini ciddi ölçüde artırmıştır. En önemli piyasa faktörü üretim, ürün kalitesi ve yeni pazarlardır. AB'deki enerji verimliliği tüzüğü oldukça yenidir ancak bu tüzük belirli Üye Devletlerde çok uzun süredir yürürlüktedir. Bu konuda sanayi kuruluşları tarafından gönüllü girişimler başlatılmıştır, AB ve MS girişimleri ile de ilişki içerisinde. (bkz. Önsöz ve EK 7.13). Örneğin AB kimya sanayi AB içerisindeki en büyük üretim sanayilerinden biridir ve enerji üretim masraflarının %60'ına tekabül etmektedir. Ancak kimya sanayinin özel enerji tüketimi 1997 yılından 2003 yılına kadar %55 oranında azaltılmıştır.



Şekil 1.3:1975 – 2003 yılları arasında kimya sanayindeki enerji kullanımı

Ancak enerji verimliliği gelişmelerini sürdürmek son derece önemlidir. Çalışmalar, enerjiye bağlı CO<sub>2</sub> salınımlarının 2050'ye kadar 2006 yılındaki seviyelerine indirilmesinin mümkün olduğuna işaret etmektedir. Bu çalışmalar, mevcut teknolojilerle ve geliştirilmiş enerji verimliliği politikalarıyla (diğerleri elektrik tedarığı için kullanılan fosil yakıtlardan vazgeçilmesi ve ulaştırma) petrol talebindeki, artışı kontrol edilebileceğini göstermektedir. Enerji verimliliği gelecekteki sürdürülebilir enerji için birinci derecede öneme sahiptir. Salınımları azaltmanın ve artan enerji taleplerini değiştirmenin çevresel açıdan en zararsız, en hızlı ve en ucuz yoludur. 2006 yılında ortaya atılan senaryolara göre binalarda, sanayide ve ulaşımda geliştirilmiş enerji verimliliği; 2050 yılına kadar %17 ve %33 oranında daha az enerjinin kullanılmasını sağlayacaktır. Senaryoya göre enerji verimliliği 2050 yılına kadar toplam CO<sub>2</sub> salınımlarının %45-53 oranında azaltılmasına tekabül etmektedir. Küresel verimliliğin daha sağlam dayanağa sahip olduğu diğer bir senaryoda verimliliğin 2050 yılına kadar %20 oranında sağlanması ve diğer senaryolarla kıyaslandığında dünya çapındaki karbon dioksit salınımlarının %20'den fazlasının azaltılması öngörülmektedir. [259, IEA, 2006].

### 1.1.4 Enerji Verimliliği ve IPPC Direktifi

Enerji verimliliğinin yasal dayanağı ve bu belge önsözde ve kapsam bölümünde eksiksiz bir şekilde ele alınmıştır. izinleri belgeye döken kişiler ve işletmeciler enerji tasarruflu kullanımın ne anlama geldiğini, bu tasarrufun nasıl sağlanacağını, nasıl ölçüm yapılacağını, nasıl değerlendirileceğini bir izin sürecinde bunların nasıl dikkate alınması gerektiğini bilmelidirler.

IPPC kapsamında olan sanayiler IPPC Direktifi'nin EK I'inde liste halinde verilmiştir. IPPC üretim süreçleri, üniteleri ve tesislerine ilişkin örnekler aşağıda yer almaktadır:

- ☐ Gazla güç verilen elektrik santrali gazı besleme stoğu olarak alır(girdi) ve bu üretim sonucunda ortaya çıkan ürün elektrik olur. Kullanılan enerji gazın içinde bulunan enerjidir. Düşük dereceli ısı enerjisi(ve elektrik) üretilir ancak bu soğutma esnasında kaybolur. Kullanıldığı takdirde(bölge ısıtma planında) özel enerji verimliliği artırılır, rafineri ham yağı alır ve bunu petrole, dizele, yakıta ve diğer ürünlere dönüştürür. Rafineride işlenen hidrokarbonun bir kısmı dönüştürme işlemi için gerekli enerjinin sağlanması amacıyla içeride yakılır. Rafineri içerisinde kojenerasyon tesisi inşa edilmemişse enerjinin bir kısmının ithal edilmesi gerekir. Bu durumda rafineri elektrik ithalatçısı durumda olur. Buhar çözücü rafineriden sıvıyı ve gazlı besleme maddesini alır bunları etilene, propilene ve diğer yan ürünlere dönüştürür. Tüketilen enerjinin bir kısmı işlemde üretilir. Buhar, elektrik ve yakıt besleme maddesi çelik yapı içerisindeki döner mile eklenir. Bu çelik yapı, birkaç milimetrelik kalınlıkta bobine sarılacak 2 desimetrelik düz çelik tabakalardan oluşur. Döner mil, ocaklardan, döner milli malzemelerden, soğutucu araçlardan ve destekleyici sistemlerden oluşur.
- ☐ Atık yakıcı (kuzey Avrupa'da) 500000 kişilik nüfustan elde edilen biyolojik geri kazanım ve malzemelerin dönüştürülmesinin ardından geriye kalan 150 000 ton atığı alır. Atık bir yılda 60 000MWh enerji üretir ve bunun 15000 MWh'ı tesis içerisinde kullanılır ve geriye kalan 45000 MWh şebekeye ihraç edilir. Bu miktar 60000 kişinin elektrik tüketimi için yeterlidir. Isı talebinin olduğu durumlarda yakıcı kojenerasyon modunda çalışır.(örn. Kombine ısı ve güç planı CHP): Elektrik üretmek için yüksek basınçlı buhar kullanılır ve geriye kalan düşük ve orta basınçlı buhar, sanayi tarafından bölge ısıtmada ya da soğutmada kullanılır. Isı üretmek daha verimlidir ve ısı tesis dışında kullanıldığında üretilen enerji daha az olur. Yeterli oranda ısı talebi varsa, tesis yalnızca ısı tedarik etmek için de kurulabilir. Üretilen elektriğe ve ısıya duyulan talep , elektriğin ve ısıнын ısıtma için kullanılmasına ve diğer anlaşma koşullarına bağlıdır.
- ☐ Tavuk çiftlikleri 40000 tavuğun barınmasına olanak sağlar . Bu çiftlikler piliçlerin yeterli ağırlığa ulaşmasının ardından(5-8 hafta) kesim işlemlerinin yapıldığı yerlerdir. Üniteler; besleme, sulama sistemleri, aydınlatma, gübre atma işlemleri, barınma, havalandırma/ısıtma/soğutma için enerji kullanır. Gübre genellikle toprağa atılır ancak tesis içerisinde ve tesis dışında biyogaz üretim tesislerinde besleme stoğu olarak da kullanılabilir. Biyogaz kümeslerin bulunduğu üniteleri ısıtma için de kullanılabilir.
- ☐

- Gravür baskı tesislerinde 40 mürekkep ünitesi olan beş adet baskı makinesi bulunmaktadır. Bu tesisler yüksek kalitede dergi ve katalog basmaktadır. Bu tesisler baskı makinalarını çalıştıran motorlar için enerji harcar. Baskı işlemlerinde sıkıştırılmış hava ve hidrolik sistemler kullanılır. Doğal gaz kurutma için buhar ise tolüen geri kazanım sisteminin yeniden üretilmesi için kullanılır(atık arıtma sisteminde çözelti absorpsiyonu uygulayarak)

Tüm IPPC tesislerinin buna benzer faaliyetleri ve destekleyici eylemleri vardır. Bu faaliyetler sırasında; hidrolikler, yağlama sistemi, sıkıştırılmış hava, havalandırma, ısıtma soğutma, tamamlayıcı pompalar, fanlar ve motorlar gibi enerji kullanılan yardımcı eylemler gerçekleştirilir. Ayrıca; ısıtma, soğutma, sıcak su ya da aydınlatma gerektiren atölyeler, personel sahaları, bürolar, değişim odaları, depolama alanları da bulunmaktadır.

#### 1.1.5 Entegre kirliliğin önlenmesi ve kontrolünde enerji verimliliği

Enerji verimliliği teknikleri birçok kaynaktan ve birçok dilde mevcuttur. Bu belge, tüm tesisler için entegre kirliliğin önlenmesi ve kontrolü amacıyla oluşturulacak tekniklerle ve önemli konularla ilgilenmektedir. Bilgi alışverişi bireysel tekniklerin uygulanabilirliğini ve enerji tasarrufunda işe yaradığını göstermiştir. Bu sonuca rağmen başlıca enerji verimliliği gelişmelerinin sağlanması için tüm tesisin ve tesiste bulunan yardımcı sistemlerin bir bütün olarak düşünülmesi gerekmektedir. Örneğin; sıkıştırılmış hava sisteminde elektrikli motorların değiştirilmesi enerji girdisinde %2’lik tasarruf sağlarken, tüm sistem hesaba katıldığında bu oran %37’ye kadar ulaşmaktadır. (bkz. Bölüm 3.7). Tamamlayıcı parçalar düzeyinde tekniklere odaklanmak çok mantıklı olmayabilir. Bazı durumlarda enerji verimliliğine yönelik optimize edilmeyen yatırımlar için finansal ve diğer kaynakların kullanılmasıyla yüksek oranda çevresel fayda sağlayacak kararların alınması engellenebilir ya da bu kararın alınması gecikebilir.

Buna benzer bazı durumlarda tamamlayıcı düzeyde ya da sistem seviyesinde enerji verimliliği tekniklerinin uygulanması çapraz medya etkilerini artırabilir ya da konumunu koruyabilir. (çevresel olumsuzluklar). Yüzey işleminde (kaplama) organik çözeltileri kullanan bir tesis buna örnek teşkil edebilir. Enerji kullanımını en aza indirmek için çözelti ekstraksiyonları ve atık gaz arıtma (WGT) sistemleri optimize edilse de bireysel öğeler(motorlar) daha verimli olanlarla değiştirilebilir. Ancak en önemli çevresel fayda işlemdeki tüm parçaların (eğer mümkünse) düşük çözelti ya da çözeltisi olanlarla değiştirilmesidir. Bu durumda asıl işlem kurutmada ve kürelemede orijinal kaplama sisteminde daha fazla enerji harcayabilir ancak başlıca enerji tasarrufu ekstraksiyon ya da WGT sistemi gerekliliğinden kaynaklanmayacaktır. Bunun yanı sıra, tesisten çıkan çözelti salınımları azaltılacaktır.(bkz Bölüm 2.2.1 ve STS BREF).

Belge planının detayları

Bu belgenin oluşturulmasına ilişkin detaylar Kapsam bölümünde yer almaktadır.

Bu bölümde yer alan açıklamalar, terimler ve diğer bölümler konulara giriş mahiyetindedir, ayrıca IPPC ve enerji kullanmayan uzmanlık seviyesindeki diğer tesislerle de ilgilidir. Daha kapsamlı bilimsel bilgiler, açıklamalar(matematik formüller)termodinamiklerle ilgili standart metinler ve kaynaklar Ek 7.1’de yer almaktadır.

### 1.1.6 Ekonomik konular ve çapraz medya konusu

Enerji bir işletmenin çalışması için gerekli olan diğer değerli hammaddeler kadar önemlidir– yalnızca işin sürdürülmesi için gerekli bir parça olarak da düşünülmemelidir. Enerji masraflıdır ve birtakım çevresel etkilere sahiptir, işin karını ve rekabet gücünü artırmak ve bu çevresel etkiyi azaltmak için çok iyi bir şekilde işlenmelidir

AB politikaları enerji verimliliğine büyük derecede önem vermektedir. (örnek: yalnızca çevresel konuların ele alındığı Berlin Deklarasyonu belgesi)[141, EU, 2007]). Bir tesiste MET'in uygulanmasının neden olacağı çapraz medya etkileri ve finansman konusunda 9. Maddenin 4.fıkrasında geçen şartlar, izin ELV'leri ve eşdeğer parametreler düşünüldüğünde enerji verimliliğinin önemi dikkate alınmalıdır.

Komisyon'a göre, süreçle entegre olmuş yöntemlerin, işletmelerin kar oranları üzerinde etkiler ya da en azından nötr etki yaratması beklenmektedir. MET'in yapılan yatırımları geri ödemesi gibi bir zorunluluğu yoktur ancak sosyal faydalar finansal konulardan daha önemlidir ve bu bağlamda "kirleten öder" politikası geçerlidir.

MET'in belirlenmesine yönelik işlemler elde edilen çevresel faydalarla bağlantılı olarak bir tekniğin uygulanması için gerekli olan net miktarın belirlenmesini kapsar. ikinci ekonomik test ekonomik olarak geçerli koşullar altında ilgili sektörde bu tekniğin uygulanmasının mümkün olup olmadığını belirler. Bu mali yeterlilik testi yasal olarak yalnızca Avrupa'daki sektör düzeylerinde uygulanabilir. [152, EC, 2003].

Enerji verimliliğinin, çevresel etkileri azaltacak ve geri ödeme sağlayacak önlemlerin alınması gibi avantajları da vardır. Bilgi alışverişinde veriler yer alsa da ileriki bölümlerde (ya da ilgili sektör BREF'inde) bireysel teknikler için maliyetler hesaplanmıştır. Bu konu; genellikle maliyet kazancının ve tekniğin ekonomik verimliliğinin maliyet kazancının değerlendirilmesi hakkında bir bilgi sağlayabileceğini göstermektedir. Mevcut tesislin teknik ve ekonomik olarak güncellenmesi konusu dikkate alınmalıdır. Çevrenin bir bütün olarak korunması amacıyla belirlenen tek bir teknik bile çevredeki farklı etkiler arasında karşılıklı değerlendirmelerin yapılmasını sağlar ve bu değerlendirmeler yerel koşullardan etkilenir. (önsözde belirtildiği gibi) Örneğin; bazı durumlarda IPPC'nin uygulanması sonucunda diğer çevresel etkilerin azaltılması amacıyla enerji tüketimi artabilir.(örneğin; havaya salınımın azaltılması için atık gaz yönetiminin uygulanması)

Ekonomik konular ve çapraz medya konusu ECM BREF'de detaylı olarak alınmıştır. Bu belgede maliyet kazancının hesaplanması ve çapraz medya etkilerinin değerlendirilmesi için seçenekler sunulmaktadır. Bilgi alışverişinde aşağıda yer alan pratik örnekler uygulanabilir ve bu örnekler faydalı olabilir:

- ☐ Birçok Üye Devlette bir tekniğin maliyet kazançlı olduğuna karar verilmesi için yapılan yatırımın 5 ya da 7 yıl içerisinde ya da ROI'nin %15 oranında kendini amorti etmesi gerekmektedir. (MS'de ya da farklı bölgelerde farklı rakamlar temel alınır) [249, TWG, 2007]
- ☐ Enerji verimliliği için bazı teknikler, toplam performans ömrü baz alınarak sağlanacak ekonomik karlar üzerinden değerlendirilir. Örneğin elektrikli motorların performans ömrü boyunca ortaya çıkaracağı maliyet satın alma için %2,5, bakım için %1,5 ve kullanılan enerjinin fiyatı için %96'dır. Bir Üye Devletin hazırladığı ve uluslararası alanda kabul edilen rapor iklim değişikliğini önlemenin önemini ortaya koymaktadır. iklim değişikliğinden kaynaklanan olası masrafların değerlendirilmesi amacıyla MS 2000 için GBP 70/t (EUR 100/t lık karbon kullanır, GBP 1/t/yıl (EURO 1,436/t/yıl) yıllık enflasyon (GBP 19/t (27,28 EURO /t) CO<sub>2</sub>

<sup>4</sup> COM(2003) 354 son ifadeler: „Boru çıkışı” önlemleri karlılık açısından negatif ve kısa vadeli etkiye sahiptir. Ancak enerji verimliliği için „boru çıkışı” önlemler bulunmamaktadır. Buna en yakın örnek “civata değişikliği”dir. Bu işlemin çevresel ve/veya ekonomik geri dönüşü yoktur. Bkz. Bölüm 1.5.1

<sup>5</sup> “sektör” oldukça yüksek oranda ayrıştırma olarak anlaşılmalıdır. Örn. tüm kimyasal sektör yerine klor ya da kostik soda üretimi gibi.

artı GBP 0,27/t (EUR 0,39/t) yıllık enflasyon). (Kur dönüşümü 1 GBP = 1,436 EURO, 1<sup>st</sup> April 2006). Bu rakamlar, çapraz medya etkilerinin sosyal alandaki maliyetlerle ya da dışsallıkla karşılaştırılırken kullanılır. [262, UK\_Treasury, 2006]  
[http://www.hm-treasury.gov.uk/documents/taxation\\_work\\_and\\_welfare/taxation\\_and\\_the\\_environment/tax\\_env\\_GESWP140.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/documents/taxation_work_and_welfare/taxation_and_the_environment/tax_env_GESWP140.cfm)

- Son zamanlarda yayımlanan uluslararası bir rapora göre geliştirilmiş enerji verimliliği ve mevcut teknolojilerin kullanılmasıyla CO<sub>2</sub> seviyeleri şu andaki seviyede tutulabilir ya da mevcut seviyelere indirgenebilir. Bu hedef için belirlenen miktar ton başına CO<sub>2</sub> için 25 dolar(20,68Euro) dur. Bu miktara USD 0,02 (EUR 0.017) miktarınca kWh başına kömür yakmalı enerji ve USD 0,07/litre (EUR 0,058/litre, USD 0,28/galon)lik petrol eklenmektedir. Tüm teknolojilerin tam anlamıyla ticarileştirilmesiyle teknoloji portföyü için ton başına karbon dioksit tutarı USD 25 (EURO 20,68)'den az olmaktadır. Bu miktar AB emisyon ticareti planının ilk zamanlarında ton başına karbondioksit ticareti seviyesinden çok daha düşüktü.(Kur dönüşümü 1USD = 0,827 EURO, Nisan 2006) [259, IEA, 2006]

### **Maliyet kazancını hesaplamak için kullanılan hesaplayıcılar**

Şimdiye kadar çeşitli yazılımsal hesaplamalar geliştirilmiştir. Bunlar hesaplamalar konusunda yardımcı olmaktadır ancak aşağıdaki durumlarda kullanıldığında dezavantajlarının da göz önünde bulundurulması gerekir:

-  Malzemelerin performans gösterdiği tüm sistem göz ardı edilerek motor, pompa, ışık gibi bireysel malzemelerin değiştirilmesini temel almaktadır. Bu durum sistem ve tesis için maksimum enerji verimliliği sağlamak açısından birtakım yanlışlıklara yol açabilir. (bkz Bölüm1.3.5 ve 1.5.1.1)
- Bazı hesaplayıcılar hükümet birimleri tarafından geliştirilmiştir. Diğerleri ise tamamen ticari amaçlıdır ve bu hesaplayıcılara tam olarak güvenilmemelidir.

Araçların hesaplanmasına ilişkin bilgilere Bölüm2.17'de ve aşağıda yer alan web sitelerinde yer verilmiştir:

- [http://www.energystar.gov/ia/business/cfo\\_calculator.xls](http://www.energystar.gov/ia/business/cfo_calculator.xls)
- [http://www.martindalecenter.com/Calculators1A\\_4\\_Util.html](http://www.martindalecenter.com/Calculators1A_4_Util.html)

## **1.2 Enerji ve termodinamikler yasası**

[2, Valero-Capilla, 2005, 3, FEAD and Industry, 2005, 97, Kreith, 1997, 154, Columbia\_Encyclopedia, , 227, TWG]

Enerji başlı başına bir varlıktır, matematiksel terimlerle kolayca açıklanabilir. Amiyane tabirle, iş yapma kapasitesi olarak açıklanabilir.( “ mevcut enerjinin1 üretilmesi ya da değiştirilmesi olarak da tanımlanabilir) Termodinamikler enerjinin ve enerji dönüşümlerinin konusudur. Termodinamiklere ilişkin bazı önemli konular ve yasalar bulunmaktadır. Termodinamiklere ait bazı ilkelerin bilinmesi enerjinin ve enerji verimliliğinin anlaşılmasında önemlidir. Bu bölümün hedefi matematiksel verilere minimum düzeyde yer vererek bu konunun basit biçimde açıklanmasıdır. Bu aslında bilimsel olarak yanlıştır fakat bu konuya ilişkin bilgilere EK 7.1'de yer verilmiştir. [269, Valero, 2007]. Daha detaylı bilgi için: standart metinler (örnekler için bkz Ek 7.1.4.1).

### 1.2.1 Enerji, ısı, güç ve iş

Enerji bir sistemden diğer sisteme geçiş olarak adlandırılır ve SI sistemlerinde joule ile ölçülür. Enerji birçok türde olabilir ve özel bir gücün eylemi ile adlandırılır. Sanayide kullanılan altı çeşit enerji bulunmaktadır.

(i) Kimyasal enerji atomları ve iyonları birbirine bağlar. Sanayi faaliyetlerinde karbon temelli yakıtlarda depolanır ve kimyasal reaksiyonlarla salınır(oksidasyon durumunda yakma ile karbondioksit salınır) Salınan enerji genellikle mekanik enerji (örn. Yakma motorları) ya da termal enerji (örn. Doğrudan proses ısısı) gibi kullanılabilir formlara dönüştürülür.

(ii) Mekanik enerji hareketle ilgilidir(iç yakma motorlarının silindirlerindeki genleşme gibi) ve bu enerji makineleri, jeneratörleri, arabaları ve kamyonları çalıştırmak için doğrudan kullanılabilir. Elektrik enerjisi üretmek için çalıştırılan güç jeneratörlerinde de yaygın olarak kullanılır. Mekanik enerji dalga ve dalga enerjisini kullanır.

(iii) Termal enerji partiküllerin içsel hareketidir. Bu termodinamik enerji(iç enerji) ya da ısı olarak düşünülebilir. Ancak ısı altında termal enerjinin bir sistemden (ya da nesneden) bir diğerine dönüştürülmesidir. Termal enerji yakma, nükleer reaksiyonlar, elektrik enerjisine dayanıklılık(elektrikli ocaklar gibi) ya da mekanik dağılım(sürtünme) gibi kimyasal reaksiyonlarla açığa çıkarılır.

(iv) Elektrik enerjisi şarjların konumlarının yeniden belirlenmesi sırasında elektrik güçlerinin iş yapabilme yetkinliğidir.(örneğin elektrik şarjı bir döngüde akarken). Bu enerji, herhangi bir elektrikli ya da manyetik ortamda(elektromanyetik radyasyon içeren hacimler) var olan enerjiyi şekillendiren manyetik enerjiyle ve elektrik şarjının hareketiyle bağlantılıdır. Elektromanyetik radyasyon ışık enerjisini içerir.

(v) Yer çekimi enerjisi, yerçekimiyle bağlantılı işlemler için kullanılır. Sanayide hareket eden malzemelerde görünse de enerji verimliliğindeki rolü bazı enerji hesaplamalarıyla sınırlıdır. Kaldırma ve pompalama gibi işlemler elektrik enerjisi kullanan makineler tarafından gerçekleştirilir.

(vi) Nükleer enerji atom çekirdeklerindeki enerjidir ve çekirdekle ya da çekirdeğin parçalanmasıyla açığa çıkarılmaktadır. Nükleer enerji kullanarak elektrik üreten istasyonlar IPPC'nin kapsamında değildir ve bu belge içerisinde değerlendirmeye alınmamıştır. Ancak, nükleer güç formları tarafından üretilen elektrik Avrupa'nın enerjisinin bir bölümünü oluşturur(bkz. EK 7.16)

#### Potansiyel ve kinetik enerji

Yukarıda belirtilen tüm enerjiler potansiyel enerjidir. Enerji radyoaktif madde içinde sabit bir maddenin kimyasal bağlarında depolanır. Yerçekimsel potansiyel enerji, diğer nesnelerle ilişkili olan nesnelerin konumu sebebiyle depolanan enerjidir(su, barajlarda biriktirilir) Kinetik enerji, partiküllerin ya da yığının hareketinden kaynaklanır. Buna basit bir örnek olarak sarkaç gösterilebilir. Maksimum potansiyel enerji arkın tepe noktasındaki sarkaçta depolanır ve maksimum kinetik enerji arkın tabanındaki hareket olarak gösterilir. Bu basit örnekten de anlaşılacağı gibi enerjiler bir formdan başka bir forma geçebilir. Bu enerjilerin en temel özelliğidir ve potansiyel enerji ile ilişkilendirilebilir(ışık gibi bu temelde sınıflandırmayacak enerjiler de mevcuttur)

#### Isı, ısı transferi ve iş

Isı (Q), enerjinin bir kütleden diğer kütleye aralarında ısı farkı olması dolayısıyla geçişidir. iş dışındaki diğer süreçler boyunca kapalı bir sistemde transfer edilen enerji miktarına tekabül eder. Enerji transferi sıcaklığın düşürülmesi yönünde gerçekleşir. Isı çeşitli yollarla transfer edilebilir:



- (i) iletim, partiküller arasındaki ilişki sebebiyle bir maddenin daha fazla enerjiye sahip olan partiküllerinden, daha az enerjiye sahip birbirine komşu partiküllere transfer edilmesidir. iletim, katılarda, sıvılarda ve gazlarda gerçekleşir.
- (ii) konveksiyon, belirli bir sıcaklıktaki katı bir yüzey ile başka bir sıcaklıktaki bitişik hareketli bir gaz veya sıvı arasındaki enerji transferidir.
- (iii) termal radyasyon, atomların ve moleküllerin elektronik değerlerindeki değişiklikler sonucunda salınır. Enerji elektromanyetik dalgalarla taşınır, nakil için herhangi bir müdahale aracına gerek duyulmaz ve bu nakil işlemi vakumda bile gerçekleşebilir.

Termodinamiklerde(W) bir sistemden diğer sisteme kendi alanında aktarılan enerjinin miktarı olarak adlandırılır. Bu mekanik bir süreçtir(bir güç tarafından transfer edilen enerji miktarı) ve ağırlığın belirli yüksekliğe ulaşması olarak belirtilir.

### Enerji ve güç

İngilizce belgelerde (US ve UK), “enerji” ve “güç” terimi birbirine karıştırılır ve çoğu yerde birbirinin yerine kullanılır. Fizikte ve mühendislikte “enerji” ve “güç”ün ayrı anlamları bulunmaktadır. Güç, ünitadaki her bir süre için enerji anlamına gelmektedir(enerjinin işe dönüştürülmesi oranı) Gücün SI ünitesi(ve radyant akı) watt’dır(W), ısıнын işi ve miktarı ise Joule(J)’dir: bir watt saniyede bir joule eder.

“güç akışı” ve “bir miktar elektrik enerjisi tüketme” terimleri yanlıştır doğrusu “enerji akışı” ve “bir miktar elektrik enerjisi tüketme” olmalıdır.

Joule pratik ölçümleme için yeterince büyük bir birim değildir ve bu yüzden malzemelerin, sistemlerin ve tesislerin enerji üretimi ve tüketimi ele alınırken yaygın olarak kullanılan birimler(sanayide enerji verimliliğini sağlamak): kilojoule(kJ), megajoule(mJ) ya da gigajoule(GJ)’dur.

Güç tüketimi ve verim watt terimleriyle ifade edilir ve bu birim küçük olduğundan sanayi alanında kullanılmaz. Ayrıca watt çeşitli biçimlerde ve katsayılarla da ifade edilir: kilowatt(kW), megawatt(MW) ve GW)’dır<sup>6</sup>.

Bir aracında saatte 100 watt” kullanımı(güç oranı)’nı tartışmak çok mantıklı değildir çünkü watt zaten saniye başına 1 joule’lük enerjinin iş yapma oranı, ya da enerji kullanımıdır. Watt’ın süre belirleme ile ilgisi yoktur(hıza kıyasla gücün zaman içerisinde değişmesinin haricinde) SI ile üretilmiş birimler watt-saat (örn. watt x saat) enerji miktarı olarak da kullanılabilir. Watt ve joule küçük birimler olduğundan ve sanayi enerjisi uygulamalarında kullanılmadığından dolayı kilowatt-saat(kWh), megawatt-saat(MWh), ve gigawatt-saat(GWh)<sup>7</sup>.

Enerji tedarik eden tesisler ya da enerji kullanıcıları tarafından yaygın olarak kullanılan enerji birimleridir. Kilowatt-saat 1 saat ve kWh = 3,6 MJ için kullanılan güce eşdeğer enerji miktarıdır kWh’nin MJ yerine kullanılması muhtemelen tarihsel bir geçmişe sahiptir ve sektör ve uygulamaya özgüdür<sup>8</sup>.

<sup>6</sup> Pentium 4 CPU yaklaşık 82 W tüketir. Fiziksel anlamda çok çalışan kişi yaklaşık 500 W. Basit arabalar ise 40 ile 200 kW arasında mekanik enerji üretir. Modern dizel-elektrikli lokomotifler 3MW mekanik enerji verimi sağlar.

<sup>7</sup> Kilowatt-saatten 10e kez daha büyük olan gigawatt-saat(gWh), büyük güç santrallerinin ya da büyük tesislerin enerji tüketiminin enerji verimini ölçmek için kullanılır( MWh bu işlem için oldukça küçüktür)

<sup>8</sup> Kilowatt-saat, bir saat boyunca çalışan güce denk gelen enerji miktarıdır.

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} * 3600 \text{ saniye} = 3\,600\,000 \text{ W-saniye} = 3\,600\,000 \text{ J} = 3.6 \text{ MJ}$$

Elektrik enerjisini ölçmek için gerekli birim, bir saatte bir watt yükü ile çekilen enerji miktarı olan watt-saatir. (örn. ince ampuller)Watt saatten 1000kez daha büyük olan kilowatt saat (kWh), (basit element elektrik ışınlamaya denk gelmektedir) ev işlerinde kullanılan ve küçük çaplı tesislerde gerekli enerjiyi ölçmek için yardımcı olur. Ortalamada bir ev ayda yedi yüz kilowatt saat kullanır. Kilowatt saatten 1000kez daha büyük olan megawatt saat(MWh) büyük güç istasyonlarının enerji verimliliğini ya da büyük tesislerinin enerji tüketimini ölçmek için kullanılabilir.



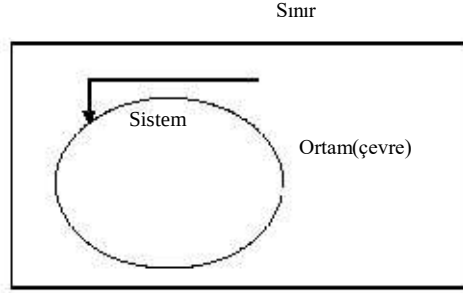
Bu anlamda kullanılan diğer terimler ise, elektrik gücüne denk gelen megawatt elektrik(MW<sub>e</sub>), termal güce denk gelen megawatt termal(MW<sub>t</sub>)dir. Bunlar standartlaştırılmamış SI terimlerdir ve kullanılması şart değildir (Ağırlık ve Ölçü Birimleri Ofisi, BIPM, bu terimlerin yanlış olduğunu bildirmektedir) ancak elektrik gücü üretiminde ve kimyasal üretimde farklı türde enerjinin kullanıldığı ve/veya üretildiği alanlarda pratikte kullanılmaktadır.

### 1.2.2 Termodinamikler yasası

Bölüm 1.2.1’de görüldüğü üzere, bir formdaki enerji bir araç ya da makine aracılığıyla başka bir forma dönüştürülebilir ve makinenin çalışması sağlanabilir.(bkz. EK 7.1.1).

Bu çeşitli enerjilerin içerikleri ve ilişkileri “açık” ve “kapalı” olmasına göre matematik olarak belirlenir. Kapalı sistemler çevresel partiküllerin değiştirilmesine izin vermez ve ortamla ilişki içerisinde bulunur. Isı ve iş sınır dışında değiştirilebilir. (bkz. Şekil 1.4).

Gerçekte sanayi sistemleri “açıktır”. Sistem özellikleri; sıcaklık, basınç, kimyasal bileşenlerin konsantrasyonu ve bunlardan herhangi birindeki oranların değişimi olarak belirlenmelidir.



Şekil 1.4: Termodinamik sistemi

#### 1.2.2.1 Termodinamiklerin ilk yasası: enerji dönüşümü

Bu yasa, enerjinin “yaratılamayacağını” ve “yok edilemeyeceğini” ortaya koyar. Enerji sadece dönüştürülebilir. Bu da şu anlama gelir: sabit durumdaki, süreçlerde toplam enerji akışının sistemden dışarıya çıkan toplam akışa denk olmalıdır.

Ancak “enerji üretimi” (teknik olarak yanlış olsa da) yaygın olarak kullanılmaktadır ve bu metinde de bazı bölümlerde geçmektedir(çünkü “enerji dönüşümü” sanayi faaliyetlerinde nadiren kullanılır ve bu terimin kullanılması bazı okuyuculara tuhaf gelebilir) “Enerji kullanımı” terimi yaygın bir biçimde kullanılır çünkü “üretme” ya da “yok etme” terimleriyle ilgisi bulunmamaktadır. Bu terimler genellikle bir formdaki enerjinin diğer formlara ya da işe dönüştürülmesi anlamına gelmektedir.

<sup>9</sup> Sabit durum süreçleri Sistem davranışının değişmediği durumlarda, enerji akışının ya da ağıdaki malzemenin sabit olduğu durumlar için kullanılır. (voltaj, basınç gibi aynı fiziksel parametrelerle)

Kapalı sistemde ilk yasa; sistem enerjisindeki değişikliğin, ısı ve iş aracılığıyla sisteme net enerji transferi sağlamaya denk geldiğini ortaya koymaktadır. Bu:

$$WU = U_2 - U_1 = Q - W \text{ (SI birimlerinde, joule dür)}$$

Nerede:  $U_1$  = değişim öncesi iç enerji

$U_2$  = değişim sonrası iç enerji

$Q$  = ısı:  $Q > 0$  sistem tarafından alındığında

$W$  = iş:  $W > 0$  sistem tarafından üretildiğinde

İzafiyet teorisi enerji ve kütleyi birleştirir ve bu sebeple enerji ve madde korunur. Tanımlanmış sistem içinde ve dışında enerji akışı ve madde denge sağlamalıdır. Kütle sadece nükleer çekirdekte ve çekirdek reaksiyonlarında enerjiye dönüştürülür. Bu da enerji(ve kütle) dengesinin reaksiyonlar ve süreçler için hesaplanmasına yardımcı olur. Bu hesaplar enerji denetimlerinin ve enerji dengelerinin temelini oluşturur. Bkz. Bölüm 2.11

Birinci yasaya göre net iş verimine dönüştürülen ısı fraksiyonu ile net enerji verimliliği sağlanır (ısı motoru için termal verimlilik):

$$= \frac{W_{\text{net, çıkış}}}{Q_{\text{giriş}}}$$

$Y$  = verimlilik

$W$  = iş

$Q$  = ısı

Bu denklem aşağıdaki gibi de açıklanabilir:

$$\text{verimlilik } Y = \frac{\text{enerji çıkışı}}{\text{enerji girişi}} = \frac{\text{iş (W)}}{\text{enerji (E)}}$$

SI birimlerindeki işlem sonucunda ortaya çıkan iş ( $W$ ) ve enerji ( $E$ ) joule olarak ifade edilir bu yüzden oran ölçüsüzdür, oran olarak 0 ile 1 arasındadır. (WI BREF'de(ya da WDF revizyon taslağı) belirtildiği gibi, buharın, ısıtının ve elektrik gücünün eşdeğerlerle ifade edildiği durumlarda bu ölçü göz önünde bulundurulmalıdır) [254, EIPPCB, 2005, 255, EC, et al., 2005].

### 1.2.2.2 Termodinamiğin ikinci yasası: entropi artışı

İkinci yasa, termodinamik olarak izole edilmiş sistemindeki entropinin zamanla yükseliş gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Kapalı sistemde geri dönüşümlü süreç için, entropi aşağıdaki şekilde belirlenebilir:

$$\underbrace{S_2 - S_1}_{\text{Entropy change}} = \underbrace{\int_1^2 \left( \frac{\delta Q}{T} \right)}_{\substack{\text{Entropy transfer} \\ \text{reversible} \\ \text{process}}} \quad (\text{SI biriminde} = \text{J/K})$$

$S$  = entropi

$Q$  = ısı

$T$  = sıcaklık

Bu yasa, belirli miktardaki enerjinin kalitesini, ana kütleli yönünü ve tüm işlemleri açıklar. Matematik terimi entropi, bu kavramın anlaşılmasına yardımcı olabilecek farklı şekillerde açıklanabilir:

- Dağılmış, ‘kullanışsız’ veya ‘geri alınamaz ısı’ haline getirilmiş enerji (moleküler hareketler veya titreşimlerle dağılmış olan)
- Bir sistemin iş yapma yeteneğinin kısmi kaybının, geri dönüşümsüzlük etkileri nedeniyle bir ölçüsü
- sistemin ilk ve son aşamaları arasındaki düzensizliği (rastlantısallık) belirler.(moleküllerin diziliş sırası gibi): bu düzensizlik zamanla artar. Sonuç olarak; sistemlerde denge sağlanıncaya kadar basınç ve kimyasal konsantrasyon yüksek basınçlı sistemlerden düşük basınçlı sistemlere akar.

Bu yasanın çeşitli sonuçları ortaya çıkmaktadır, bazıları aşağıda yer alan kavramları<sup>10</sup> açıklamaya yardımcı olabilir:

- Herhangi bir süreç boyunca ya da yapılan faaliyette, kullanılabilir enerjide ya da işte kayıplar (ya da dağılma) (frikasyon ile) yaşanabilir.
- Isı daha sıcak bir nesneden daha soğuk bir nesneye doğru hareket eder.
- ☐ Belirli bir miktar enerjinin ısıya dönüştürülmemesiyle de ısıнын soğuk sistemden sıcak sisteme transfer edilmesi mümkündür.
- ☐ İş, ısıya dönüştürülebilir ancak aksini gerçekleştirmek mümkün değildir.
- ☐ Bir döngüde çalışan bir aracın tek bir rezervden(izole kaynak) ısı alması ve bunu net bir işe dönüştürmesi imkânsızdır: ısıdan iş elde edebilmenin tek yolu ısıнын aynı zamanda sıcak rezervden soğuk rezerve transfer edilmesiyle gerçekleşebilir. Bu da aralıksız çalışan hareketli makinaların var olamayacağı anlamına gelir.

Basit terimlerle ifade edilirse, hiçbir enerji dönüşümü %100 verimli olamaz.(aşağıdaki düşük ısı değerlerini not ediniz ve bkz. Bölüm 1.3.6.2) Ancak kimyasal reaksiyonlar gibi özel süreçlerde entropi artışının indirgenmesi enerji konusunda daha verimli olduğu anlamına gelir.

Sistem enerjisi “yararlı” ve “yararsız” enerjinin bir özeti olarak algılanabilir.

Entalpi (H) sistem içinde faydalı ısıdır, iç enerjiye(U), basınca(P) ve hacme(V) bağlıdır:

$$H = U + PV \quad (\text{SI birimlerinde, jouledür})$$

U enerjinin mikroskopta atom ve moleküller hâlinde görünmesiyle bağlantılıdır.

Sistem bir durumdan diğer duruma göre değişkenlik gösterdiği için entalpi değişimi ZH ürünlerin entalpisinden reaktanların entalpisinin çıkarılmasına denk gelir:

$$H=H_{\text{son}}-H_{\text{ilk}} \quad (\text{SI birimleri, jouledür.})$$

Son ZH, ısı dağılırsa negatif olur (ekzotermik)ve ısı ortamdan uzaklaştırılırsa pozitif hale döner (endotermik). Bileşimlerin, kendi birleştirici elementlerinden olduğu bir reaksiyonda entalpi değişimi (özel entalpi değişimi) bileşimin formasyon ısısı olarak adlandırılır. Yakma, hidrojenasyon ve formasyon için özel entalpi değişimleri bulunmaktadır.

<sup>10</sup> Bu yasanın diğer sonuçları bulunmaktadır. Bunlar, ana kütleli zamanla bozulmaya uğramasıdır.

Durumların, aşamaların ve olayların fiziksel değişime uğramasına gizli ısı ve dönüşüm ısıları gibi entalpi değişimleri de katkıda bulunur. Katı-sıvı geçişi ile ilgili değişiklikler füzyon ısıları olarak adlandırılırken, sıvı-gaz geçişi ile ilgili değişiklikler buharlaşma ısıları olarak adlandırılır.

Sistemin enerji değişimi “faydalı” ve “faydasız” enerji tanımlarının bir özeti olarak görülebilir. İşin gerçekleşmesi için bu iki sistem arasındaki etkileşim gereklidir. Enerji (B) maksimum derecede faydalı iş anlamına gelmektedir (sistemin çevre ile dengesinin sağlanması durumunda. ) (örn. Eşit sıcaklık, eşit basınç, eşit kimyasal bileşen, bkz. Bölüm 1.2.2.4)

Bir maddedeki ekserjinin enerjiye oranı enerji kalitesi ölçütü olarak kabul edilebilir. Kinetik enerji, elektrik enerjisi ve Gibbs serbest enerjisi(G) iş açısından %100T geri kazandırılabilir ve bu sebeple enerjilerine denk miktarda ekserjiye sahip olurlar. Ancak radyasyon ve termal enerji gibi diğer enerji türleri tam anlamıyla “işe” dönüştürülemezler ve ekserji içerikleri enerji içeriklerinden daha azdır. Bir madde içerisindeki ekserji oranı, termodinamiklerin ikinci yasası tarafından belirlenen çevreleyici ortamla ilişkili olarak entropi miktarına bağlıdır.

Ekserji, sistem parametrelerinin belirlenmesini gerektirir(sıcaklık, basınç, kimyasal bileşim, entropi ve entalpi) sabit tutulan parametrelere göre ifade edilir. Buharın özel akış ekserjisi  $\epsilon$  aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$E = H - H_0 - T_0(s - s_0), \text{ burada } 0 \text{ alt simgesi referans koşulları anlamına gelir.}$$

“Faydalı enerji”ye ilişkin bir örnek: 300 kg’lık 400 °C sıcaklığa ve 40 bar basınca sahip buhar ve 40 °C sıcaklıktaki 6 tonluk su aynı enerjiye sahiptir. (aynı referans sıcaklığına sahip olduğu düşünülerek), örn. 1 GJ. 40 bar basınca sahip buhar faydalı bir iş üretebilir(elektrik üretimi, mekanik araçların hareket ettirilmesi, ısıtma gibi) ancak 40 °C sıcaklıktaki su için kullanım sınırlı tutulmaktadır. Düşük sıcaklıktaki basıncın ekserjisi artırılabilir ancak bu enerji için masraf yapılmasını gerektirir. Örneğin, ısı pompaları ekserji artışı için kullanılabilir ancak “iş” olarak enerji tüketir.

### 1.2.2.3 Ekserji dengesi: birinci ve ikinci yasaların kombinasyonu

Birinci ve ikinci yasalar diğerleri arasında ekserji analizlerinin yapılması, iş potansiyeli ve ikinci yasa verimliliği için yararlı olacak şekilde kombine edilir. Bu durum; sistemlerin, bu sistemlerin işleyişinin ve optimizasyonunun (bkz. Bölüm 2.13).

Açık sistem için ekserji dengesi

Sabit hacimde ekserji oranı dengesi şuna eşittir:

$$\underbrace{\frac{dE_{cv}}{dt}}_{\text{Rate of exergy change}} = \underbrace{\sum_j \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \dot{Q}_j - \left(\dot{W}_{cv} - P_0 \frac{dV_{cv}}{dt}\right)}_{\text{Rate of exergy transfer}} + \underbrace{\sum_i \dot{m}_i e_i - \sum_e \dot{m}_e e_e}_{\text{Rate of exergy destruction}} - \dot{I}$$

$E_{cv}$  = sabit hacimli enerji

$T$  = sıcaklık

$t$  = zaman

$\dot{m}_e e_i$  and  $\dot{m}_e e_e$  terimleri= kütle akışı ile, ekserjinin sistem içinde ve dışında transfer oranları  $\dot{m}$  ( $\dot{m}_i$  to  $\dot{m}_e$ )

$Q_j$ = anlık sıcaklığın  $T_j$  olduğu sınırdaki konumda ısı transferinin süre oranı

$I$ = ekserji hasar oranı ya da geri dönüşümsüzlük

$P$ = basınç

$V$ = hacim

$W_{cv}$ = sabit hacimdeki iş

Sabit akış sistemi için ulaşılan denge:

$$0 = \sum_j \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \dot{W}_{cv} + \sum_i \dot{m}_i e_i - \sum_e \dot{m}_e e_e - I$$

### Endüstriyel uygulamalar

Kimyasal tesislerde ünite faaliyetleri için ekserjinin uygulanması, yirminci yüzyıl boyunca kimyasal sanayinin büyük oranda gelişmesini sağlamıştır. Bu süreç içerisinde bu uygulama “uygun iş” olarak adlandırılmaktaydı.

Mühendislikte enerji ve enerji metodlarının amaçlarından biri, bir birim ya da bir süreç oluşturmada önce çeşitli tasarımlarda girdiler ve çıktılar arasındaki dengeleri hesaplamaktır. Dengeler tamamlandıktan sonra, mühendis genellikle en verimli işlemi belirlemek isteyebilir. Ancak bu işlem doğrudan gerçekleştirilmemektedir. (bkz. Bölüm 2.13):

- ☐ Enerji verimliliği ve birinci yasa enerjisi enerji girdileriyle bağlantı içerisinde en az enerji tüketme düşüncesine bağlı olarak en verimli süreçleri belirler
- ☐ Ekserji verimliliği ya da ikinci yasa verimliliği, uygun iş girdisinden gelen uygun işin en az oranda hasar görmesine bağlı olarak en verimli süreçleri belirler.

Yüksek ekserji verimliliği daha maliyetli tesislerin kurulmasının içerir. Sermaye yatırımı ve işletme verimliliği arasında denge sağlanmalıdır.

#### 1.2.2.4 Nitelik şemaları

Sistem özelliklerinin ölçüldüğü durumlarda ve sistem kendi özelliklerini (örn. Sıcaklık  $T$ , Basınç  $P$ , Konsantrasyon gibi) zamanla değiştirme eğiliminde olmadığı zaman bu sistemin denge aşamasına ulaştığı söylenebilir. Dengedeki sistemin koşulları diğer(benzer) sistemlerde yeniden üretilebilir ve durum işlevleri olarak adlandırılan birtakım özelliklerle tanımlanır: bu prensip “durum postulatı” olarak da bilinmektedir. Buna göre saf bir maddenin sistem durumu iki bağımsız özelliklerle bir diyagramda gösterilir. Nitelik diyagramlarında gösterilen maddelerin beş adet temel özellikleri: basınç( $P$ ), sıcaklık ( $T$ ), özel hacim ( $V$ ), spesifik entalpi( $H$ ) ve özel entropi( $S$ ). Kalite ( $X$ )iki ya da daha fazla maddenin müdahil olduğu durumlarda gösterilir. En sık karşılaşılan nitelik şemaları: basınç-sıcaklık( $P$ -  $T$ ), basınç-özel hacim( $P$ - $V$ ), sıcaklık-özel hacim( $T$ - $V$ ), sıcaklık-entropi( $T$ - $S$ ); entalpi-entropi( $H$ - $S$ ) ve sıcaklık- entalpi teması( $T$ - $H$ ). Bu birimler pinç metodunda kullanılır.(bkz. Bölüm 2.12): Bu diyagramlar çizim işlemlerinde oldukça kullanışlıdır. Bunun yanı sıra, diyagramlar, maddenin üç fazı arasındaki ilişkinin belirlenmesi açısından da oldukça önemlidir.

### Basınç-sıcaklık (faz) diyagramları

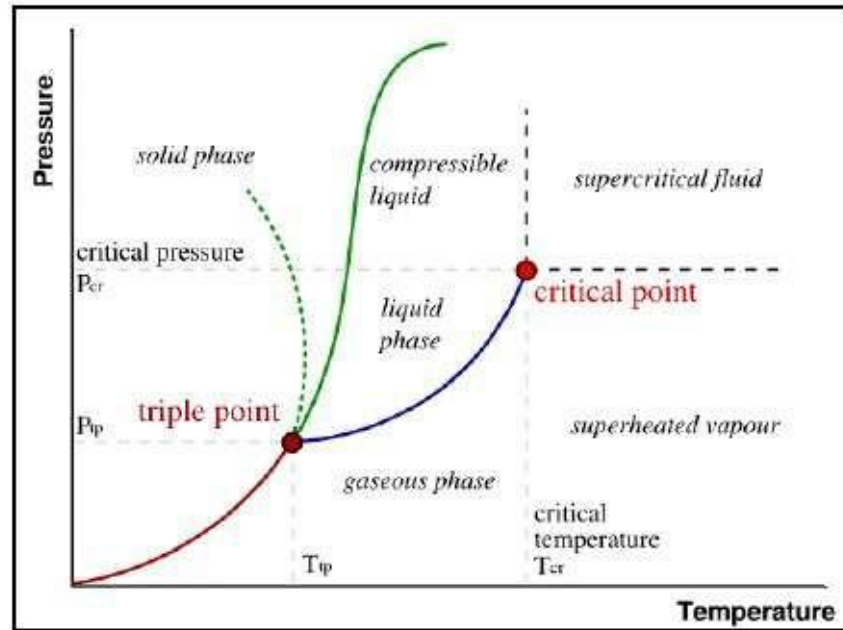
Faz diyagramları, termodinamik olarak kendine özgü olan fazlar arasında denge koşullarını göstermektedir.

Saf madde için P-T diyagramı (Şekil 1.5) “tek fazlı bölgeleri” gösterirken (katı, sıvı ve gaz fazları,) Madde fazı sıcaklık ve basınç koşulları sebebiyle sabitlenmiştir.

Çizgiler (faz sınırları olarak adlandırılır) bölgeleri gösterir (ya da bu durumda P ve T olarak gösterilen koşullar) ve bu iki faz dengede gösterilir. Bu alanlarda basınç ve sıcaklık bağımsız değildir ve maddenin durumunu belirlemek için bir adet yoğun özellik (P ya da T) gereklidir. Süblimasyon hattı katı ve buhar bölgelerini ayırırken, eritme ve füzyon hatları ise katı ve sıvı bölgeler, ayırır.

Bu üç hat, üçlü noktada buluşur ve bu noktada tüm fazlar eş zamanlı olarak dengede durur. Bu durumda, bağımsız yoğun özellikler bulunmamaktadır, yalnızca üçlü noktada bir madde için bir basınç ve bir sıcaklık mevcuttur.

Kritik nokta, buharlaşma sınırının sonunda bulunmaktadır. Kritik noktanın üzerindeki basınçlarda ve sıcaklıklarla, madde süperkritik noktadadır ve bu noktada sıvı ve buhar fazında herhangi bir ayırım yapılması mümkün değildir. Bu durum çok yüksek basınçta ve sıcaklıkta sıvı ve gaz fazlarının birbirinden ayırt edilemediğini gösterir. Su için bu seviye yaklaşık 647 K (374 °C) ve 22,064 MPa’dır. Bu noktada buharlaşma hattının sol tarafındaki maddenin soğutulmuş ya da sıkıştırılmış sıvı halinde olduğu, aynı hattın sağ tarafındaki maddenin de aşırı ısıtılmış buhar durumunda olduğu belirtilmektedir.



Şekil 1.5: Basınç – sıcaklık (faz) diyagramı  
[153, Wikipedia]

### 1.2.2.5 Detaylı bilgi

Bu konuya ilişkin daha detaylı bilgi termodinamikler ve fiziksel kimya hakkındaki standart kitaplarda mevcuttur.

Çeşitli terimler ve veri tabanları; çeşitli maddelerin termodinamik özelliklerin değerlerini ve bunlar arasındaki ilişkinin gösterildiği diyagramların yer aldığı tabloları ve buna ilişkin bilgileri kapsamaktadır. Bu bilgiler tecrübeyle sabitlenmiş verilerdir. Tablolarda sıklıkla yer alan nitelikler: özel hacim, iç enerji, özel entalpi, özel entropi ve özel ısıdır. Niteliklere ilişkin tablolar termodinamikle alakalı kitaplardan ya da internetten elde edilebilir.

Basit fazlı bölgelerdeki durumun sabitlenmesi amacıyla iki adet niteliğin mutlak surette bilinmesi şart olduğu için fazla ısıtılmış buhar ve sıkıştırılmış sıvı için belirlenen basınçlarda sıcaklık karşısında V,U,H ve S nitelikleri listelenmiştir. Sıkıştırılmış havaya ilişkin yeterli veri yoksa, belirlenen sıcaklıkta sıkıştırılmış sıvının doymuş sıvı olarak işleminden geçirilmesi için makul düzeyde tahminlerde bulunulur. Bunun sebebi, sıkıştırılmış sıvı niteliklerinin basınçtan çok sıcaklığa bağlı olmasıdır.

Çokça bahsedilen “doyurma” ya ilişkin tablolar, doyurulmuş sıvı ve doyurulmuş buhar durumunda kullanılır. İki aşamalı bölgelerde basınç ve sıcaklık bağımsız olmadığından niteliklerden birinin durumu sabitlemesi yeterlidir. Bu sebeple, doyurma tablolarında doyurulmuş sıvı ve doyurulmuş buhar için sıcaklık ya da basınç karşısında V,U,H ve S nitelikleri yer alır. Doyurulmuş sıvı-buhar karışımında, kalite adı verilen ek nitelik mutlaka belirlenmelidir. Kalite, doyurulmuş sıvı-buhar karışımında buhar kütle fraksiyonu olarak belirlenir. Veri tabanları ve termodinamikler simülasyon programlarına ilişkin daha detaylı bilgi için bkz. EK 7.1.3.2

### 1.2.2.6 Geri dönüşümsüzlüğün tanımı

Termodinamiklerde , geri döndürülebilir süreçler teoriktir (kavram üretmek için) ve pratikte gerçek sistemler geri dönüşmezdir. Bunun anlamı, kendiliğinden geri döndürülemez olduklarıdır. Geri döndürme yalnızca enerjinin uygulanması ile mümkündür(ikinci yasa sonucunda). Termodinamik sistemin mekanik, termal ve kimyasal denge koşulları dengesizlik ve geri dönüşümsüzlüğün üç sebebine işaret eder. (bunlar belki pratikte termodinamik verimsizlikleri olarak görülebilir)Termodinamiklerin ikinci yasasının da belirttiği gibi, değişikliklere sebep olan faktörler; sıcaklık, basınç, konsantrasyon gibi itici güçlerdir. itici güç ne kadar az olursa gerekli malzemenin boyutu o kadar büyük olur. Örneğin, LMTD (logaritmik sıcaklık farkı) azaldıkça ısı değişim zemini büyür. Isının güce dönüştürüldüğü en yüksek verimliliği gösteren Carnot döngüsü aslında sıfır itici güce dayanmaktadır ve uygulamada Carnot döngüsünün verimliliği gerçek işlemlerle gerçekleştirilemez. Carnot döngüsü hakkında daha detaylı bilgi için bkz. LCP BREF [125, EIPPCB]ya da standart kitap.

Mekanik geri dönüşümsüzlükler, friksiyonun dahil olduğu ve basınç değişikliklerine neden olduğu süreçlerde ortaya çıkar.

Termal geri dönüşümsüzlükler sistem içerisinde sınırlı sıcaklık değişimleri yaşandığında ortaya çıkar (örn. Tüm ısı değiştiricilerde). Isı sıcak bir ortamdan soğuk bir ortama eş zamanlı olarak geçer ve bu olay ekserji kaybına neden olur. Sıcaklık değişimi ne kadar fazlaysa ekserji kaybı ve geri dönüşümsüzlük o kadar çok olur.

Kimyasal geri dönüşümsüzlükler, karışımlarda, çözeltilerde ve kimyasal reaksiyonlarda meydana gelen kimyasal dengesizliklere bağlı olarak ortaya çıkar. Örneğin, su ve tuz karıştırıldığında sistem ekserjisi düşer. Bu ekserji kaybı damıtma, iyon alışverişi, membran filtreleme ya da kurutma yöntemiyle tuz elde etmek için suyun buharlaştırılmasını gerektiren iş miktarı olarak tanımlanabilir. Tüm atmosferik ve suya ilişkin kirliliklerde kimyasal geridönüşümsüzlük vardır. Bir karışımı kirliletmek kolayken, onu temizlemek için yüksek miktarda ekserji gerekmektedir.



Geri dönüşmez süreçlerin termodinamik analizleri, iyi bir verimlilik ve enerji tasarrufu için tesiste yer alan tüm mekanik, termal ve kimyasal geridönüşümsüzlükleri kontrol etmek ve en aza indirmek gerektiğini ortaya koymuştur.

Geri dönüşümsüzlüğe ilişkin örnekler EK 7.2’de yer almaktadır

Geri dönüşümsüzlük ne kadar fazlaysa enerji sistemlerinin verimliliğine yönelik olanaklar o kadar fazla olur. Yetersiz enerji tasarımlarının nedeni sınırlı basınçtan, sıcaklıktan ve/veya kimyasal potansiyel farklılıklarından ve arz-talep dekuplajından kaynaklanmaktadır. Ayrıca zaman enerji tasarruflu sistemlerde büyük rol oynamaktadır. Enerji sistemleri ortamda dengeye ulaşmak için basınçlarını, sıcaklıklarını ve kimyasal potansiyellerini eş zamanlı olarak düşürürler. Bunun engellenmesi için iki strateji vardır. Bir tanesi bağışçı erkin zaman kaybedilmeden enerji alıcılarla eşleştirilmesidir(örn. Bölüm 3.3) Diğer ise sistemin, basınç için kalın duvarların, sıcaklık için ısı geçirmez duvarların içine hapsedilmesi ve kimyasal sistemlerin yarı karalı durumda bırakılmasıdır(depolama). Diğer bir ifadeyle sistemlerin yoğun özelliklerinin korunması için depoya kapatılmasıdır.

Termodinamikler elde edilebilir enerji verimliliğine ulaşılması adına büyük rol oynamaktadırlar. Bu verimlilik;

- ☐ Enerji verimliliği tasarımı, bkz bölüm 2.3
- ☐ Pinç gibi analitik araçlar ve entalpi analizleri bkz. Bölüm 2.12 ve 2.13
- ☐ Termodinamikleri finansman ile birleştiren termoekonomi bkz. Bölüm 2.14.

ile sağlanır.

## 1.3 Enerji verimliliği ve enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik göstergelerin tanımları

### 1.3.1 Enerji verimliliği ve IPPC Direktifinde yer alan ölçüler

[4, Cefic, 2005, 92, Motiva Oy, 2005] [5, Hardell and Fors, 2005]

'Enerji verimliliği' ulusal ve uluslararası düzeyde politikalar, iş hedefleri gibi farklı amaçlar için yaygın olarak kullanılan bir terimdir.(önsözde görüldüğü gibi)<sup>11</sup>:

- ☐ Karbon emisyonlarının azaltılması (iklim koruma)
- ☐ Enerji kaynaklarının güvenliğinin artırılması (sürdürülebilir üretimle)
- ☐ Maliyetlerin azaltılması (iş alanında rekabetteki gelişmeler).

Başlangıçta 'enerji verimliliği' basit ve anlaşılır görünmektedir. Ancak enerji verimliliği terimi kullanıldığı yerde tam olarak tanımlanmaz bu yüzden “ Enerji verimliliği farklı zamanlarda, farklı yerlerde ve farklı koşullar altında farklı şeyler anlamına gelebilir”.

Bu belirsizlik, “anlaşılmazı zor ve değişken olarak” adlandırılır”. Bu durum “tutarsızlık ve karmaşıklığa” neden olmaktadır. Çünkü enerji tasarrufları nicel verilere dayanmaktadır ve gerekli tanımların yetersiz olması 'ana sanayi ve sanayi sektörleri arasında kıyaslama yapılırken utanç verici’ olmaktadır. IPPC Direktifinde “enerji verimliliği” gibi bir tanım yer almamaktadır ve bu bölümde işletme ve izin verme bağlamındaki konulara değinilmektedir.[62, UK\_House\_of\_Lords,2005, 63, UK\_House\_of\_Lords, 2005].

<sup>11</sup> Diğer başlıca enerji verimliliği politikası ise yakıt kışığının azaltılmasıdır( ailelerin kış aylarında ısınmaya gücü yetmemektedir)bu sosyal bir meseledir, endüstriyel enerji verimliliği ve IPPC Direktifi ile doğrudan ilişki içerisinde değildir.

IPPC Direktifi işletme içerisinde üretim süreçleriyle ilgilendiğinden, bu belgenin odak noktası işletme düzeyinde fiziksel enerji verimliliğidir. Ürünlerin yaşam döngüsü ya da ham maddelerle ilgili konular bu belgede yer almamaktadır. (bu konu üretim politikalarında yer almaktadır, bkz. Kapsam)

Ekonomik verimlilik konusu bu belgede, ilgili yerlerde, ele alınmıştır.(bireysel teknikler gibi, bkz. Bölüm 1.5.1) Termodinamik verimlilik yukarıdaki bölümde ele alınmıştır çünkü bireysel tekniklerle ilgili bir konudur.

Ürünlerin ya da yan ürünlerin çevresel etkilerinin artırılması amacıyla Enerji verimliliği azaltılabilir. (bkz. Bölüm 1.5.2.5) Bu konu, bu belgenin kapsamı dışındadır.

### 1.3.2 Enerjinin tasarruflu ve verimsiz bir şekilde kullanılması [227, TWG]

İşletmelerdeki enerji verimliliği (ya da verimsizlik) iki şekilde yorumlanabilir<sup>12</sup>:

1. Enerji girdisi için geri alınan verim. Bu oran termodinamikler yasası gereği hiçbir zaman %100 olmaz. Bkz. Bölüm 1.2. Termodinamik geri dönüşümsüzlükler (bkz. Bölüm 1.2.2.6) verimliliğin ana kaynağıdır ve enerjinin, iletim, ısı yayım ve radyasyonla transfer edilmesini kapsar. (termal geri dönüşümsüzlük). Örneğin, ısı transferi yalnızca istenilen yönde olmayabilir. Transfer reaktör ya da kazan duvarları aracılığıyla da gerçekleşebilir. (termal geri dönüşümsüzlükler). Ancak, bu belgede daha sonra ele alınacak çeşitli tekniklerle kayıplar azaltılabilir (yakma işlemlerinden kaynaklanan radyan ısı kayıplarının azaltılması gibi).

2. Enerjinin, gerekli görüldüğü yerlerde optimum miktarlarda (verimli) kullanılması. Verimsizlik (enerjinin verimsiz kullanılması); enerji arz ve talebinin yanlış yönetilmesi, eksik tasarımlar, gerekli olmadığı halde çalışan araçlar(aydınlatma gibi) yüksek sıcaklıklarda yapılan işlemler(gerekli olmasa dahi), enerjinin düzgün bir biçimde depolanmamasından kaynaklanmaktadır.

### 1.3.3 Enerji verimliliği göstergeleri [5, Hardell and Fors, 2005]

Enerji verimliliği EuP Direktifinde<sup>13</sup> şu şekilde tanımlanmıştır: [148, EC, 2005]

“performans, hizmet, ürün ve enerji girdisi ile enerji çıktısı arasındaki ilişki”

Bu, “Özel enerji tüketimi(SEC) olarak belirtilen ve ürünlerin/çıktıların birim başına tükettiği enerji miktarıdır. Bu tanım, sanayide en yaygın kullanılan tanımdır. (Not: aşağıda yer alan tanım, petrokimyasal ve kimya sanayi tarafından kullanılmaktadır ancak “enerji yoğunluğu faktörü(EIF) ya da “enerji verimliliği göstergesi(EEI)” olarak bilinmektedir. Bkz. Aşağıdaki bölüm ve EK 7.9.1

En basit haliyle, SEC aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$SEC = \frac{\text{Kullanılan enerji(ithal edilen enerji–ihraç edilen enerji)}}{\text{Üretilen ürünler üretilen ürünler ya da çıktı}} \quad \text{Denklem 1.1}$$

<sup>12</sup> İngilizce’ de yalnızca bir terim bulunmaktadır(enerji verimliliği) ve bunun tersi olan verimsizlik birtakım karışıklıklara neden olmaktadır. Diğer dillerde iki farklı terim bulunmaktadır örneğin Fransızcada verimlilik/kayıp için: 'rendements/pertes énergétiques' kullanılırken verimsizlik için: 'efficacités/inefficacités énergétiques' terimi kullanılır.

<sup>13</sup> Enerji kullanan ürünler direktifi olarak bilinen EuP 2005/32/EC Direktifi

SEC, ölçü birimleri(GJ/ton olan bir sayısal değerdir ve Kütle birimleriyle ölçülen ürünleri üreten birimlerde kullanılabilir. Enerji üretim sanayi için (elektrik gücü üretimi ve atık yakma) SEC’i; üretilen enerji (GJ)/ithal edilen enerji(GJ)’ye eşit olarak tanımlanan enerji verimliliği faktörü şeklinde adlandırmak daha mantıklıdır. SEC’ler enerji/m<sup>2</sup> ve enerji/çalışan gibi oranlarla da ifade edilebilirler(rulo kaplama, araba üretimi gibi)

Ayrıca “Enerji yoğunluğu faktörü” (EIF) terimi kullanılmaktadır. (yukarıdaki notta belirtildiği gibi petrokimya sanayinde kullanılır) Ekonomistler EIF’yi iş ciro, katma değer, gayri sarfi yurt içi harcama gibi finansal değerler için kullanılan enerjinin oranı olarak algılarlar

$$EIF = \frac{\text{Kullanılan enerji}}{\text{GJ/EUR ciro işletme ciro}} \quad \text{Denklem 1.2}$$

Ancak çıktıların maliyeti zaman içerisinde arttığı için EIF, fiziksel enerji verimliliğinde artış olmadan da yükselebilir.( referans maliyeti için hesap yapılmadığı takdirde) . Bu yüzden bir işletmenin fiziksel enerji verimliliği değerlendirilirken bu terim kullanılmamalıdır.

EIF, her bir gayri sarfi yurt içi hasıla(GYİ)birimi için GJ olarak belirlenmektedir ve makro düzeyde kullanılabilir. GYİ, bir ulusun ekonomisinde enerji verimliliğini belirlemek için kullanılabilir.(bkz. Yukarıdaki bölümde ekonomistlerin kullandığı terim)

Bu yüzden özellikle sektörlerin ya da sanayilerin kıyaslanmasında kullanılan birimlere açıklık getirilmesi gerekmektedir. [158, Szabo, 2007].

Birincil enerjilerle(fosil yakıtlar gibi) ikincil enerjiler(son enerjiler) arasındaki farkın bilinmesi gerekmektedir. (bkz. Bölüm 1.3.6.1).Aslında, ikincil enerji birincil enerji içeriğine dönüştürülebilir ve bu terim birincil enerjinin özel tüketimi haline gelir. Bu, ton başına birincil enerjinin MJ/ton ya da GJ/ton olarak üretilmesi demektir. [91, CEFIC, 2005]. Ancak, bu durumun avantajları ve dezavantajları vardır.( buna ilişkin detaylı bilgi Bölüm 1.3.6.1. de yer almaktadır)

### Özel enerji tüketimi ve enerji verimliliği endeksinde

Bu durumda, üretim ünitesi daha sonra SEC formülünde ayırıcı olarak kullanılacak bir adet ana ürün ortaya çıkarır. (Denklem 1.1) Birçok durumda bu koşullar daha karmaşık hale gelebilir, örn.: ürün karışımının zamanla değiştiği büyük kimyasal tesislerde ya da rafinerilerde ya da belirli bir ürünün olmadığı tesislerde daha çeşitli ürünler ortaya çıkabilir ve çıktı, atık yönetim faaliyetleri gibi hizmet alanında yarar sağlayabilir. Buna benzer durumlarda, yukarıdaki Bölüm 1.4’te belirtildiği gibi farklı üretim kriterler de kullanılabilir:

1. Eşit derecede önem sahip ürünler ya da yan ürünler bulunmaktadır. Uygun görüldüğü takdirde bu ürünlerin toplamı ayırıcı olarak kullanılabilir. Aksi durumda, süreç sınırları, enerji ve ürün dengesi arasında kararlaştırılmalıdır:

$$SEC = \frac{\text{Kullanılan enerji(ithal edilen enerji ihraç edilen enerji )}}{\sum \text{Üretilen ürünler} \quad \text{üretilen ürünler}}$$

2. Birçok ürün buharı ve hammadde(besleme stokları) bulunmaktadır, buhar seviyeleri düşüktür ve payda hammadde olabilir. Enerji tüketimi, üründen çok hammadde miktarı temel alınarak belirleniyorsa bu yönetim kullanılması tercih önerilir. Ancak, ham maddelerin payda olarak kullanılmasında, ham madde ve enerji kullanım miktarı sabit kalırken ürün miktarının düşmesi enerji verimliliğinde kayıp(düşüş) yaşandığı anlamına gelmez.

$$SEC = \frac{\text{Kullanılan enerji(ithal edilen enerji ihraç edilen enerji)}}{\sum \text{Hammadde girişi} \quad \text{ham madde girişi}}$$

3. Grup olarak üretilen birçok ürün bulunmaktadır.(farklı özelliklere sahip bir ürün). Her biri, piyasa ihtiyaçlarına göre ve farklı dönemler için, farklı derecede polimer üreten polimer tesisleri örnek olarak gösterilebilir. Her derece kendine özgü enerji üretimine sahiptir, genellikle yüksek kaliteli dereceler daha fazla enerji girişine ihtiyaç duyar. Her bir derece için referans olacak enerji verimliliği belirlemek(belirlenen derece için ortalama enerji tüketimi temel alınarak) faydalı olacaktır. Zaman içerisinde ilgili enerji tüketimi aşağıdaki gibi belirlenebilir:

$$SEC = \frac{\sum_{i=A,B,C} X_i * SEC_{ref,i}}{\text{Tahmin edilenden daha fazla süre boyunca kullanılan enerji}} \\ \text{A, B ve C ürünleri ve üretim süresince üretilen ürünler}$$

$X_i$  = i nin belirlenen sürede üretilen ürününün fraksiyon derecesi

$SEC_{ref,i}$  = derece i için referans enerji verimliliği faktörü (yalnızca derece i üretildiğinde referans alınan süre içerisinde enerji verimliliğinin ortalamasının alınması)

4. Belirli bir ürün yoktur ve işlemde çıkan şey, atık yönetim sistemleri gibi bir hizmettir. Bu durumda, kullanılan enerjiye bağlı olan üretim kriterleri atık girdisidir:

$$SEC = \frac{\text{(yakma işlemini desteklemek amacıyla enerji ithali – enerji ihracı) (işlenilen atık(ton))}{\text{atık(ton)}}$$

Atık yakılabilir özelliklere sahipse (belediyelerden gelen atıklar, MSW gibi)Yakılan atığın ihraç edilen(ithal edilen enerjiden daha fazla olması beklenir) enerji şeklinde geri kazanılmasında düşük ısı değerleri(LHV)'nin bir kısmı olan göstergeler negatif konumdadır.

5. Diğer durumlar enerji üretiminin, kullanıma izin vermeyecek kadar değişken olduğu koşullardır. Örneğin; basılan kâğıt girdisi/çıkışının enerji kullanımıyla ilişkisi olmadığı baskı tesisleri. Bunun sebebi, baskı miktarının ve kurutmanın mürekkeple ve kullanılan işlemle ilgili olmasıdır. Bkz. STS BREF.

#### Enerji verimliliğindeki gelişmelerin tanımı

EuP Direktifi [147, EC, 2006], enerji verimliliğindeki gelişmeyi; teknolojik, davranışsal ve /veya ekonomik değişiklikler sonucunda enerjinin nihai kullanım verimliliğindeki artış olarak değerlendirir. Bu kriterlere uygun değişim türleri Bölüm 1.5'te yer almaktadır ve genel tekniklere ilişkin bilgiler ise Bölüm 2. ve 3.'te ele alınmıştır.

Enerji verimliliği aşağıdaki biçimde tanımlanabilir: [5, Hardell and Fors]:

- ☐ Düşük enerji tüketim seviyesinde değişmeyecek miktarda verim elde etmek ya da
- ☐ Değişmeyen enerji tüketimi sonucunda artan verim elde etmek
- ☐ Enerji tüketimindeki artışı geçen bir verim değeri elde etmek

Enerji verimliliği göstergelerinin asıl amacı belirli birimde enerji verimliliğine ilişkin ilerlemeleri zaman içerisinde denetleyebilmek ve enerji verimliliği gelişim ölçütleri ile üretim süreci/biriminin enerji performansına yönelik projeler arasındaki etkileşimi gözlemlemektir. SEC, alınan verim için harcanan enerji miktarını ve diğer referans bilgilerinin kullanılmadan tek bir değerin sınırlı olarak kullanıldığını göstermektedir. Enerji verimliliği göstergesi (EEI) belirli süre içerisindeki değişimleri saptamak için kullanılabilir ve bir sistemin, işlemin ya da işletmenin enerji verimliliğini denetlemede daha yararlı olabilir. Bu EEI, birimin ya da belirlenen işlemin SEC'i tarafından SEC (SEC<sub>ref</sub>)'in ayrılması ile belirlenir. SEC<sub>ref</sub> üretim sürecinin dahil olduğu sanayi sektörü tarafından genel olarak kabul edilen referans numaraları olabileceği gibi, belirlenen referans yılında üretim sürecinin SEC'i de olabilir.

$$EEI = \frac{SEC_{ref}}{SEC} \quad \text{Denklem 1.3}$$

Enerji verimliliği endeksi ölçülemez bir rakamdır.

Not:

- ☐ SEC, enerji verimliliği artarken düşen rakamdır, EEI ise artan rakamdır. Bu sebeple enerji yönetimi mümkün olan en düşük SEC'i ve mümkün olan en düşük EEI'yi hedefler.
- ☐ Göstergedeki gerçek enerji verimliliğinin belirlenmesi, enerji faktörlerinin düzeltilmesini gerektirir.

### Zaman dilimi

Uygun bir zaman dilimi belirlenmelidir.(bkz. Bölüm 2.16 ve MON REF). Saat temelinde düşünülürse, enerji verimliliği göstergesi süregelen bir işlemde büyük dalgalanmalar gösterebilir ve bu yöntem grup işlemleri için uygun değildir. Bu dalgalanmalar ay ve yıl gibi daha uzun zaman dilimleriyle azaltılabilir. Ancak, daha kısa zaman dilimindeki değişiklikler ile ilgili belirlemelerde bulunulmalıdır çünkü bu değişiklikler enerji tasarrufları için bir fırsat oluşturabilir.

Burada ele alınan iki ana göstergeye ek olarak, alt göstergeler ve diğer göstergeler de bulunmaktadır. Bkz. Bölüm 2.10. ve 2.16.

### 1.3.4 Göstergelerin kullanımına giriş

Sanayide, belirli bir çıktı (ya da girdi) için belirlenen özel enerji tüketimi(SEC), en fazla kullanılan göstergedir ve bu belgede de sıklıkla yer almaktadır. Bu göstergenin tanımı basit gibi görünse de yanıltıcıdır. Ancak, süreçlerin denetlenmesi amacıyla kavramların miktarının belirlenmesine yönelik çabalar; enerji verimliliğini belirleme ve daha iyi ölçme adına bir çerçeve oluşturulması gerektiğini göstermektedir. Ancak birtakım karmaşık faktörler bulunmaktadır:

- ☐ Enerji, farklı işletmeciler ya da personel tarafından aynı parametrelerin kullanılmasıyla ve aynı yöntemle ölçülmez
- ☐ Bir üretim tesisinin enerji verimliliği kapsamında, üretime yönelik çeşitli süreçlerin değerlendirilmesi gerekmektedir.
- ☐ Yapılan tanımlar, enerjinin verimli bir şekilde üretildiği ya da kullanıldığı hakkında bilgi vermez.

Bilgilendirici olma ve verimlilik açısından enerji verimliliğinin diğer birimlerle ya da işletmelerde kıyaslanması gerekmektedir ya da zaman içerisinde kıyaslamaya ilişkin kurallar ve standartlar oluşturulmalıdır. Enerji verimliliğinin kıyaslanmasında tüm kullanıcıların eşit olarak düşünülmesini sağlamak amacıyla sistem sınırlarını belirlemek özellikle önemlidir.

Basit anlamda, bu tanım enerjinin nasıl daha verimli üretilbileceği ya da atık enerjinin sistem sınırları dışında nasıl kullanılabilirliği hakkında bilgiler içermez. Bu konu ve diğer konular açık ve anlaşılır olmalı ki enerji verimliliğindeki gelişmeler değerlendirilebilsin. Bu konu Bölüm 1.4 ve 1.5'te ele alınmıştır.

IPPC'ye yönelik olarak enerji verimliliğine aşağıdaki perspektiften de bakılabilir:

- ☐ işletme düzeyinde izin verilirken aşağıda yer alan maddelerin enerjileri dikkate alınmalıdır:  
işletmenin tümü  
Bireysel üretim süreçleri/birimleri ya da  
Avrupa düzeyinde, sektörel BREF'de MET(kıyaslamalar) a ilişkin ENE değerleri belirlerken sanayi sektörü ya da sanayi faaliyeti için
- ☐

Özel enerji tüketimi ve enerji verimliliği endeksi; (bkz. Bölüm 1.3.3) enerji verimliliği göstergelerine ilişkin örneklerdir. Farklı enerji verimliliği yöntemleri ve göstergelerin uygunluğu; sektör, süreç ve hatta tesisten-tesise temelinde değerlendirilmelidir( kıyaslama bölümü ve Bölüm 2.16) Tüm sanayi işletmelerinin kendine özgü yapıları ve özellikleri vardır. Hammaddeler, işlem teknolojileri, ürün kalitesi, ürün karışımı ve metotların denetimi arasında farklılıklar bulunmaktadır. Birimin yaşı enerji verimliliğinde çok büyük etkiye sahiptir: yeni tesisler eski tesislere göre daha fazla verimlilik sağlamaktadır. [156, Beerkens, 2004, 157, Beerkens R.G.C. , 2006]. Enerji verimliliğini etkileyen değişkenlerin düzeyinin dikkate alınmasıyla birlikte, enerji verimliliği göstergeleri aracılığıyla farklı tesisler arasında yapılan kıyaslamalar, özellikle tüm değişkenlerin uygun bir yöntemle incelenmesinin zor (hatta imkânsız) olduğu durumlarda yanlış değerlendirmelere yol açabilir. [127, TWG].

Enerji verimliliğini değerlendirmek için [4, Cefic, 2005]:

- ☐ Özel enerji göstergesinin tüm tesiste kurulup kurulamayacağına karar vermek için tesisin değerlendirmeye alınması
- ☐ Tesise yönelik SEI kurulamıyorsa tesisi; üretim/yardımcı ünitelere bölmek enerji verimliliği analizlerinde yardımcı olabilir
- ☐ Her bir üretim işlemi, tesis ya da tesisin bir kısmı için göstergeler belirlemek
- ☐ Özel enerji göstergelerini ölçmek, bunların tanımlarına ilişkin kayıtlar tutmak, bunları sürdürmek ve zaman içinde gerçekleşen değişiklikleri not etmek (üründeki ya da malzemedeki değişiklikler) yararlı olabilir

### 1.3.5 Sistemlerin ve sistem sınırlarının önemi

Bir tesisin en iyi enerji verimliliği, tamamlayıcı parçaların hepsinin ayrı ayrı optimize edildiği durumlarda optimum enerji verimliliğinin toplamına denk gelmez. Aslında tüm işlemler tesisteki diğer işlemlerden bağımsız olarak optimize edilirse, tesiste havalandırılması gereken aşırı bir buhar üretilmesine yönelik tehlike baş gösterir. Birimlerin entegrasyonuna bakarak, buhar dengelenebilir ve bir işlemde gelen ısı diğer bir işlem için kullanılmasına yönelik fırsatlar tüm tesiste daha az enerji tüketimi sağlar. Aşağıdaki maddeler göz önünde bulundurularak bir sinerji yaratılabilir:

1. Tüm tesis, çeşitli birimleri ve /veya sistemlerin birbiriyle ilişki biçimleri(kompresörler ve ısıtma) bu durum, tüm tesiste optimum enerji verimliliği sağlamak için bir veya birden fazla üretim işleminin ya da biriminin de-optimize edilmesini kapsayabilir. Süreçlerin, birimlerin, yardımcı malzemelerin verimli kullanılmasının ya da ilgili faaliyetlerin verimli kullanımının(mevcut formda daha uygun olsalar da) değerlendirilmelidir.
2. Bunun ardından, çeşitli birimlerin ve/veya sistemlerin optimize edilmesi (örn.CAS, soğutma sistemi, buhar sistemi).
3. Son olarak, kalan tamamlayıcı parçaların optimize edilmesi (örn.elektrikli motorlar, pompalar, kapaklar).

Enerji verimliliğinde sistemlerin dikkate alınmasının önemini kavramak için sistem tanımının ve sınırlarının enerji verimliliği sağlamada nasıl bir rol oynadığını bilmek gerekir. Bu konuya ilişkin bkz. Bölüm 1.5.1 ve Bölüm 2.2.2.

Bunun yanı sıra sınırları şirket faaliyetlerinin dışına taşınmasıyla ve endüstriyel enerji üretiminin ve tüketiminin toplum ihtiyaçlarına göre entegre edilmesiyle toplam enerji verimliliği daha fazla artırılabilir (çevrede (kojenerasyonda) ısıtma amacıyla kullanılan enerjinin daha az tedarik edilmesi gibi) Bkz. Bölüm 3.4

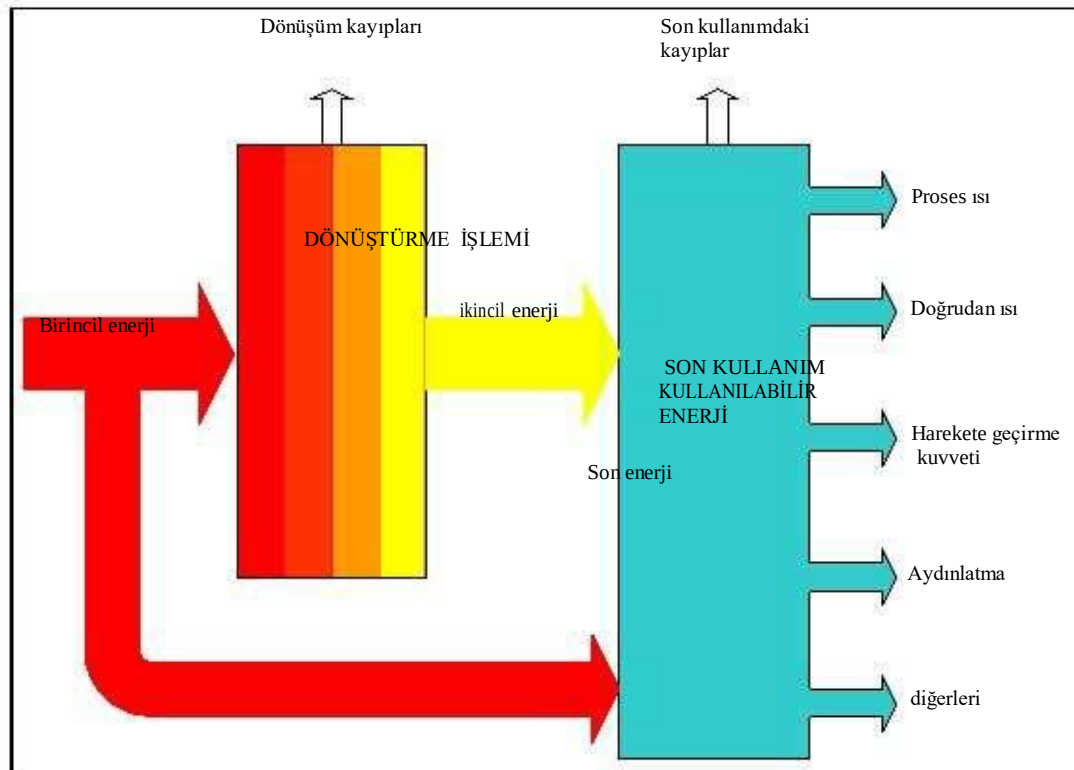
### 1.3.6 Diğer önemli terimler

Kullanılan diğer terimler Sözlükte ya da standart kitaplarda yer almaktadır.

#### 1.3.6.1 Birincil enerji, ikincil enerji ve son enerji

Birincil enerji; sistem tarafından sistem için girdi olarak alınan yakılabilir atıklar ya da diğer enerji türleri de dahil olmak üzere ham yakıtlarda (işleme öncesi doğal kaynaklar) bulunan enerjidir. Bu kavram, enerji dengelerinin düzenlenmesi sırasında enerji istatistiklerinde kullanılır.

Birincil enerjiler, enerji dönüşüm işlemlerinde elektrik enerjisi, buhar ve temiz yakıt gibi daha uygun enerji biçimlerine dönüştürülürler. Enerji istatistiklerinde bu türdeki enerjilere ikincil enerji adı verilir. Son enerji, kullanıcılar tarafından alınır ve bu enerji birinci enerji ya da ikinci enerji olabilir. (tesiste kullanılan doğalgaz birincil enerji, elektrik ikincil enerjidir.) Bunlar arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde açıklanmıştır.



Şekil 1.6: Birincil, ikincil ve son enerjilerin tanımı [260, TWG, 2008]



Birincil ve ikincil enerjilerin tanımı Bölüm 1.4.2.1’de yer almaktadır. Farklı enerji vektörlerinin değerlendirilmesinde (örn. Dışarıda üretilen ve ulusal şebekeye dağıtılan enerji ile kıyaslandığında tesiste ham maddelerden elde edilen ısı ya da enerji) dış enerji vektörlerindeki eksiklikler göz önünde bulundurulmalıdır. Eksiklik bulunmadığı takdirde, bölüm 1.4.2.1’de yer alan örneklerdeki gibi dış vektörler daha verimli görünür.

Enerji vektörlerine ilişkin, birim ya da tesis dışından alınan örnekler:

- ☐ Elektrik: verimlilik; yakıt ve teknolojiye göre değişir. Bkz.[125, EIPPCB].  
Konvansiyonel buhar tesisleri için birincil yakıttan elektrik üretme verimliliği %36 ile-46 arasında değişir. Kombine döngü teknolojisi için verimlilik %55-58 arasındadır. Kojenerasyon ile (kombine ısı ve güç, CHP, bkz. Bölüm 3.4), ısı ve elektrik için ulaşılabilir oranın %85 ya da daha fazladır. Nükleer elektrik ve yenilenebilir enerji verimliliği ise farklı temelde hesaplanır.

- ☐ buhar: buharın aktif değeri şu şekilde belirlenir: 
$$\frac{h_s - h_w}{b}$$

$h_s$  = sistem entalpisi

$h_w$  = kazan besleme suyunun entalpisi (hava giderme sonrası)

$Y_b$  = kazanın termal verimliliği

Ancak bu değerlendirme sınırlıdır. Aslında bir buharın enerji değerinin belirlenmesi için aşağıda yer alan enerji girdilerinin dikkate alınması gerekir:

- ☐ Buhar sistemi, örn:  
Oksijenin kazan besleme suyundan ayrılması için hava gidericide dağıtılan giderici buharının sıcaklığına ulaşması için kazan besleme suyuna ısı eklenir.
- ☐ Yardımcı sistemler  
Kazan besleme suyunun kazan çalıştırma basıncına pompalanması için gerekli enerji  
Kazana zorlamalı çekiş sağlayan havalandırma fanı tarafından tüketilen enerji

Ana maddeler gibi dikkate alınması gereken diğer faktörler vardır. Buharın birincil enerjisinin belirlenmesine ilişkin yöntem enerji verimliliği göstergelerinin hesaplama prosedürlerinde ve enerji kıyaslamalarında açık bir biçimde ele alınmalıdır. Önemli olan herkesin buharın birincil enerjisini hesaplarken aynı yöntemi kullanmasıdır. Kazan verimliliğini hesaplamak için belirlenen standartlar, Bkz. Bölüm 3.2.1 [249, TWG, 2007, 260, TWG, 2008].

Aynı şekilde ele alınabilecek diğer yardımcı sistemler ise:

- ☐ Sıkıştırılmış hava: bkz. Bölüm 3.7
- ☐ Sıcak su
- ☐ Soğutma suyu: bkz. Bölüm 3.4.3.

Diğer girdiler konvansiyonel anlamda “yardımcı” olarak kabul edilmeyebilir. Ancak, tesis içerisinde ve dışında üretilabilir ve elektrik kullanımının birbirine bağlı etkileri göz önünde bulundurulabilir. Örneğin;

- ☐ nitrojen: sıkıştırılmış hava ve düşük kaliteli N<sub>2</sub>'nin üretilmesine ilişkin bkz. Bölüm 3.7
- ☐ oksijen: yakma işleminde kullanıldığında, yakma verimliliğini arttırdığı iddia edilebilir. Ancak oksijen üretiminde kullanılan enerji düşünülürse, oksijenli yakma, yakma işleminde tasarruf edilen enerji kadar ya da bu enerjiden daha fazla enerji tüketebilir( Bu durum, NO<sub>x</sub>' nin düşürülmesinde önemli etkisi olsa da kazana bağlıdır)bkz. Bölüm 3.1.6 [156, Beerkens, 2004, 157, Beerkens R.G.C. , 2006].

Ancak enerjilerin birincil enerji olarak hesaplanması (bu hesaplama, belirlenen durum için tekrarlanan hesaplarda elektronik çizelge üzerinden yapılsa da) zaman alabilir ve yorumlamaya dair bazı sorunlara neden olabilir. Örneğin en verimli enerji teknolojileriyle donatılmış yani bir tesis, elektrik üretimi ve dağıtımı eski olan bir ülkede işletilebilir. Yurt içindeki elektrik üretim ve dağıtım sistemlerinin düşük verimlilik oranları göz önünde bulundurulursa, diğer ülkelerdeki benzer tesislerle karşılaştırıldığında tesisin enerji verimliliği göstergeleri düşük olabilir. [127, TWG]. Ayrıca farklı enerji kaynaklarının üretimde farklılık gösterdiği ve üretim karışımının ülkelere göre değiştiği bilinmektedir. Bu sorun Avrupa enerji karışımı gibi standart değerlerle aşılabılır (Bkz. Ek 7.16). Ancak karbon dengesi gibi diğer göstergeler, yerel koşullara bağlı olarak ikincil enerji vektörünün üretilmesinde ve çapraz medya etkilerinde dikkate alınmak üzere kullanılabilir.

1 Temmuz 2004 tarihinden itibaren, 2003/54/EC<sup>14</sup> sayılı Direktif, karışımın elektrik vericiler aracılığıyla ortaya çıkarılmasını sağlamıştır. AB üye devletlerinde uygulanan şartlar aşağıda yer alan web sitesinden elde edilebilir: [http://europa.eu/eur-lex/pri/en/oj/dat/2003/l\\_176/l\\_17620030715en00370055.pdf](http://europa.eu/eur-lex/pri/en/oj/dat/2003/l_176/l_17620030715en00370055.pdf)

Uygulama için Avrupa Komisyonu'nun oluşturduğu metin aşağıda yer alan web sitesinden elde edilebilir: [http://ec.europa.eu/energy/electricity/legislation/doc/notes\\_for\\_implementation\\_2004/labelling\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/electricity/legislation/doc/notes_for_implementation_2004/labelling_en.pdf)

Kojenerasyonun teşviki ve buna yönelik kılavuzların yer aldığı Direktif, coğrafi konuma bağlı olarak düzeltme faktörlerinin de yer aldığı elektrik ve buhar üretimi referans değerlerine açıklık getirir. [146, EC, 2004] Bu direktif kojenerasyon işleminin verimliliği için belirlenecek metotları da ele alır.

Ulusal yakıt karışımları gibi çeşitli veri kaynakları bulunmaktadır: <http://www.berr.gov.uk/energy/policy-strategy/consumer-policy/fuel-mix/page21629.html>

Tüm enerjileri birincil enerjiye dönüştürmek için alternatif yöntem, SEC'nin ana enerji vektörü kabul edilip buna göre hesaplanmasıdır. Bkz. Bölüm 6.2.2.4, sf338, kâğıt hamuru ve kâğıt konulu BREF [125, EIPPCB], entegre olmayan bir kâğıt fabrikası için enerjinin, ısı(buhar) ve elektrik biçiminde toplam olarak tüketileceği enerji miktarı [276, Agency, 1997]:

- ☐ Proses ısı: 8 GJ/t ( \ 2222 kWh/t)
- ☐ Elektrik: 674 kWh/t.

Bu da yaklaşık 3MWh elektrik ve buhar/ton tüketimi demektir. Fosil yakıtları güce dönüştürürken ihtiyaç duyulan birincil enerji için toplamda yaklaşık 4 MWh/ton kâğıt gereklidir. Bu miktar elektrik üreticinin birincil enerji miktarının %63,75'idir. Bu durumda 674 kWh/t'lık enerji tüketimi 1852 kWh/t miktarında birincil enerjiye denk gelir(örn. Kömür)

<sup>14</sup> Elektrik iç piyasasına ilişkin genel kuralları içeren ve 96/92/EC sayılı direktifi iptal eden 26 Haziran 2003 tarihli ve 2003/54/EC sayılı Direktif ,

Genel olarak birincil enerji;

- ☐ Sektör içerisinde diğer birimlerle, sistemlerle ve tesislerle karşılaştırma yapmak için
- ☐ Enerji verimliliğini optimize etmek için denetim yaparken ya da farklı enerji vektörlerinin özel birimlerle ya da tesislerle karşılaştırılmasında kullanılır. (Bkz. Bölüm 1.4.1 ve 1.4.2).

Yerel(ya da ulusal) düzeyde hesaplanan birincil enerji, tesise özel kıyaslamalar yaparken kullanılabilir örn:

- ☐ Bir sektör ya da bir şirket içerisinde farklı konumlarda işletmelerin karşılaştırılması gibi yerel(ulusal) etkileri kavramakta,
- ☐ Enerji verimliliğini optimize etmek için denetlemeler yaparken, ya da farklı enerji vektörleriyle özel birimleri ya da işletmeleri karşılaştırırken(bkz. Bölüm 1.4.1 ve 1.4.2). Örneğin, buhar türbininden elektrikli motora geçiş yaparken ülkenin gerçek elektrik verimliliği üretim faktörünü kullanmak en doğrusudur.

Birincil enerji,

- ☐ Faaliyetlerini birimlerin ya da işletmelerin bölgesel(sanayi sektörü) düzeyde denetlenmesi için hesaplanmaktadır. (örn Avrupa Birliği enerji karışımı)

ikincil enerji ya da son enerji;

- ☐ Süregelen durumun incelenmesi için ve
- ☐ Tesis ve sanayi faktörü verimliliğinin incelenmesi amacıyla enerji vektörü temelinde hesaplamalar yapılması için kullanılır.

Bölüm 1.4.1’de, son enerji (ya da ikincil enerji) farklı ülkelerdeki tesislerin karşılaştırılması için kullanılabilir ve bu bazı dikey BREF’lerde yer alan özel enerji gereksinimleri için bir temel oluşturabilir.(örn. Bkz. PP BREF). Bunun aksine birincil enerji ulusal düzeyde tüm verimliliklerin belirtilmesi için kullanılabilir(örn. Farklı ülkelerdeki sanayi sektörlerinin farklı verimliliklerinin değerlendirilmesi)

Komisyonun ve (DG-JRC IPTS enerjileri) ve Hükümetler arası iklim Değişikliği Paneli(IPPC) bu konuya açıklık getirmek için hazırladıkları raporlarda birincil ve ikincil değerlere ilişkin alıntılar yapmıştır. [158, Szabo, 2007].

### 1.3.6.2 Yakıt ısıtma değerleri ve verimliliği

Avrupa’da yakıtın kullanılabilir enerji içeriği yakıtın daha düşük ısıtma değerleri(LHV), daha düşük kalorifik değeri(LCV) ya da net kalorifik değeri(NCV) kullanılarak yakıtın kullanılabilir enerji içeriği hesaplanabilir. Yakıt yakma sonucunda elde edilen ısı ölçülebilir, böylece üretilen su buharı gazlı halde kalır ve sıvı suya dönüşmez. Bu durum, su buharının çiy noktasının da altında soğumadığı koşullarda ve gizli ısının buhar yapmak için uygun olmadığı koşullarda kazanın gerçek durumu sonucunda ortaya çıkar.

Amerika’da ve diğer ülkelerde, daha yüksek ısıtma değeri(HHV), daha yüksek kalorifik değer(HCV) ya da büyük kalorifik değer(GCV) kullanılır. Bu değerler, su buharının yoğunlaştırılması için gerekli gizli ısıyı içerir ve HCV’leri kullanırken maksimum %100 oranında termodinamik kullanılmalıdır.  $HCV_{kuru\ su}$ , ya da su buharı içermeyen yakıt için HCV kullanılırken  $HCV_{ıslak}$  nem içeren yakıt için kullanılır

Ancak, LCV’nin(NCV) referans değeri olarak HCV’nin yerine kullanılması durumunda, yoğunlaştırıcı kazan ilk termodinamik yasasının kırarak şekilde %100’den daha fazla “ısıtma verimliliğine” ulaşabilir.

Amerika'dan ve Avrupa'dan alınan ısıtma değerlerinin kullanılmasıyla yapılan veri kıyaslamalarında bu durumun dikkate alınması oldukça önemlidir. Ancak bu değerlerin EEI gibi oranlarda kullanıldığı koşullar altında pay ve paydada değişiklikler meydana gelir ve değerlendirme yapılamaz. Örnek olarak Tablo 1.1'de HCV ve LCV'ler gösterilmiştir.  $LCV_{yaş}$  'ın  $HCV_{kuru}$  'ya oranı 0,968 ile 0,767 arasında değişebilmektedir. HCV'ler/LCV'ler kaynağa ve süreye göre değişiklik gösterebilmektedir.

| Yakıt                                                                                                                                                                                                            | Nem içeriği<br>(% ıslak) | Hidrojen<br>içeriği<br>(kgH/kg <sub>yakıt</sub> ) | HCV <sub>kuru</sub><br>(MJ/kg) | HCV <sub>yaş</sub><br>(MJ/kg) | LCV <sub>kuru</sub><br>(MJ/kg) | LCV <sub>yaş</sub><br>(MJ/kg) | LCV <sub>yaş</sub> /<br>HCV <sub>yaş</sub><br>Oranı(ölçülemez) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Ziftli kömür                                                                                                                                                                                                     | 2                        | 4,7                                               | 29,6                           | 29,0                          | 28,7                           | 28,1                          | 0,968                                                          |
| Doğal gaz 1<br>(Uregnoi, Rusya)                                                                                                                                                                                  | 0                        |                                                   | 54,6                           | 54,6                          | 49,2                           | 49,2                          | 0,901                                                          |
| Doğal gaz 2<br>(Kansas, US)                                                                                                                                                                                      | 0                        |                                                   | 47,3                           | 54,6                          | 42,7                           | 42,7                          | 0,903                                                          |
| Ağır akaryakıt                                                                                                                                                                                                   | 0,3                      | 10,1                                              | 43,1                           | 43,0                          | 40,9                           | 40,8                          | 0,949                                                          |
| Hafif akaryakıt                                                                                                                                                                                                  | 0,01                     | 13,7                                              | 46,0                           | 46,0                          | 43,0                           | 43,0                          | 0,935                                                          |
| Kabuk kurutulmamış                                                                                                                                                                                               | 60                       | 5,9                                               | 21,3                           | 8,5                           | 20                             | 6,5                           | 0,767                                                          |
| Kabuk kurutulmuş                                                                                                                                                                                                 | 30                       | 5,9                                               | 21,3                           | 14,9                          | 20                             | 13,3                          | 0,890                                                          |
| Doğal gaz 1: CH <sub>4</sub> (97,1vol- %), C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (0,8 %), C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (0,2 %), C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (0,1 %), N <sub>2</sub> (0,9 %), CO <sub>2</sub> (0,1 %) |                          |                                                   |                                |                               |                                |                               |                                                                |
| Doğal gaz 2: CH <sub>4</sub> (84,1vol- %), C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (6,7 %), C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (0,3 %), C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (0,0 %), N <sub>2</sub> (8,3 %), CO <sub>2</sub> (0,7 %) |                          |                                                   |                                |                               |                                |                               |                                                                |

Tablo 1.1: Çeşitli yakıtlar için (örnek) düşük ve yüksek ısıtma değerleri [153, Wikipedia]

### 1.3.6.3 Arz-talep yönetimi

“Arz”; enerjinin, iletimi, dağıtılması ve tedarik edilmesi anlamına gelir. işletmeler dışında enerjinin tedarik edilmesine yönelik strateji ve yönetim biçimi (Direktifin Ek1(1.1)'inde yer alan elektrik üretimi faaliyetine ilişkin konu hakkında bilgiler mevcut olsa da) IPPC Direktifinin kapsamı dışındadır. Elektrik ya da ısı üretiminin yardımcı birimlerde ya da süreçlerde gerçekleştiği tesislerde, bu enerjinin tesisteki diğer birimler ya da işlemler için tedarik edilmesi “arz” olarak adlandırılır.

“Talep” yönetimi, bir tesisteki enerji talebinin yönetilmesi anlamına gelir. Aslında enerji verimliliğine ilişkin birçok terim bu terimle ilişkilidir. Ancak bunun iki ögesi vardır: birim başına enerji maliyeti ve birimin kullandığı enerji miktarı. Enerji verimliliğinin geliştirilmesine ilişkin kullanılan ekonomi terimleri ile fiziksel enerji terimleri arasındaki farklılığın dikkate alınması gereklidir. (bu durum EK 7.11'de daha detaylı olarak ele alınmıştır.)

## 1.4 Sanayide enerji verimliliği göstergeleri

### 1.4.1 Giriş : göstergelerin ve diğer parametrelerin belirlenmesi

Göstergelerin asıl amacı, kendi kendine analiz etme ve denetleme yöntemlerine katkı sağlamak, birimlerin, faaliyetlerin ya da işletmelerin enerji verimliliğinin karşılaştırılmasına imkân sağlamaktır. Denklem 1.1 ve Denklem 1.5 basit görünmektedir ancak özellikle bir üretim işlemi bir diğeriyle karşılaştırırken ya da göstergeler kullanırken buna bağlı konular da açıklığa kavuşturulmalıdır. Açıklığa kavuşturulması gereken konular; örn. işlem sınırları, enerji vektörleri, farklı yakıtları ve yakıt kaynaklarının kıyaslanma biçimidir.(iç ya da dış kaynaklar olması önemli değildir). Özel bir tesis için ya da tesis içi kıyaslamalar amacıyla faktörler belirlendikten sonra bu faktörlere riayet etmek gerekir.

Bu bölüm, bireysel endüstriyel üretim süreçlerinde/birimlerinde/tesislerinde enerji verimliliğini ve verimlilik göstergelerinin belirlenme biçimi konularını ele alır. Bu bölümde, ilgili konular ve enerji verimliliğindeki değişimleri ölçmek ve değerlendirmek amacıyla bu konuların nasıl ele alınması gerektiği belirtilmiştir.

Farklı birimlerden ya da tesislerden elde edilen verilerin tamamıyla doğru olduğu iddia edilmektedir. Durum böyle olsa bile bir tesisin finansman durumundan elde edilen bilgiler gizlilik ve rekabet konusunda olumsuz bir etki yaratacaktır. Bu konular ve bu konulara ilişkin göstergelerin kullanımı Kıyaslama bölümünde (3.16) açıklanmıştır.

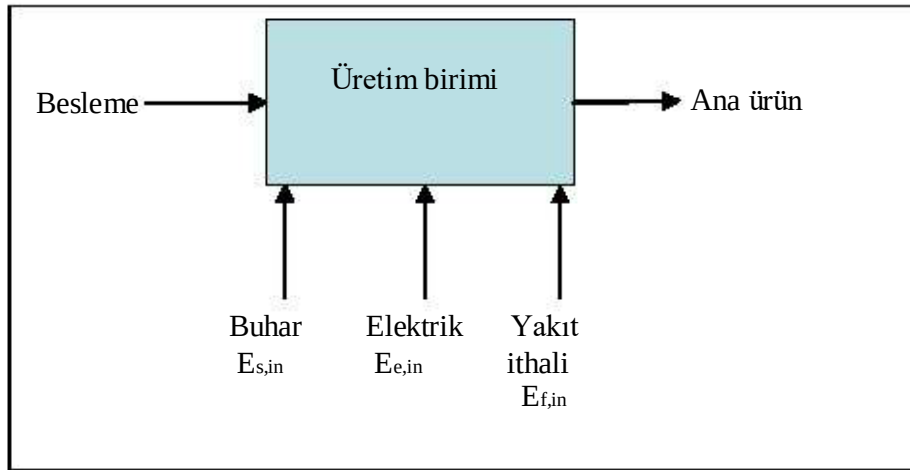
Bölüm 1.3.3'te yer alan bilgilere göre; GJ/ton, üretilen GJ/birimler, üretilen enerji /ithal edilen enerji (enerji üreten sanayilerde), enerji/m<sup>2</sup> (örn. Bobin kaplama, araba üretimi), enerji/personel vb gibi süreçlere göre en uygun oranlar temelinde göstergeler oluşturulabilir.

#### 1.4.2 Üretim birimlerindeki enerji verimliliği

Aşağıda yer alan iki örnek, SEC ve EEI kavramlarına ve önemli konulara ışık tutar.

##### 1.4.2.1 Örnek 1. Basit vaka

Şekil 1.7'de basit üretim ünitesi<sup>15</sup> gösterilmiştir. Basitçe ifade etmek amacıyla enerji ihracı gösterilmemiş, yalnızca bir besleme stoğu ve bir ürün dahil edilmiştir. Üretim işlemi buhar, elektrik ve yakıt kullanır.



Şekil 1.7: Basit üretim ünitesinde enerji vektörleri

Bu sürecin SEC'si :

$$SEC = \frac{E_{s,in} + E_{e,in} + E_{f,in}}{P} \quad \text{Denklem 1.4}$$

$E_{s,in}$  = bir miktar ürün (P) üretmek amacıyla buhar aracılığıyla işleme gönderilen enerji

$E_{e,in}$  = bir miktar ürün (P) üretmek amacıyla elektrik aracılığıyla işleme gönderilen enerji

$E_{f,in}$  = bir miktar ürün (P) üretmek amacıyla yakıt aracılığıyla işleme gönderilen enerji

P = ürün miktarı P

Denkleml.5'te çeşitli enerji vektörlerinin(enerji akışları) aynı temelde “birincil” enerji” olarak ifade edilmesi gerektiği belirtilmiştir. (bkz. Bölüm 1.3.6.1) Örneğini 1 MWh elektrik, 1MWh buhar üretiminden daha fazla enerji gerektirmektedir. Bu durumda elektrik %35-38 oranında verimlilik sağlanarak üretilirken buhar %85-89 oranında verimlilik sağlayarak üretilir. Denklem1.5'te yer alan farklı enerji vektörlerinin enerji kullanımı, birincil enerjiyle ifade edilmelidir. Bu, adı geçen enerji vektörünün üretilmesine yönelik verimi kapsar.

Enerji verimliliğinin hesaplanmasına ilişkin örnek: 1 tonluk ürün üretileceği varsayılırsa, aşağıda yer alan enerji vektörleri kullanılmalıdır:

- ☐ 0,01 ton yakıt
- ☐ 10 kWh of elektrik
- ☐ 0,1 ton buhar

Aşağıda yer alan faktörler<sup>15</sup>:

- ☐ Yakıtının daha düşük kalorifik değeri: = 50 GJ/ton
- ☐ Elektrik üretimi verimliliği = 40 %
- ☐ 25 °C'de sudan üretilen buhar ve buharın entalpisi ile suyun entalpisi arasındaki farklar: = 2.8 GJ/ton  
85 % oranında verimliliğe sahip buhar üretilir.

1 tonluk P1 ürünü üretmek için gerekli enerji tüketimi: GJ):

- ☐  $E_{f,in} = 0,01 \text{ ton yakıt} \times 50 \text{ GJ/ton} = 0,50 \text{ GJ}$
- ☐  $E_{e,in} = 10 \text{ kWh} \times 0,0036 \text{ GJ/kWh} \times 100/40 = 0.09 \text{ GJ} \text{ ( 1 kWh = 0,0036 GJ)}$
- ☐  $E_{s,in} = 0,1 \text{ ton buhar} \times 2,8 \text{ GJ/ton} \times 1/0.85 = 0.33 \text{ GJ.}$
- ☐

Bu işlemin SEC'i

$$SEC = (0,50 + 0,09 + 0,33) \text{ GJ/ton} = 0,92 \text{ GJ/ton}$$

☐ EEI'nin belirlenmesi için bu yöntemin referans alındığını varsayalım. Şimdi de tesisin birçok enerji verimliliği geliştirme teknolojiler kullandığını varsayalım. Bu durumda üretim işleminin bir yıl sonraki enerji tüketimi:

- ☐ 0,01 ton yakıt
- ☐ 15 kWh elektrik
- ☐ 0,05 ton buhar
- ☐

Bu enerji verimliliği geliştirme projeleri sonucunda ortaya çıkan yeni SEC:

$$SEC = (0,5 + 0,135 + 0,165) \text{ GJ/ton} = 0,8$$

☐ işlemdeki EEI;

$$EEI = 0,92/0,8 = 1,15$$

☐ Bu durum, üretim işleminin enerji verimliliğinin %15 arttığını gösterir.

<sup>15</sup> Resimler yalnızca örnek amaçlıdır, kesin bir bilgi vermez. Buhardan basıncı alınmaz, ancak örneğin her iki kısmında da bu eşit konumda olduğu varsayılmıştır.  
Ekserji analizi daha faydalıdır ancak bu basit bir örnekle açıklanamaz

Bu durumda, elektrik üretimindeki verimsizlikler içselleştirilmelidir (birincil enerji kullanılarak: bu verimsizlikler tesisin dışındadır.) Bu durum dikkate alınmazsa, elektrik enerjisi girdisi normalden %50 daha fazla verimliymiş gibi görünür:

$$\frac{(0,09 - 0,036)}{0,036} = 1,5; \text{ i.e. } 150\%$$

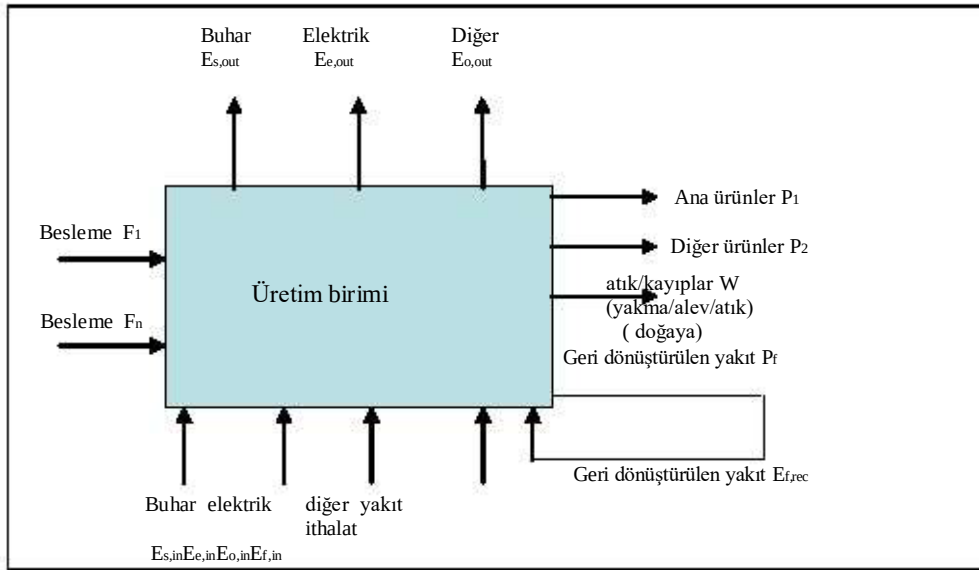
Birincil enerjinin göz ardı edilmesi örnek olarak enerji girdilerinin elektriğe dönüşmesine yol açar. Ancak bu, kaynakların uygulamasında yer alan faydalı enerji miktarının belirlemek için bu örneğin çok daha ötesinde daha karmaşık analizler yapmak gerekir (örn ekserji analizi)

Bu örnek, temel SEC'in ne olduğunu ve EEI'nin temelini bilmesi gerektiğini bildirir.

Buhar, sıkıştırılmış hava ve N<sub>2</sub> gibi sınır dışından birime, işleme ya da tesise getirilecek diğer yardımcı malzemeler için de aynı mantığın devreye girdiği bilinmelidir. (birincil enerji, bkz. Bölüm 1.3.6.1).

#### 1.4.2.2 Örnek 2. Tipik vaka

Şekil 1.8'de daha karmaşık bir durum gösterilmiştir. Burada hem enerji ihracı hem de yakıtın ya da enerjinin geri dönüşümü yer almaktadır. Bu vaka, uygun değişikliklerin yapılmasıyla birçok sanayide kullanılabilecek ilkeleri ele almıştır.



Şekil 1.8: üretim birimindeki enerji vektörleri

$$SEC = \frac{(E_{s,in} + E_{e,in} + (E_{f,in} + E_{f,rec}) + E_{o,in}) (E_{s,out} + E_{e,out} + E_{o,out})}{P_1} \quad \text{Denklem 1.5}$$

Bu genel formül, her bir üretim işlemi, birim ya da tesis için uygulanabilir ancak bunun çeşitli öğeleri özel her bir üretim işlemi, birim ya da tesis için uyarlanmalıdır. Bu gösterge birimi, (enerji birimi)/(kütle birimi) genellikle GJ/t ürün ya da MWh/t üründür. Çeşitli ürünler olabilirken ya da bir ana ürün ve önemli yan ürünler de olabilir.



Denklem 1.5'in uygulanmasında dikkate alınacak altı önemli nokta bulunmaktadır: (bazıları Denklem 1.5 için uygulanabilir):

### 1. besleme/ürün akışları ( $F_{1-n}$ , $P_1$ )

Şekil 1.8'de, ham maddenin kütle akışı yatay yönde gösterilmiştir. Besleyiciler  $F_1$ 'den  $F_n(F_{1-n})$ 'e kadar ana ürün  $P_1$  i ve yan ürünleri üretmek için kullanılan farklı ham maddelerdir. Bu yan ürünler iki parçaya ayrılır: birincisi yakıt olarak geri dönüştürülen parça( $P_f$ ), diğeri ise yan ürünlerden geriye kalan parçadır( $P_2$  )

Bu duruma ilişkin örnek:

- ☐ Enerji tüketiminin ton başına etilen için GJ olarak, ton başına olefin için GJ olarak(etilen+propilen) ya da ton başına yüksek değerli kimyasallar(olefin+butadiyen+benzen+saf hidrojen) için GJ olarak gösterildiği petrokimyasal sanayide etilen buhar parçalayıcı , Enerji tüketiminin üretilen  $Cl_2$  (ana ürün) tonu ile bağlantılı olduğu klor- alkali sektöründe, ( $H_2$  ve NaOH yan ürünlerdir)

### 2. enerji vektörleri (enerji akışları) ( $E_{in}$ )

Enerji vektörleri birim içerisinde ve birim dışında farklı enerji akışları gösterir. ithal edilen ve kullanım için ihraç edilen enerji Şekil 2.2'deki dikey düzlemde gösterilmiştir. Aşağıda yer alan enerji vektörleri ele alınmaktadır:

- ☐  $E_s$  = buhar ve/veya sıcak su
- ☐  $E_e$  = işleme dahil edilen elektrik
- ☐  $E_f$  = yakıt (gaz,sıvı, katı). Dışarıdan satın alınan yakıt  $E_f$  ile işlem içerisinde geri dönüştürülen yakıt  $E_{f,rec}$  arasındaki fark belirlenmiştir. Yakıtın tesis içinde ya da dışında kullanım için ürün olarak üretildiği durumlarda şu şekilde ele alınır:  $P_1$  ya da  $P_2$  ( $E_{f,out}$  şeklinde değil)(yukarıdaki 5. Noktaya bakınız)
- ☐  $E_o$  = diğer: Bu, üretilmek için enerjiye ihtiyaç duyan yardımcı malzemedir . Buna ilişkin örnekler sıcak yağ, soğutma suyu, sıkıştırılmış hava ve  $N_2$  (tesiste işlendiği süreç). Bu soğutma suyu üretim yapmak için enerjiye ihtiyaç duyar. (soğutma suyunun içinde dolaştığı pompaları ve soğutma kulelerindeki fanları çalıştırmak için enerji gereklidir)

Çıktı bölümünde, diğer bir işlemdeki birimde ya da süreçte fayda sağlayacak şekilde kullanılan enerji vektörleri kabul edilmektedir. Aslında işlemin soğutma suyu ya da havayla soğutulduğu durumlarla ilgili enerji Denklem 1.5'te "çıkan enerji" olarak adlandırılmamalıdır. Yardımcı malzemelerin tedarik edilmesi için kullanılan enerji ve ilgili diğer sistemler de düşünülmelidir: örn. Soğutma suyu(pompaların ya da fanların çalıştırılması), sıkıştırılmış hava,  $N_2$  üretimi, buhar izleme ve türbinlere verilen buhar için. Havaya karışan diğer ısı kayıpları ise kesinlikle faydalı enerji çıktısı olarak adlandırılmamalıdır. Bu detaylı sistemlere ilişkin bilgilerin yer aldığı Bölüm 3, verimlilikler ve kayıplar hakkında daha detaylı bilgiler içermektedir.

### 3. Farklı buhar seviyeleri ( $E_s$ ) (ve sıcak su seviyeleri)

Üretim tesisi bir veya birden fazla buhar çeşidi kullanıyor olabilir.(farklı basınç ve/veya farklı sıcaklık) Her bir seviyedeki buhar ya da su kendi verimlilik faktörünü oluşturur. Bu buhar seviyelerinin her biri  $E_s$  terimiyle ifade edilmelidir ve ekserjileri özetlenmelidir. [127,TWG]. Bkz. Bölüm 3.2(buhar)

Sıcak su (başka üretim tesisi tarafından üretilen ya da kullanılan) kullanıldığı takdirde buna benzer biçimde işlenmelidir:

#### 4. Atık madde akışı(W) ve enerji kayıpları

Her işlem belirli miktarda atık üretir ve enerji kayıplarına neden olur. Bu atıklar katı, sıvı, gaz olabilir ya da:

- ☐ Düzenli depolama alanlarına gönderilir (yalnızca katı maddeler)
- ☐ Enerji geri kazanımı ile ya da enerji kazanımı olmadan yakma
- ☐ Yakıt olarak kullanım ( $P_f$ )

Bu buhar sistemine ilişkin konular Bölüm 1.5.2.3'te daha detaylı olarak ele alınacaktır.

Yakma tesislerinde tespit edilen enerji kayıpları:

- ☐ Uçucu baca gazı
- ☐ Tesis duvarlarından sızan radyasyon ısı kayıpları
- ☐ Cüruf ısısı ya da kül ısısı
- ☐ Isı ve yakılmayan malzemelerden gelen oksidize edilmemiş karbonlar

#### 5. Yakıt, ürün ya da atık ( $E_o$ , $P_f$ )

Resim1.8'de, yakıt ihraç edilmiş enerji vektörü olarak gösterilmemiştir. Bunun sebebi, bu yakıtın( $P_1$  Ya da  $P_2$ , ya da  $E_f$  olarak düşünülebilir)enerji taşıyıcısından çok ürün olarak düşünülmesidir. Bir diğer sebep de yakıtı verilen yakıt değerinin üretim tesisine giden beslemeye tekabül etmesidir. Rafinerilerde ve kimya sanayinde bu dönüşüm standarttır.

Diğer sanayiler farklı uygulamalar benimsemiş olabilirler. Örneğin; klor-alkali sanayinde işletmeciler  $H_2$  'yi( $Cl_2$ 'nin ve üretilen  $NaOH$ 'nin yan ürünü)) enerji vektörü olarak kabul ederler. Bu  $H_2$  'nin daha sonra kimyasal madde ya da yakıt olarak kullanıldığını göz ardı ederler (alevlenen  $H_2$  kabul edilmez)

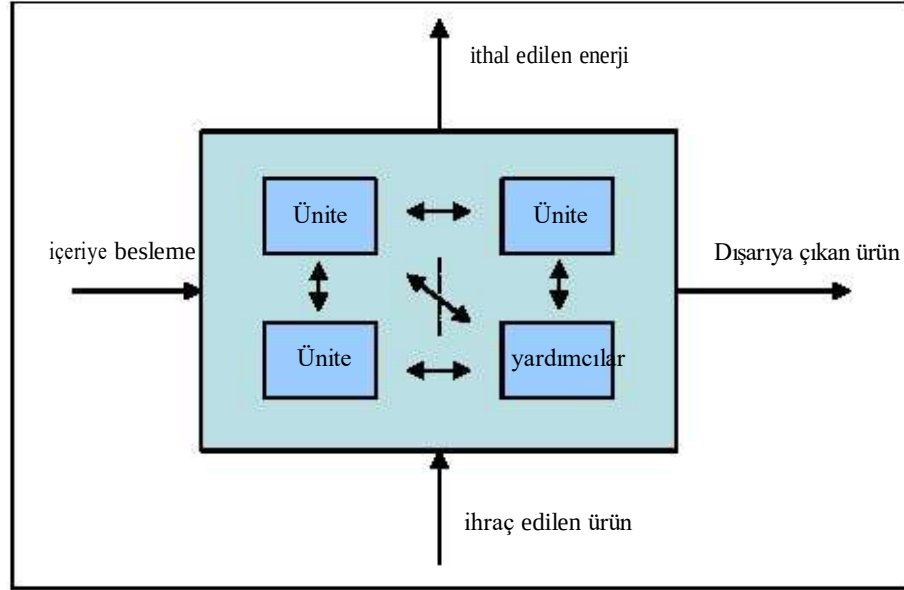
Bu yüzden besleme, ürünler, ithal ve ihraç edilen enerji taşıyıcılar gibi belirli sanayi sektöründe yer alan birimler için enerji verimliliğine yönelik kuralların belirlenmesi çok önemlidir. (ayrıca bkz. Atık ve alev geri kazanımı, Bölüm 1.5.2.3)

#### 6. hesaplananlar ya da tahmin edilenler

Denklem 1.5, üretim işlemindeki farklı enerji vektörlerinin bilindiğini varsaymaktadır. Ancak tipik üretim işleminde farklı yardımcı malzeme(örn. Soğutma suyu, nitrojen, buhar izleme, türbine giden buhar ve elektrik) tüketimi gibi bazı parametreler her zaman ölçülmez. Genellikle yalnızca üretim işleminin başlıca bireysel yardımcı malzeme tüketimi ölçülür(süreci kontrol etmek için, örn. Isı değiştirgecine giden buhar, kazana giden yakıt gibi) Toplam enerji tüketimi bazıları ölçülebilen, bazıları ise "tahmin edilebilen" birçok bireysel katılımcının toplamıdır. Tahmine yönelik kurallar mutlaka belirlenmeli ve açık bir biçimde belgelendirilmelidir.(bkz. bölüm 1.5 ve 2.10)

### 1.4.3 Bir tesisin enerji verimliliği

Karmaşık üretim tesisleri birden fazla üretim süreci/birimi işletmektedir. Tüm tesisin enerji verimliliğinin belirlenmesi için tesisin işlem üniteleri ve yardımcı üniteler gibi küçük ünitelere ayrılması gerekmektedir. Üretim tesisi çevresindeki enerji vektörleri Şekil 1.9'da şematik olarak yer almaktadır.



Şekil 1.9: bir tesisin enerji verimliliği

Üretim tesisi, her birinin kendine özgü enerji yoğunluğu faktörüne sahip olduğu farklı türde ürünler üretebilir. Bu sebeple bir tesis için mantıklı bir enerji verimliliği göstergesi belirlemek kolay değildir. Gösterge aşağıdaki gibi gösterilir:

$$EEI = \frac{\sum_{i,j} P_{i,j} \cdot SEC_{refj}}{\text{ilgili zaman diliminde tesiste kullanılan enerji}}$$

$P_{i,j}$  = birimlerden çıkan ürünlerin toplamı

$SEC_{refj}$  =  $SEC$  ürünler için  $SEC$  referansı,  $j$

Bu formül, Bölüm 1.3.3'te 3.noktada yer alan formülün aynısıdır. Tek fark Bölüm 1.3.2'deki farklı üretimlerle ilişkili formülün bir üretim hattında gerçekleştirilmiş olmasıdır. Ancak burada (bölüm 1.4.3'te) farklı üretim hatlarında yapılan farklı üretimler gösterilmektedir.

Üretim tesisini üretim birimlerine ayırırken (bkz. Bölüm 2.2.2) yardımcı merkez mantıklı bir şekilde düşünülmelidir. Yardımcı merkez birden fazla ürün için yardımcı malzeme ürettiği için ayrı (başlı başına) bir üretim birimi olarak düşünülmektedir. Aynı şekilde, yardımcı malzeme başka bir işletmeci tarafından tedarik edilebilir. (örn. bkz. ESCOs, bölüm 7.12)

Yardımcı bölüm kendi içerisinde çeşitli kısımlara ayrılabilir: örneğin depolama ve yükleme/boşaltma alanına ilişkin kısım, sıcak yardımcı malzemelere ilişkin kısım, (buhar ve sıcak su) ve soğuk yardımcı malzemelere ilişkin kısım (soğutma suyu,  $N_2$ , sıkıştırılmış hava) gibi. Bölüm 1.5, birincil ve ikincil enerjilerin tartışıldığı kısımda yardımcı malzemelerden alınan enerji vektörlerinin hesaplanmasını ele alır.

Aşağıda yer alan denklem her zaman kontrol edilmelidir:

$$\text{Tesiste kullanılan enerji} = \sum_{i=\text{birimler}} \text{SEC}_i \cdot P_i + \text{yardımcı bölümde kullanılan enerji}$$

$$\text{SEC}_i = \text{SECs i birimleri için SEC toplamı}$$

### Birimlerin farklı tesislerde toplanması

Bu duruma ilişkin örnek buhar parçalayıcıdaki petrolle hidrojen muamele edicidir. Petrol, buhar parçalayıcının yardımcı ürünüdür. (bu yüzden bölüm 1.8’de  $P_1$  yerine  $P_2$  olarak gösterilmiştir). Petrol ürünlerine eklenmeden önce mevcut olefinleri ve diolefinleri doyumak için ve sülfür bileşenlerini ortadan kaldırmak için hidrojenle muamele edilmelidir.

Pek çok işletmecisi petrol muamele ediciyi, buhar parçalayıcının ayrı bir ünitesi olarak görmektedir. Ancak bazı tesislerde petrol muamele edici, parçalayıcı ile entegre edilmiştir bu yüzden bazen parçalayıcı sistemin sınırları içerisinde gösterilir. Sistem sınırları içerisinde petrol muamele ediciyi barındıran bu parçalayıcılar, petrol muamele edici barındırmayanlara göre daha fazla enerji harcama eğilimi gösterir. Bu tabi ki enerji verimliliklerinin daha az olduğu anlamına gelmez.

Bu yüzden tesis içerisindeki enerji yönetiminin faaliyete geçirilmesi için aşağıda yer alan koşullar gereklidir:

- ☐ Tesisi üretim ünitelerine ayırmak ve bu üretim ünitelerinin sistem sınırlarını dahil etmek (ayrıca bkz. Bölüm 1.5.). Tesisin üretim ünitelerine ayrılması üretim tesisinin karmaşıklığına bağlıdır ve bu işlem her durumda sorumlu operatör tarafından gerçekleştirilmelidir.
- ☐ Tesis içinde ve dışında ve farklı üretim üniteleri arasındaki enerji akışını açıkça belirlemek (Şekil 1.9’daki birim kutucuları)
- ☐ Üretim ve /veya yardımcı malzemeler sebebiyle ortaya çıkan gerekli değişiklikler( ya da şirket veya sektör düzeyinde tesis için farklı bir temel benimseme) dışında belirlenen bu sınırlar korunmalıdır

Bu bölüm, belirlenen üretim işleminin enerji verimliliğinin belirlenme ve hesaplanma yöntemi hakkında bilgi vermektedir

## 1.5 Enerji göstergelerinin verimliliğini belirlerken göz önünde bulundurulacak hususlar

Bölüm 1.3 enerji verimliliği belirleme yöntemlerini ele almıştır ve birincil ve ikincil enerji gibi önemli konulara açıklık getirmiştir. Bu bölüm ayrıca yardımcı malzemeler ve/veya sistemler için enerji verimliliği kavramını açıklamıştır. Bölüm 1.4.2 ve 1.4.3 bir üretim birimi için baştan aşağı düşünülen perspektifle enerji verimliliğinin geliştirilmesine ilişkin yöntemlere değinmiştir. Ayrıca karşılaşılan sorunlar ele alınmıştır.

Bu bölümde;

- Bölüm 1.5.1 enerji verimliliğinin optimize edilmesinde doğru sistem sınırlarını belirlemenin önemine vurgu yapmaktadır. Aşağıdan yukarıya doğru yol alan bir yaklaşımla, tamamlayıcı kısımların ve sistemlerin enerji verimliliğinin etkilerini ele alır.
- Bölüm 1.5.2 işletmeci tarafından ele alınacak daha detaylı ve önemli konuları kapsar. Ayrıca enerji verimliliği ve enerji verimliliği göstergeleri tanımlanırken dikkate alınması gereken noktaları dile getirir.

### 1.5.1 Sistem sınırının belirlenmesi

[5, Hardell and Fors, 2005]

Aşağıda yer alan sistemler tek tamamlayıcıları, alt sistemleri ve sistemleri ele alır, enerji verimliliğinde hangi yöntemlerle gelişmeler kaydedilebileceğini gösterir. Örnekler firmalara ait tipik enerji verimliliği değerlendirmelerine dayanmaktadır. Bu örnekler, gerekli yardımcı malzeme için bir sistemin çok düşük düzeyde değerlendirilmesinin yol açtığı etkileri göstermektedir. (alt sistemin tamamlayıcı ya da yardımcı kısımlarında)

Bölüm 1.2.2.1’de ve EK 7.1.1’de yer alan fiziksel enerji verimliliği<sup>16</sup>:

$$\text{Enerji verimliliği } \eta = \frac{\text{Enerji çıktısı}}{\text{Enerji girdisi}} \quad (\text{genellikle \% olarak gösterilir})$$

iş (W) = bileşen, sistem ya da işlem tarafından gerçekleştirilen faydalı iş miktarı (joule)

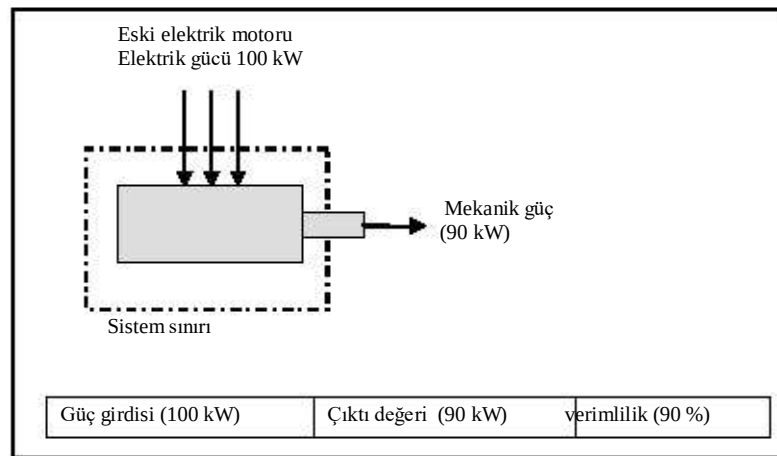
enerji(E) = bileşen, sistem, işlem ya da malzeme tarafından kullanılan enerji miktarı(joule)

$$\text{Enerji verimliliğindeki gelişme(değişim)} = \frac{\text{Kullanılan enerjideki değişim}}{\text{Gerçekteki enerji kullanımı}}$$

Örnek: sistem 1. Elektrik motoru

Eski elektrik motoru

Bir şirket, mevcut motor sürücüler üzerinde bir araştırma yapmıştır. Eski motorların elektrik gücü girdisinin 100 kW olduğu tespit edilmiştir. Motor verimliliği %90’ dır ve buna göre mekanik çıktı 90 kW’dır. (bkz. Şekil 1.10)



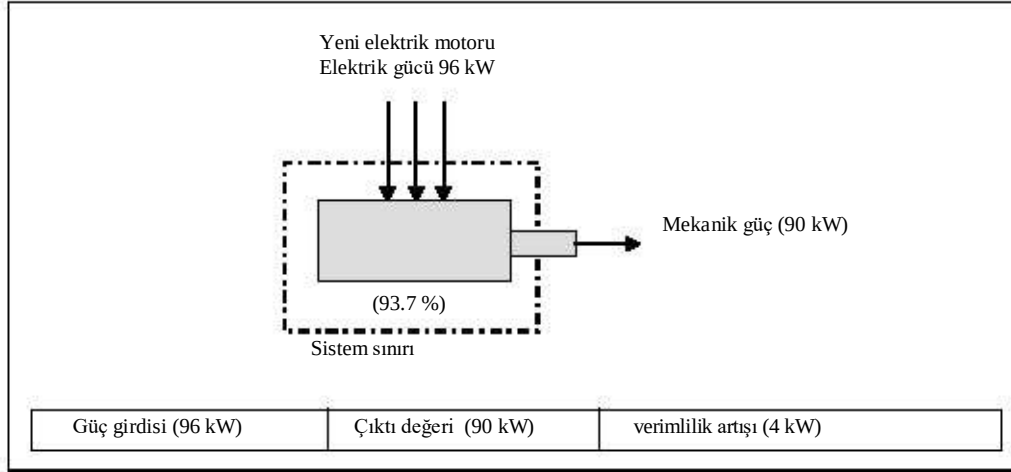
Şekil 1.10: sistem sınırı-eski elektrik motoru

<sup>16</sup> İngilizce’de enerji verimliliği burada kullanıldığı haliyle bir işlemin ya da parçanın enerji verimliliği anlamına gelir. Bu terim Fransızca'da 'rendements énergétiques' olarak geçer.

Yeni elektrik motoru

Verimliliği artırmak amacıyla motor yüksek verimlilik sağlayan başka bir motorla değiştirilmiştir. Bu değişimin etkileri Şekil 1.11’de görülmektedir. Üretim yapmak için gerekli elektrik gücü aynıdır, 90 kW ve yeni motorun yüksek verimliliği sayesinde 96 kW olmuştur. Enerji verimliliği 4 kW kadar artmıştır.

$$\text{Enerji gelişimi} = 4/100 = 4 \%$$



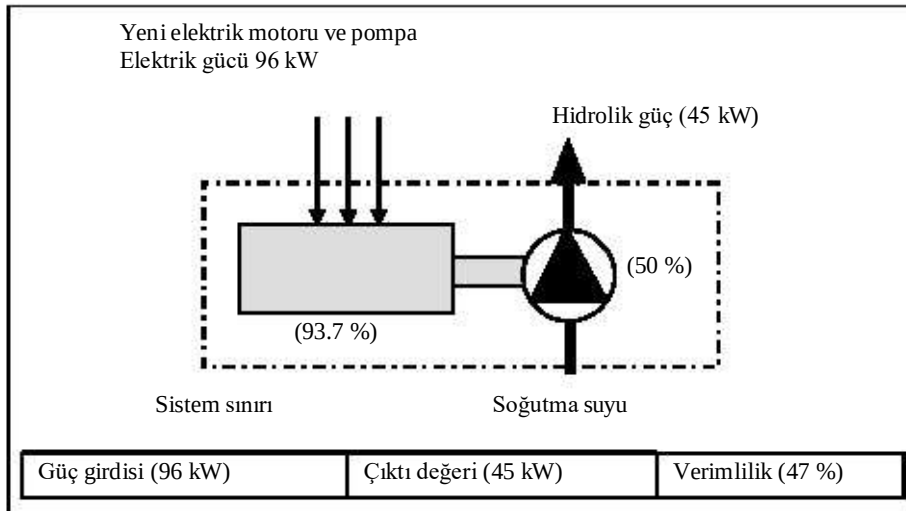
Şekil 1.11: sistem sınırı – yeni elektrik motoru

Örnek : sistem 2: Elektrik motoru ve pompa

Resim1.12’de gösterildiği gibi, elektrik motoru soğutma sistemi için soğutma suyu sağlayan pompayı çalıştırmak için kullanılmaktadır. Motor ve pompa kombinasyonu burada alt sistem olarak anılmaktadır.

Yeni elektrik motoru ve eski pompa

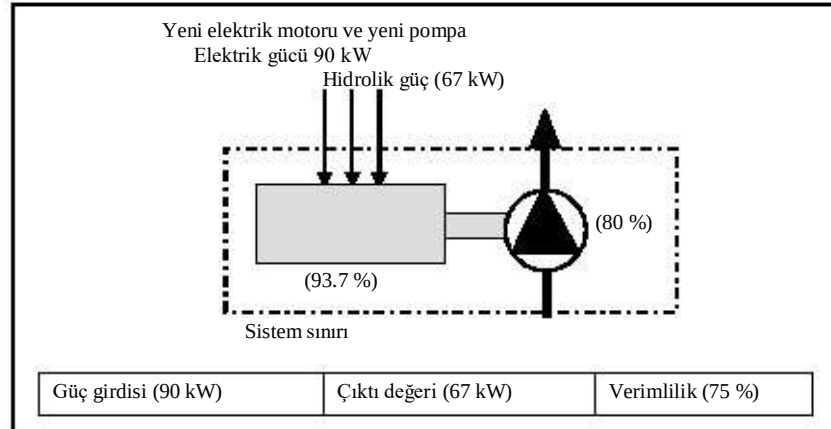
Bu alt sistemin çıktı değeri soğutma suyu akışı ve basınç formundaki hidrolik güçtür. Pompanın veriminin düşük olması nedeniyle çıktı değeri 45 kW olarak kalmıştır.



Şekil 1.12: sistem sınırı – yeni elektrik motoru ve eski pompa

### Yeni elektrik motoru ve yeni pompa

Eski pompa yeni pompayla değiştirilmiştir ve böylece pompa verimliliği %50'den %80'e ulaşmıştır. Değişime ilişkin sonuçlar aşağıdaki resimde gösterilmiştir. (Şekil 1.13)



Şekil 1.13: sistem sınırı-yeni elektrik motoru ve yeni pompa

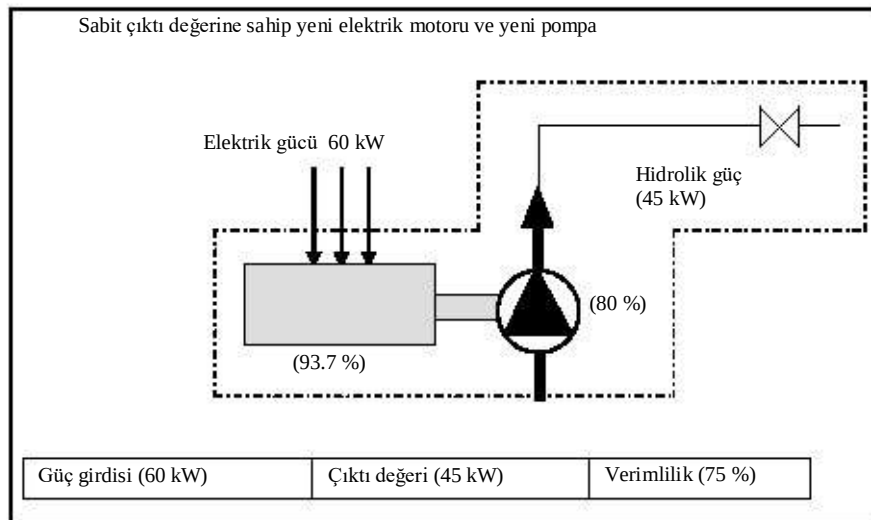
Yeni alt sistemin verimliliği bir öncekinden daha fazladır. Hidrolik güç 45 ten 67 kW'a çıkarılmıştır. Enerji verimliliğindeki artışa ilişkin açıklamalar için Bölüm 1.3.1)

$$EEF = \frac{\text{verimlilik}}{\text{referans verimlilik}} = \frac{75}{47} = 1.60 \text{ (enerji verimliliğinde \% 60 oranında artış)}$$

Örnek : Sistem 3. Sabit çıktı değerine sahip yeni elektrik motoru ve yeni pompa

Şekil 1.12'de de belirtildiği gibi, soğutma sistemi 45 kW'lık hidrolik güçte bile çalışmaktadır. Hidrolik gücün %50'den %67'ye çıkarılmasının yararları belli değildir ve pompa kayıpları, kontrol kapağı ve boru sistemine dönüştürülmüş olabilir. Bu, bileşenlerin daha tasarruflu alternatiflerle değiştirilmesine yönelik bir amaç içermemektedir.

Soğutma sistemine ilişkin daha kapsamlı çalışmalar 45kW'lık hidrolik gücü yeterli bulabilir ve bu durumda mil gücü  $45/0,8 = 56 \text{ kW}$  olarak hesaplanabilir. O halde, motoru çalıştırmak için gerekli elektrik gücü yaklaşık  $56/0,937 = 60 \text{ kW}$  olmalıdır.



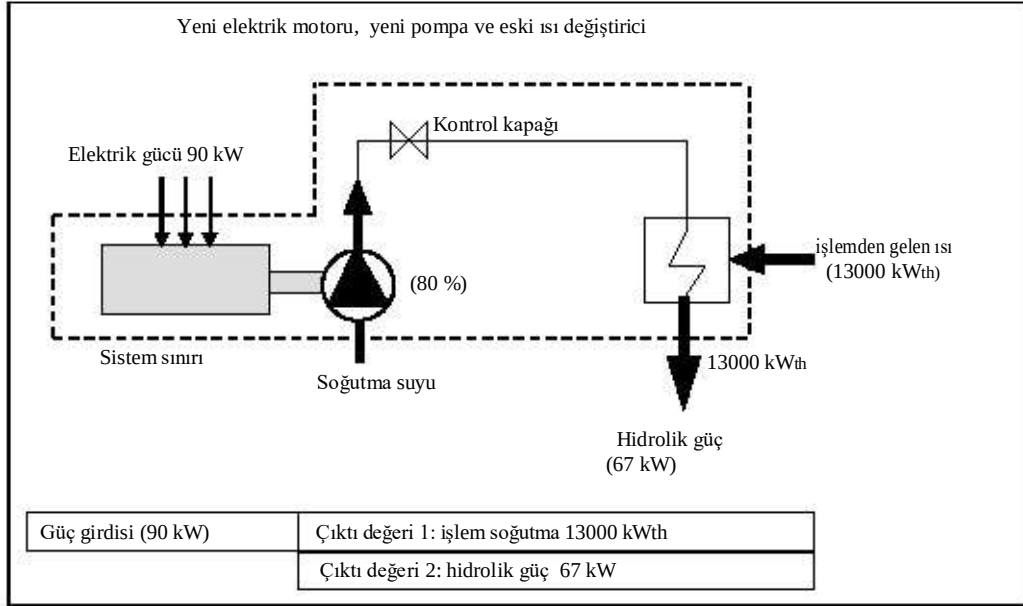
Şekil 1.14: sabit çıktı değerine sahip yeni elektrik motoru ve yeni pompa



Bu durumda güç girdisi öncekine göre 40 kW daha azdır. (bkz. Şekil 1.10). Verimlilik oranı %75'te kalır fakat 1. Sistemdeki (eski motor ve tahminen eski pompa) güç tüketimi %40 oralar düşürülürken 2. Sistemde(yeni motor, yeni pompa) bu oran %33 olarak gösterilmiştir. Motorun ve pompanın boyutlarını soğutma işlemine zarar vermeyecek şekilde küçültmenin mümkün olduğu durumlarda ya da hidrolik gücün 20kW'a düşürülmesi için birtakım değerlendirmeler dikkate alınmalıdır. Bu durum enerji verimliliğindeki gelişmeleri göstermiştir. Bu durum ayrıca malzemeler için harcanan ama sermaye miktarının azaltılmasına yardımcı olabilir.

Örnek: Isı değiştiriciyle donatılmış Sistem 4. ve Sistem 3

Şekil 1.15'te, sistem sınırı genişletilmiş ve alt sistemde yeni motor, yeni pompa ve soğutma işlemi için eski bir ısı değiştirici yer almaktadır. işlemi soğutacak güç 13 000 kW<sub>th</sub> (th = termal).



Şekil 1.15: yeni elektrik motoru, yeni pompa ve eski ısı değiştirici

Çıktı değerleri, artan su akışı ve basınca bağlı olarak proses ısısının ve hidrolik gücün ortadan kaldırılmasıdır.

Ancak bu yardımcı sistemin tanımlanmasında, (bkz. Bölüm 1.3.1 ve 1.4.1), sağlanan yardımcı hizmet soğutma işlemidir. Sistem, işlem için 13 000 kW<sub>th</sub>'lık soğutma sağlamak için tasarlanmıştır. Sistemdeki proses ısısının bir etkinliği yoktur ve çıktı değeri boşa gitmiştir. Girdi/çıkıtları temelinde hesaplama yapıldığında 3.sistemdeki gibi verimlilik %75'te kalmıştır. Ancak SEC temelinde ve belirli miktarda soğutma sağlamak için tedarik edilen enerji üzerinden de hesaplanabilir. (bkz. Bölüm 1.3.1):

$$SEC = \frac{\text{Kullanılan enerji}}{\text{üretilen ürünler}} = \frac{(\text{ithal edilen enerji-ihraç edilen enerji})}{\text{ürünler/çıkıtlar}} = \frac{\text{soğutma sisteminde kullanılan enerji}}{\text{sağlanan hizmet}}$$

$$= \frac{90 \text{ kW}}{13 \text{ 000 kW}_{th} \text{ soğutma}} = 0,00177 \text{ kW} / \text{kW}_{th} \text{ soğutma} = 1,77 \text{ W} / \text{kW}_{th} \text{ soğutma}$$

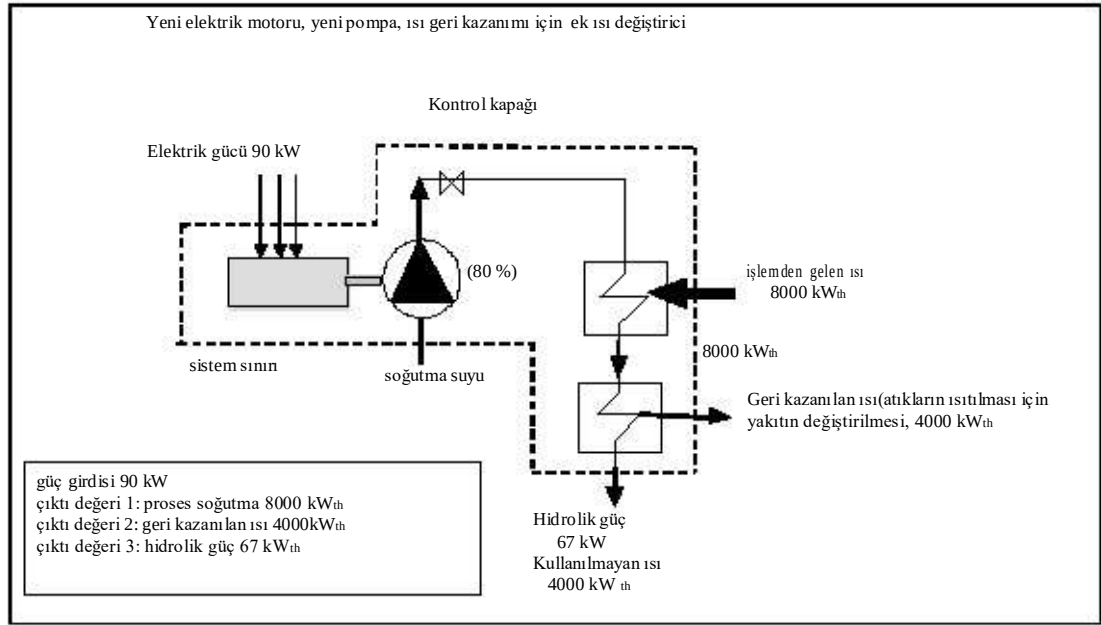
Soğutma gereksinimleri azaltılırsa (örn. 8000 kW'lık soğutma işleminde kesinti sonucunda, SEC 2,88 W/kW<sub>th</sub> olur) Bölüm 1.3.1'de belirtildiği gibi, bu SEC'deki bir yükseliş ve enerji verimliliğinde de bir kayıptır)

$$\frac{(2,88 - 1,77)}{1,77} = 62 \%$$

Not: bu hesaplama, işlem soğutma verimliliğiyle ilgili değildir, yalnızca soğutma sisteminin enerji verimliliğiyle ilgilidir.

Örnek : Sistem 5: Isı geri kazanımının yer aldığı 4. Sistem

Çevresel kaygılar nedeniyle, bir firma tarafından alına karara göre, karbon ve nitrojen oksit salınımlarının soğutma suyundan ısının geri dönüştürülmesi ile düşürülmesi için birtakım adımlar atmıştır. Böylece yapılan işleme göre ısıtma tesisinde yağ kullanımı azaltılması hedeflenmiştir. (bkz. Şekil 1.16):



Şekil 1.16: yeni elektrik motoru, yeni pompa ve iki adet ısı değiştirici

Soğutma sistemindeki girdilere ve çıktılara özellikle bağlı olan bu hesaplama:

$$\frac{\text{Soğutma sisteminde kullanılan enerji} = 90 - 67 \text{ kW}}{\text{Hizmet}} = \frac{23 \text{ kW}}{4000 \text{ kW soğutma}}$$

$$= 0,00575 \text{ kW/kW}_{th} \text{ soğutma} = 5,75 \text{ W/kW}_{th} \text{ soğutma}.$$

4. sistemdeki hesaplamalarla karşılaştırılınca akaryakıtla çalıştırılan ısıtma tesisinde verimlilik artarken, bu durumda verimlilik düşüş göstermiştir

Isı geri kazanımına ilişkin düzenlemelerin enerji verimliliğinde artış sağladığı çok açıktır. Isı geri kazanımının gerçek değerini daha detaylı olarak hesaplamak için akaryakıt yakma ile çalıştırılan tesisin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Akaryakıt tüketiminin düşüş değeri ve ısıtma tesisinden gelen sıcak ve uçucu gazlardan sağlanan ısı geri kazanımının azalması dikkate alınması gereken bir konudur.

Bu durumda diğerleri gibi alt sistemler de birbirine bağlıdır ve bu, bir alt sistemin enerji verimliliğinin diğer alt sistemin enerji verimliliğini etkilediği anlamına gelir.

#### 1.5.1.1 Sistem ve sistem sınırlarına yönelik sonuçlar

Bir tesisi, yardımcı birimleri ya da sistemleri temel alınarak düşünülmelidir. Yapılan yatırımın geri kazanılmasının en iyi yolu belki de tüm tesisin ve bu tesise bağlı birimleri ve sistemlerin dikkate alınmasıdır. (örn. STS BREF'lerinde, bkz. Genel MET 13 ve 14, ve Arabaların kaplanması ile ilgili MET 81). Aksi takdirde, (yukarıda 1. Ve 2. Sistemde görüldüğü gibi) bireysel öğelerin değiştirilmesi; yanlış ebatlardaki malzemelere yatırım yapılmasına ve böylece en etkili verimlilik tasarruflarının değerlendirilememesine yol açabilir.

Enerji verimliliğinin artırılması için gerekli hizmetin(ısıtma, soğutma) sağlanabilmesi açısından sistemlerin ya da alt sistemlerin tümüyle değiştirilmesi ya da farklı yollarla modifiye edilmesine yönelik gereksinimlerin belirlenmesi amacıyla birtakım araştırmalar yapılmalıdır.

Birimler/sistemler mutlaka:

- ☐ Uygun düzeyde sınırlar ve ilişkiler bağlamında belirlenmelidir.
- ☐ Gerekli hizmetleri ve ürünleri sağlamalıdır.
- ☐ Gerekli ürün ve hizmet için mevcut ya da planlanan ihtiyaçlar bağlamında değerlendirilmelidir. (geçmişteki tesisler için değil)

Bir tesis için maksimum enerji verimliliği, maksimum verimliliğe ulaşmak amacıyla bir ya da birden fazla sistemin verimliliğinin de-optimize edilmesi anlamına gelmektedir. (Matematiksel terimlerle ifade edilebilir ya da diğer değişimler bireysel bir sisteme yönelik hesap faktörlerini değiştirebilir. Ancak daha fazla enerji kullanımına sebep olmaz.)

## **1.5.2 İşletme düzeyinde ele alınması gereken diğer önemli konular**

### **1.5.2.1 Raporlama işlemlerinin kaydedilmesi**

İşletme düzeyinde, raporlama için bir teknik benimsenmeli ve kullanılmalıdır. Enerji verimliliği hesaplamaları için sınırlar, sınırlardaki değişiklikler ve işletimsel faaliyetler iç ve dış tarihsel verilere göre belirlenmelidir. Bu durum, yıllar arasında kıyaslanmanın yapılabilmesi ve yorumlanması açısından yararlı olacaktır.

### **1.5.2.2 İç üretim ve enerji**

Birçok işlemde (örn. rafinerilerde kâğıt hamuru ve kâğıt sanayisinde siyah likör) üretilen yakıt tesis içerisinde tüketilir. Bir işlemin verimliliği değerlendirilirken bu yakıttaki enerjiye bakılması önemlidir. Aslında Bölüm 2.2.2’de belirtildiği gibi ham petrolün %4-8’inin tesis içinde sıvı ya da gazlı yakıt olarak kullanılmasıyla rafinerilerde düşük enerji tüketiminin gerçekleşmesi beklenmektedir. Buna ek olarak, rafineriler; elektrik, buhar ve doğal gaz ithal edebilirler. Rafineri kojenerasyonla donatılabilir ve iç yakıt tüketimini artırırken elektrik ihraç edebilir. Denklem 1.1 ve Denklem 1.3’e göre, kojenerasyon tesisiyle donatılan bir rafineri net bir enerji ihracatçısı olarak görülmektedir çünkü rafineriler yüksek miktarlarda enerji tüketir.

Açıkkası bu, gerçeği yansıtmamaktadır çünkü rafineriler yüksek miktarda enerji tüketmektedir. Bir işletmedeki koşulların belirlenmesi için sistem sınırları ve enerji vektörleri belirlenmelidir, belirlemenin ardından bu göstergelere uyulmalıdır.

### **1.5.2.3 Atık ve alev geri kazanımı**

Herhangi bir işlem, bir miktar katı, sıvı ya da gazlı atık üretir. Bu atıklar içeride ve dışarıda geri kazanılabilir enerji değerine sahiptir. Katı ve sıvı atıklar, dışarıdaki yakma tesislerine ihraç edilebilir, gazla ise yakılabilir. (bkz. Bölüm 3.1.5)

### Atıklar

Örnek: bir atık öncelikle dışarıdaki yakma tesislerinde ithal edilir. Üretim tesisi bu atığı tesis içerisinde kazanları ya da ocakları yakmak için yakıt olarak kullanabilir ancak bu atıkların; üretim biriminin/tesisinin enerji verimliliğinin artırıp artırmadığı saptanmalıdır.

- ☐ Bu atığın içeride kullanılması dışarıdan alınan yakıt miktarında azalma sağlayabilir ancak toplam enerji tüketimi aynı değerlerde kalabilir.
- ☐ Diğer taraftan, atık yakma şirketi, bu atığın yakıt değerlerinin buhar üretimi aracılığıyla geri kazanıldığı tesise sahip olabilir. Bu durumda üreticinin ve yakma şirketinin genel durumuna bakıldığında, atık suyun bir yakma tesisine gönderilmesi yerine içeride yakıt olarak kullanılması amacıyla yeniden yönlendirilmesi enerji verimliliğinde iyi gelişmelerle sonuçlanmayabilir.

Not: Dışarıda yakma yerine tesis içerisinde kullanım, ticari kaygılardan kaynaklanmaktadır, enerji verimliliğiyle ilgisi yoktur.

Sonuçlar için aşağıda yer alan “genel” başlığında yer alan bilgilere bakınız. Alevler Alevler sanayi için güvenlik araçlarıdır ve mineral yağı rafinerileri, petrol depoları sahası, kimyasal tesisler ve düzenli depolama alanları gibi tesislerde atık gazları havalandırmak için güvenli kullanılmaktadır. Atık gazlar için boşaltım hattı olarak kullanılması sahip olduğu ikinci bir işlevdir<sup>17</sup>. İyi tasarlanan ve işletilen tesisler, normal işletme koşulları altında alev doğru az miktarda akış gösterirler. Ancak birçok tesis, sızan emniyet supabı ve depolama tankerlerinin yükleme-boşaltma faaliyetleri için havalandırma sebebiyle oldukça az miktarda alev elde etmektedirler.

Aleve gönderilen herhangi bir gaz, alev içerisinde bulunan enerjinin geri dönüştürülmeden yakılır. Alev gazı deri dönüşüm sistemi kurmak mümkündür. Bu sistem, bu az miktarı korur ve tesisin yakıt gazı sistemine geri dönüştürür.

Örnek: Daha önce alev gazı geri dönüşüm sistemi bulunmayan bir üretim işleminin operatörü bu sistemin kurulmasına karar verebilir. Bu sistem, işlemin toplam yakıt gazı tüketimi aynı kalırken, yakıt gazının dış kullanımı azaltacaktır. Operatörün, bu yakıt gazı geri dönüşüm sisteminin enerji verimliliği açısından nasıl ele alındığını bilmesi gerekir. Bir üretim işlemi kendi alev kayıplarını önlemenin yanı sıra, tesisteki diğer üretim işlemlerinin alev kayıplarını da önliyorsa bu sistem daha da önem kazanır.

Sonuçlar için aşağıda yer alan “genel” başlıklı bölümde yer alan bilgilere başvurunuz.

### Genel

Bölüm 1.4.2.2’deki 1.5 Denklemine göre, atığın yakıt olarak geri dönüştürülmesine yönelik hiçbir bilginin yer almadığını göstermektedir. Ancak, içeride geri dönüştürüldüğünde yakıt ithalatının( $E_{f, in}$ ) değerini düşürmek için kullanılabilir. Enerji dış yakma tesisinde geri kazanılırken bu durum birincil enerjinin hesaplanmasına benzer( bkz. Bölüm 1.3.1) ve aynı yöntemle içeriye alınabilir. Belirli bir işlem için üretilen atık miktarına ilişkin ve hangi aşamaya kadar geri dönüştürüleceğine dair kaynak teşkil edecek bir uygulama belirlemek, operatörlerin, atıkları kaynak vakada yer alan durumdan daha etkin bir şekilde kullanmalarını sağlamak mümkün olabilir. Ancak enerji içeren atık miktarı tesis içerisinde üretiliyorsa, tesisin enerji girdisi ile oranlı)durum biraz daha karmaşık hal alır.

<sup>17</sup> Bu duruma istisna akaryakıtın drenajı olarak gösterilebilir. Çünkü bu esnada pompalanan yakıtta bulunan gazın boşaltılması için alev kullanılır. Diğer sanayiler için, özellikle zehirli gazlar varsa atık gaz iyileştirme için alevlendirmeden çok yakma işlemi daha uygun olur. Ancak alevin en büyük avantajı yakıcıdan çok daha yüksek ciro sağlamasıdır.

Yukarıda yer alan gözlemlerden yola çıkarak, bir birimin ya da işlemin SEC/EEI'sini belirlemek için çerçeve oluştururken atıkla hangi yollarla başa çıkılacağına yönelik birtakım kurallar üzerinde anlaşmaya varılmalıdır. Farklı sanayi sektörleri farklı uygulamalar içerebilir ve atığın iç kullanımını enerji verimliliği için değerlendirebilir. Ancak her sektörde ya da şirkette önemli olan standart uygulamaların kullanılmasıdır.

Ayrıca her bir sanayi bu atıklarla başa çıkma yollarını belirlemeli ve rekabet içerisinde olan işlemler arasında eşit bir kıyaslama yapılmasına olanak sağlamalıdır. İşletme düzeyinde, raporlama için bir adet uygulama kabul edilir ve işleme konur. Farklı yıllar arasındaki kıyaslanmanın devam ettirilebilmesi için iç ve dış tarihsel verilerdeki değişiklikler belirlenmelidir.

#### **1.5.2.4 Yük faktörü (artan üretim sonucunda SEC'in azaltılması)**

Artan üretim oranı ile özel enerji tüketiminin azaltılması oldukça normaldir ve iki faktör sebebiyle ortaya çıkar:

- ☐ Üretim oranının yüksek olduğu zamanlarda üretim malzemesinin çok uzun dönemler boyunca çalışması. Bu, gereksiz süreçlerin daha da kısalması anlamına gelir. Bazı türdeki malzemeler üretim olmadığı zamanlarda bile hiç durmadan çalışırlar. Bu süre dilimleri üretim yapılmayan süre daha da kısaldığında düşürülmelidir. Üretim kapasitesinin yardımcı elemanlarına bağlı olmayan temel enerji tüketimi mevcuttur. Bu tüketim, malzemenin çalıştırılması ve sıcaklığının korunması (herhangi bir üretim olmadan, bkz. Duyarlı ısı, bölüm 1.5.2.10), ışık kullanımı, havalandırma için fanlar ve ofis makinaları ile bağlantılıdır. Binaların ısıtılması da üretim oranından bağımsızdır ancak dışarıdaki sıcaklığa bağlıdır. (Şekil 1.17'de gösterildiği gibi) Daha yüksek üretim oranlarında bu tüketimler daha fazla ürüne (tonlarca) yayılır.
- ☐

Yük faktörünün , birim ya da tesisin gerçek enerji verimliliği üzerindeki etkisini kırmak için işletmeci sektöre, tesise ya da birime özgü düzeltme faktörlerini kullanabilir. Bunun gibi, tesisin ya da birimin ana yükü hesaplanabilir, ölçülebilir ya da tahmin edilebilir. (örneğin farklı üretim oranlarından bir çıkarım yapılabilir.) Bu durum finansal hesaplamalara benzer ve enerji verimliliği dengeleri özel durumlarda sınırlandırılabilir. [127, TWG].

İşletmeci farklı yıllar arasında kıyaslanmanın yapılabilmesi amacıyla iç ve dış tarihsel veri tabanlarını güncellemelidir.

#### **1.5.2.5 Üretim tekniklerinde ve ürün geliştirmedeki değişimler**

Teknik gelişmeler sonucunda ya da piyasada mevcut teknik sistemler ya da yeni bileşenler sayesinde üretim tekniklerinde değişiklikler yapılabilir. Eski teknik sistemlerin yenileriyle değiştirilmesi gerekebilir ve üretim verimliliğini artırmak için yeni kontrol sistemleri belirlenebilir. Bu değişim tekniklerinin belirlenmesi enerji verimliliğinde gelişmeler sağlayabilir. Üretim tekniklerindeki değişimler enerjinin daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlar ve enerji verimliliği gelişmelerinde bir ölçüt olarak kabul edilebilir. (bkz. Bölüm 2.3 ve 2.3.1)

Bazı durumlarda yeni birimlere; piyasa taleplerine göre yeni ürün özellikleriyle ya da çevresel gereksinimlerle uyum sağlayabilecek üretim işlemleri eklenebilir. Bu gibi durumlarda yeni birim işletilmeye başladıktan sonra SEC farklılaşabilir çünkü yeni birim ek enerjinin kullanılmasını gerektirir. Bu durum, tesisin enerji yönetiminde başarısız olduğu anlamına gelmez.

İşletmeci farklı yıllar arasında kıyaslama yapabilmek için iç ve dış tarihsel veri tabanlarını güncellemelidir.

**Örnekler:**

- Yeni yakıt özellikleri (düşük sülfür dizel ve petrol için (EURO IV tüzüğüyle düzenlenmiştir.) 2000-2005 yılları arasında mineral yağı rafinerilerinin adapte edilmesi gerekmiştir. Bu durum rafinerilerdeki enerji kullanımında artışa neden olmuştur.
- Kâğıt hamuru ve kâğıt sanayide işlemede kullanılan liflerde yapılan değişiklikler enerji kullanımının azaltılmasını sağlamıştır. Son zamanlarda, yoğun öğütme işlemi gerektiren tamamlanmış ürünlerin kalitesi artırılmıştır. Tekniksel gelişmedeki bu iki adımla sonuç olarak toplam enerji tüketiminde artış meydana gelmiştir.
- Çelik firması tedarik edilen çelik ürünlerinin dayanıklılığını artırabilir ancak yeni işlemler enerji tüketimini artırmaktadır. Müşteri ürünlerindeki çelik kalınlığının yüzde noktasını düşürebilir. Örneğin arabalarındaki ürünlerin ağırlığının azaltılmasıyla enerji kazanılabilir. Enerji tasarrufları ürünlerin yaşam döngüsünün değerlendirilmesinin bir parçasıdır ve bir tesisin enerji verimliliği hesaplamalarını göstermez. (IPPC Direktifinin, ürünlerin LCA'sını içermemesi gibi.)

**Ürün yerleştirmedeki değişiklikler**

Ürün yerleştirmedeki değişiklikler fayda sağlamayan üretim hatlarının kapatılması, yardımcı malzeme sistemlerinin değiştirilmesi ve benzer işi yapan üretim hatlarının birleştirilmesi anlamına gelmektedir. Ürün yerleştirmedeki değişiklik, enerji verimliliğinin artırılması için uygulanabilir.

Bu durum SEC paydası üzerinde bazı etkilere sebep olur ve işletmeci farklı yıllar arasında kıyaslamalar yapabilmek için iç ve dış tarihsel veri tabanını güncellemelidir.

**Yüksek enerji girdisine sahip üretimin durdurulması**

Bir şirket, yüksek enerji girdisi gerektiren üretim faaliyetini durdurabilir. Bu durumda hem toplam enerji tüketimi hem de özel enerji tüketimi düşecektir. Bunun, diğer önlemler alınmasa bile enerji verimliliğinde alınan bir önlem olarak görüldüğü iddia edilmektedir.

Ayrıca işletmeci, farklı yıllar arasında kıyaslamalar yapabilmek için iç ve dış tarihsel veri tabanını güncellemelidir.

**Dış kaynak kullanımı**

Yardımcı malzeme tesisi dışından dış kaynak kullanımı yoluyla tedarik edilebilir. (örn. sıkıştırılmış hava üretimi ve tedarigi) (bkz. Bölüm 3.7) Böylece enerji tüketimi sıkıştırılmış havanın dışardan tedarik edilmesiyle düşer ancak sıkıştırılmış hava tedarik eden tarafın enerji tüketimi artar. Birincil enerji konusunda değinildiği gibi değişiklikler değerlendirilmelidir(bölüm 1.3.6.1)

**İşlem aşamalarının çıkarılması**

Bir işletmeci metal parçaları ısısının iyileştirilmesi gibi yoğun enerji harcayan işlemi çıkarabilir. İşletme faaliyetine hala devam ettiği için bu işlem, değişikliklerin kayda geçirilmediği sürece ve CES ile EET'nin buna bağlı olarak değiştirilmediği sürece enerji verimliliği gelişmeleri için bir eylem olarak kabul edilmez ancak hesaplamalara dahil edilir.

Not: alt taşeronun yürüttüğü işlemler enerji tasarrufu açısından daha verimli olabilir çünkü işleme yönelik uzmanlık bilgisi bulunmaktadır (daha iyi işlem optimizasyonu sağlayarak) ve bu yüzden yük faktörünün azaltılmasıyla daha yüksek verim alınabilir.

Örnek: seri araba üretimi tesisinin işletmecisi, tamamlayıcı parçaların üretilmesi yerine dışarıdan satın alınmasına karar verir. Sonuçta toplam enerjinin ve özel enerjinin düştüğü görülür. Bu örnek, enerji verimliliği göstergelerinin ve kayıtlarının güncellenmesi sırasında dikkate alınmalıdır.

### 1.5.2.6 Enerji entegrasyonu

#### İç güç üretimi

Birincil enerji kaynaklarının kullanımını artırmadan iç enerji üretimi(elektrik ya da buhar) enerji verimliliğini artırmada kullanılan bir yöntemdir. Bu, birbirine yakın birimler ve tesislerle(sanayi dışı kullanıcılar) enerji alışverişinin yapılması ile optimize edilir. (bkz. Bölüm 2.4, 2.12, 2.13 ve 3.3. ) sistem sınırları belirlenmelidir ve olası belirsizlikler giderilmelidir. Sınırların belirlenmesine ilişkin konular bölüm 1.4'te ve 1.5'te ele alınmıştır. Birincil enerjilerin hesaplanması için (bkz. Bölüm 1.3.6.1)

#### Yakma tesisinde oksijen kullanımı

Bir yakma tesisinde, yakma verimliliğini artırmak ve yakıt girdisini azaltmak amacıyla oksijen kullanılabilir. Bunun; uçucu gazlarda ve indirgenen NO<sub>x</sub> salınımlarında, hava kütle akışını düşürerek enerji verimliliği sağlamada faydası vardır. Ancak enerji tesis içinde ve dışında O<sub>2</sub> üretiminde enerji kullanılmaktadır ve bu durum dikkate alınmalıdır. Bu konu birincil enerji bölümünde ele alınmıştır. (bkz. Bölüm 1.3.6.1, bölüm 3.1.6 ve EK 7.9.5)

#### İşlem entegrasyonu ve şirket ayrıştırma:

Son birkaç on yıldır iki yeni uygulama ortaya çıkmıştır:

- ☐ İşlemlerin entegrasyonu
- ☐ Özellikle kimya sektöründe şirketlerin ayrışması

Yüksek derecede entegrasyon ile tesislerin geliştirilmesi birtakım avantajlar sağlar. Diğer durumlarda, pazar stratejisi, şirketleri kendi tamamlayıcı üretim parçalarına bölme eğilim göstermektedir. Her iki durumda da birçok işletmeye sahip karmaşık tesislerin yer almasıyla ve bu işletmeciler ve hatta üçüncü taraflarca geliştirilen yardımcı malzemelerin bulunmasıyla sonuçlanır. Bu durum, farklı işletmeciler arasında karmaşık enerji akışlarının meydana çıkmasıyla da sonuçlanabilir.

Genel olarak büyük entegre kompleksler entegrasyon aracılığıyla enerjinin verimli bir şekilde kullanılmasını sağlar.

### 1.5.2.7 Tesis verimliliğine ya da sürdürülebilirliğine katkıda bulunan enerjinin verimsiz kullanılması

Bölüm 1.4 ve 1.5'te belirtildiği gibi karmaşık tesislerde(bölüm 1.5.2.6'da belirtilen) enerji verimliliğine sistem sınırları belirlemek için özel bakım gereklidir. Bireysel üretim işlemlerinin özel olarak değerlendirilmesi için, belirli enerji kullanımları verimsizliğe neden olabilir(tesisin entegre sisteminde yüksek derecede verimlilik sağlasalar bile)En iyi düzeyde verimlilik sağlayamayan bireysel birimler, işlemler ya da sistem operatörleri entegre tesiste çevresel anlamda bir bütün olarak rekabetin sağlanması amacıyla ticari anlamda düzeltilmelidir.

Buna ilişkin örnekler:

- ☐ Kurutma işleminde buhar kullanımı doğal gazın doğrudan kullanımından daha az enerji tasarrufu sağlar. Ancak düşük basınçlı buhar, yüksek verimliliğe sahip elektrik üretimiyle kombine edilmiş CHP işleminde gelir. (bkz. Bölüm 3.4 ve 3.11.3.2)
- ☐ Üretim tesisinde yer alan kojenerasyon tesisleri her zaman üretim tesisine ait olmaz, kimi zaman yerel elektrik üretim şirketinin ortam girişi de olabilir. Buhar, tesis operatörüne aitken, elektrik; elektrik şirketine ait olabilir.
- ☐ Bu işlemlerin aynı tesiste üretilen ve tüketilen elektriğe nasıl denk geldiğinin belirlenmesi amacıyla özel değerlendirmeler yapılmalıdır ancak yüksek düzeyde entegre sistemle daha az iletim kayıpları yaşanmaktadır. Üretim işleminde gelen enerjiyi barındıran atıklar tekrar enerji zincirine geri döner. Buna ilişkin örnekler: atık ısı buharının buhar ağına geri dönmesi ,
- ☐



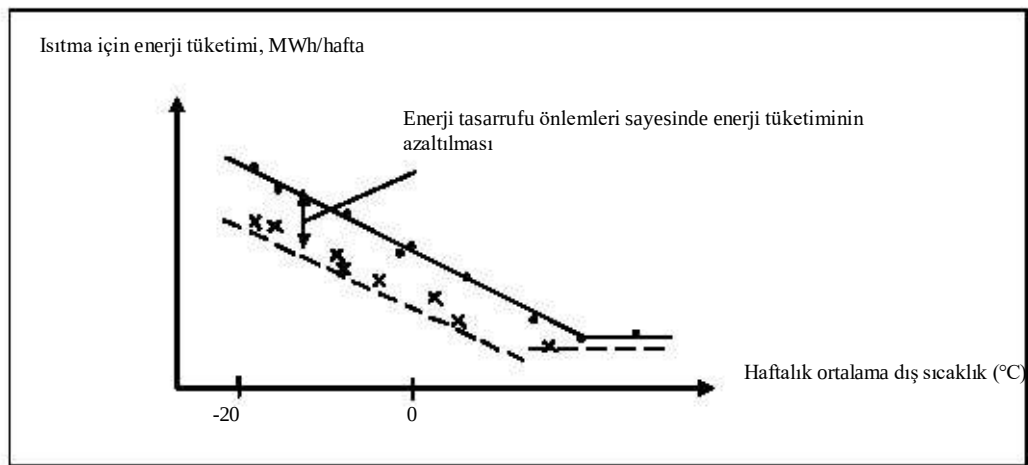
Elektroliz işleminden gelen hidrojenin, ısı ya da elektrik üretim işleminde kimyasal ya da gaz yerine yakıt olarak dönmesi. (örn. hidrojen peroksit üretiminde ham madde) Diğer örnekler ise doğal gaz kullanımından daha az enerji verimliliği sağlayan tesis kazanlarında üretim artıklarının yakılması ve su gazlarının yakıt olarak yakılmasıdır. (bir rafinerideki hidrokarbon gazları ya da demirsiz metal işlemede CO) (bkz. Bölüm 3.1.6)

Bu belgenin kapsamında olmamasına rağmen, (bkz. kapsam), yenilenebilir/sürdürülebilir enerji kaynakları ve/veya yakıtlar atmosfere salınan genel karbon dioksit miktarının düşürebilir. Bu karbon dengesinin kullanılmasına denk gelmektedir.

(bkz. Bölüm 1.3.6.1 ve EK 7.9.6.)

### 1.5.2.8 Binaların ısıtılması ve soğutulması

Binaların ısıtılması ve soğutulması, büyük oranda dış sıcaklığa bağlı enerji tüketimi anlamına gelir. (Şekil 1.17’de gösterildiği gibi.)



Şekil 1.17: Dış sıcaklığa bağlı olarak enerji tüketimi

Havalandırma havasından ısıнын geri kazanılması ve ısı yalıtımı gibi önlemler alındığında Şekil 1.17’deki çizgi düşüşe geçer.

Isıtma ve soğutma gereksinimleri üretim veriminden ve yük faktörü bölümünden bağımsızdır. (bkz. bölüm 1.5.2.4.)

### 1.5.2.9 Bölgesel faktörler

Isıtma ve soğutma (bölüm 1.5.2.8.) bölgesel faktörlerdir, genel olarak ısıtma gereksinimleri kuzey Avrupa’da daha fazlayken, soğutma faktörleri güney Avrupa’da daha fazla olmaktadır. Bu, üretim işlemini etkilemektedir. Örneğin Finlandiya’da kış aylarında atık iyileştirmede atığın iyileştirilebilir sıcaklıkta tutulması ve güney Avrupa’da ürünlerin tazeliğini koruması için soğutulması gibi.

Kuzey Avrupa’da kömür yakma verimliliği genellikle %38’dir fakat bu oran güney Avrupa’da %35’tir. Islak soğutma işlemlerinin verimliliği ortamdaki sıcaklıktan ve çiy noktasından etkilenmektedir.

#### 1.5.2.10 Duyarlı ısı

Sıcaklık değişimiyle sonuçlanan ısı “duyarlı” ısı olarak adlandırılır. (örneğin, “hissedilebilir”(ancak bu terim kullanım dışıdır) (bkz. Bölüm 3.1. ) örneğin bir rafineride tüm tesisi girdisini ortam sıcaklığından 104,4 °C’ye çıkarmak için gerekli ısı “duyarlı ısı” olarak adlandırılır.

#### 1.5.2.11 Detaylı örnekler

Ek 7.3 bu işlemler hakkında detaylı bilgilere yer vermektedir:

- ☐ örnek 1: etilen kırıcı
- ☐ örnek 2: Vinil asetat monomeri (VAM) üretimi
- ☐ örnek 3: çelik işlerinde sıcak döner mil

Bu işlemler aşağıda yer alan maddeleri kapsamaktadır:

- ☐ Çeşitli ve karmaşık tesisler
- ☐ Karmaşık enerji akışları
- ☐ Yakıt değerleri ile çeşitli ürünler
- ☐ Üretime göre değişen elektrik enerjisi verimliliği
- ☐ Özel sanayi-rafineriler için geniş EEI (enerji verimliliği göstergesi), Solomon Enerji Kıyaslaması, EK7.9.1

## 2 TESİS DÜZEYİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ SAĞLAMAK İÇİN BELİRLENECEK TEKNİKLER

[9, Bolder, 2003, 89, Avrupa Komisyonu, 2004, 91, CEFIC, 2005, 92, Motiva Oy, 2005, 96, Honskus, 2006, 108, Intelligent Energy - Europe, 2005, 127, TWG]

İkinci ve üçüncü bölümler için hiyerarşik bir yaklaşım benimsenmiştir:

- Bölüm 2’de, optimum enerji verimliliği sağlama ihtimalini güçlendirecek ve tesisi seviyesinde belirlenebilecek teknikler yer almıştır.
- Bölüm 3, tesisi seviyesinin altında belirlenebilecek teknikleri ele almıştır: özellikle enerji kullanan sistemlerin(sıkıştırılmış hava ya da buhar) ya da faaliyetlerin seviyesi, (örn yakma), ve bazı enerji kullanan kısımlara ya da malzemelere ilişkin daha düşük seviyeler.(örn. motorlar)

Yönetim sistemleri, proses-entegre teknikler ve özel teknik ölçüleri iki bölümde toplanmıştır ancak optimum sonuçların belirlenmesiyle çakışır. Entegre yaklaşıma yönelik birçok örnek bu üç ölçüye işaret etmektedir. Bu durum tekniklerin belirlenmesinde ayırım yapılmasını zorlaştırmaktadır.

Bu bölüm ve 3. Bölüm tekniklere ve araçlara yönelik detaylı bilgi içermez. Diğer teknikler mevcut olabilir ya da IPPC ve MET çerçevesinde geçerli olabilecek şekilde geliştirilebilir. Bu bölümdeki ve 3. Bölümdeki teknikler tek başlarına kullanılabilir ya da IPPC Direktifinin amaçlarını gerçekleştirmek amacıyla 1. Bölümdeki bilgiler tarafından desteklenebilir.

Uygun görülen yerlerde standart yapı, bu bölümde ve 3. Bölümde yer alan tekniklerin taslağını oluşturmak için kullanılabilir(tablo 2.1.’deki gibi). bu yapının; (tesis düzeyinde) enerji yönetimi ya da (daha düşük düzeyde) sıkıştırılmış hava ya da yakma gibi konuya ilişkin sistemlerin tanımlanmasında da kullanılabilir. unutulmamalıdır.

| Bilgi türü                    | Bilgi türü                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tanım                         | Resimlerle, akış şemalarıyla gösterilen enerji verimliliği teknikleri hakkında kısa tanımlar                                                                                                                                                                                                             |
| Elde edilen çevresel faydalar | Ölçülmüş emisyon ve tüketim verileri ile desteklenen başlıca çevresel faydalar. Bu belgede, özellikle enerji verimliliğinin artırılması yer almaktadır. Bunun dışında diğer kirlenmelerin azaltılmasına ve tüketimin seviyelerine ilişkin konular da yer almaktadır.                                     |
| Çapraz medya etkileri         | Tekniğin uygulanmasıyla çevrede oluşabilecek olumsuz etkiler ve dezavantajlar. Tekniğin diğer tekniklerle karşılaştırılması sonucunda ortaya çıkan çevresel sorunların detayı                                                                                                                            |
| İşletimsel veri               | Enerji tüketimi ve diğer tüketimler(ham maddeler ve su) salınımlar/atıklar hakkında performans verileri. Güvenlik konuları, tekniğin işletimsel sakıncaları, verim kalitesi gibi konularında da dahil olduğu tekniğin kontrol edilmesine, işletilmesine ve sürdürülmesine ilişkin yararlı diğer bilgiler |
| Uygulanabilirlik              | Tekniğin uygulanması ya da yenilenmesine ilişkin faktörlerin göz önünde bulundurulması(uygun yer, işleme özel teknikler, tekniğin diğer sakıncaları ve dezavantajları)                                                                                                                                   |
| Finansman                     | Maliyet ve ilgili enerji tasarrufları (yatırımlar ve işletme) ve muhtemel harcamalar (düşük ham madde tüketimi, su tahliyesi) hakkında bilgi (EUR kWh(termal ve veya elektrik) (örn ham madde tüketiminin azaltılması, atık tahliyesi) ayrıca tekniğin kapasitesine yönelik harcamalar hakkında bilgi    |
| Uygulama için itici güç       | Tekniğin uygulanmasının sebepleri(IPPC Direktifi dışında) (örn. tüzük, gönüllü taahhütler, ekonomik sebepler gibi)                                                                                                                                                                                       |
| Örnekler                      | Tekniğin kullanıldığı en az bir durum için gösterilen kaynak                                                                                                                                                                                                                                             |
| Kaynak bilgi                  | Bölümü yazarken kullanılan ve daha fazla detay içeren bilgi                                                                                                                                                                                                                                              |
|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Tablo 2.1: Bölüm 2 ve 3’te yer alan sistemler ve teknikler için bilgi analizleri

## 2.1 Enerji verimliliği yönetim sistemleri (ENEMS)

### Tanım

Tüm sanayi kuruluşları; ekonomi, ham madde ve iş gibi iş alanındaki ana faktörler ve çevre, sağlık ve güvenlik için kullandıkları aynı yönetim tekniklerini ve yönetim prensiplerini kullanarak enerji tasarrufu yapabilir. Bu yönetim uygulamaları enerji kullanımı için yönetsel hesap verilebilirlik faktörlerinin hepsini kapsar. Enerji tüketiminin ve maliyetlerin yönetimi atıkları ortadan kaldırır ve zamanla biriken tasarrufları beraberinde getirir.

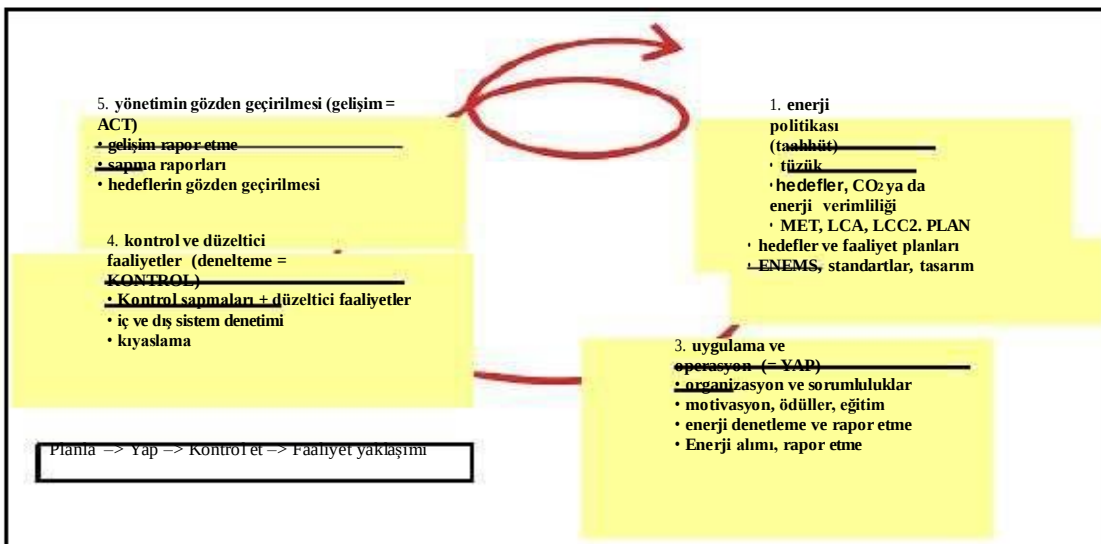
Finansal tasarrufları güvenceye alan enerji yönetim tekniklerinin enerji kullanımını azalttığı söylenemez. (bkz. Bölüm 7.11).

En iyi çevresel performanslar en iyi teknolojilerin kullanılmasıyla ve bu teknolojilerin en etkili ve en verimli yöntemlerle işletilmesiyle gerçekleşir. Bu teknoloji IPPC Direktifinin “teknikler”e ilişkin yaptığı tanımla desteklenmektedir: “Teknolojinin kullanılması ve bu teknolojiyle tesisin tasarlanması, inşa edilmesi, sürdürülmesi, çalıştırılması ve hizmetten kaldırılması”

IPPC tesisleri için çevresel yönetim sistemi(EMS); tasarımın, inşaatın, işletmenin ve hizmetten kaldırmanın sistematik ve operatörler tarafından kanıtlanabilir bir yolla gerçekleştirilmesi için geliştirilen bir araçtır. EMS organizasyonel yapıyı, sorumlulukları, uygulamayı, prosedürleri, süreçleri ve çevresel politikanın geliştirilmesini, uygulanmasını, sürdürülmesini, gözden geçirilmesini ve denetlenmesini kapsar. Çevresel yönetim sistemleri tesisin tüm yönetim ve işletimi üzerinde ayrılmaz bir parça oluşturduğunda en verimli ve en tasarruflu sistem haline gelir.

Enerji verimliliği sağlamak için yönetim; enerji tüketiminin sürekli bir biçimde azaltılması, üretimde ve yardımcı birimlerde enerji verimliliğinin artırılması hem şirket hem de tesis düzeyinde gerçekleşen ilerlemelerin sürdürülmesini kapsayan enerji konularının dikkate alınmasının gerektirmektedir. Mevcut enerji verimliliğinin belirlenmesi ve sürekli gelişimin sağlanması için bir temel oluşturur. Etkin enerji verimliliği (ve çevresel) yönetim standartlarının, programlarının ve kılavuzlarının tümü, sonuçlanacak bir proje olmaktan öteye enerji yönetiminin bir süreç olduğu anlamına gelen sürekli gelişme hedefini kapsar.

Çeşitli işlem tasarımları mevcuttur fakat birçok yönetim sistemi planla-yap-kontrol et yaklaşımına dayanmaktadır. (diğer şirketlerin yönetiminde sıklıkla kullanılır) . Döngü, bir döngünün bitiş yerinde diğer döngünün başladığı dinamik ve tekrarlanan bir yapıya sahiptir. (bkz. Şekil 2.1.)



Şekil 2.1: Enerji verimliliği yönetim sisteminin sürekli gelişimi [92, Motiva Oy, 2005]

En iyi performanslar aşağıda gösterilen enerji yönetim sistemleriyle ilişkilidir: (Enerji yönetim matriksinden alınmıştır. [107, Good Practice Guide, 2004])

- ☐ Enerji politikası– enerji politikaları, eylem planları ve düzenli denetimler, çevresel stratejinin bir parçası olarak üst yönetimin taahhütleri
- ☐ Organizasyon – enerji yönetimi tamamıyla yönetim yapısıyla entegre edilir. Enerji tüketimi için sorumlulukların açıkça belirlenmesi
- ☐ Motivasyon –tüm seviyelerde enerji yöneticileri ya da personel tarafından kullanılan resmi ve gayri resmi iletişim kanalları
- ☐ Bilgi sistemleri – kapsayıcı sistem; hedefler belirler, tüketimleri izler, hataları belirler, tasarrufları hesaplar ve bütçe izleme sağlar.
- ☐ pazarlama – enerji verimliliği değerlerinin ve enerji yönetimi performans değerlerinin organizasyon içinde ve dışında pazarlanması
- ☐ Yatırım – tüm yeni inşa etme ve yenileme fırsatlarını destekleyecek detaylı yatırımlarla birlikte “yeşil” şemalar için pozitif ayırım yapılması

Bu kaynaklardan da anlaşılıyor ki; IPPC tesisleri için enerji verimliliği yönetim sistemleri (ENEMS) aşağıda yer alan bileşenleri kapsamalıdır:

- a. **üst yönetimin taahhüdü**
- b. **enerji verimlilik politikalarının belirlenmesi**
- c. **hedeflerin ve amaçların planlanması ve gerçekleştirilmesi**
- d. **prosedürlerin uygulanması ve işletilmesi**
- e. **kıyaslama**
- f. **kontrol etme ve düzeltici faaliyet**
- g. **yönetimin gözden geçirilmesi**
- h. **enerji verimliliği belgesinin düzenli olarak hazırlanması**
- i. **belgelendirme kurumundan ya da bağımsız ENEMS doğrulayıcıdan onay alma**
- j. **tesisin hizmetten kaldırılmasına yönelik tasarım konuları**
- k. **enerji tasarruflu teknolojilerin geliştirilmesi**

Bu özelliklerin hepsi aşağıda detaylı bir biçimde ele alınmıştır. Bileşenlere ilişkin detaylı bilgi için: (a) (k), aşağıdaki kaynak bilgi. Örnekler, EK 7.4 bölümünde gösterilmiştir.

#### a. **Üst yönetimin taahhüdü**

Üst yönetimin taahhüdü başarılı bir enerji verimliliği yönetimi için ilk koşuldur. Üst yönetim:

- ☐ Enerji verimliliğini şirket gündeminin en üst sırasına taşımalı, görünürlüğünü ve güvenilirliğini sağlamalı
- ☐ Enerji verimliliği için sorumluluk alacak bir üst yönetici seçmeli( bu kişi enerjiden sorumlu olmayacaktır)
- ☐ kalite yönetim sistemlerinde etkin olacaktır)
- ☐ Enerji verimliliği kültürünün oluşturulmasına katkı sağlamalı ve uygulama için gerekli itici gücü yaratmalıdır.
- ☐ Entegre kirlilik kontrolü ve hedeflerin kontrol edilmesi de dahil olmak üzere enerji verimliliğini sağlamak amacıyla strateji(uzun süreli) belirlemelidir
- ☐ IPPC Direktifleriyle birlikte bu enerji verimliliği politikalarını uygulamak için şirket hedefleri oluşturmalıdır.
- ☐ Uzun süreli bir vizyona sahip olmak için kısa ve orta vadeli somut adımlar belirlemelidir.
- ☐ Özellikle yeni tesislerin planlanmasında ya da önemli güncellemelerde enerji tasarrufları ve entegre kirliliğin önlenmesi için karar alma platformları sağlamalıdır.
- ☐ Entegre kirliliğin önlenmesi ve sürekli olarak enerji tasarrufunun sağlanması hedeflerini gerçekleştirecek satın alma kararlarını oluşturmalı ve şirketin tasarruf sağlamasında kılavuzluk etmelidir. Entegre kirliliğin önlenmesi ve kontrolü entegre karar alma ve uygulama ile gerçekleşir. (bu kararlar çevresel yönetimin yanı sıra, yardımcı malzemelerin ve ana malzemelerin satın alınmasını, planlamayı, üretimi ve bakımı kapsar.)
- ☐

- ☐ enerji verimliliği politikası belirlemelidir. Bakınız: (b)

**b. Enerji verimliliği politikalarının belirlenmesi**

Üst yönetim işletme için enerji verimliliği politikası belirlerken aşağıda yer alan maddeleri de değerlendirmeye almalıdır:

- ☐ Politikaların doğaya uygun ve (iklim koşulları gibi yerel durumlar) tesiste yer alan faaliyetlerin enerji kullanımı ve enerji kullanımı düzeyine göre belirlenmesi
- ☐ Enerji verimliliğine yönelik taahhütler
- ☐ işletmenin bağlı olduğu şartlar (enerji anlaşmaları gibi) ve enerji verimliliği için uygulanabilecek tüm tüzükler ve düzenlemelere bağlı taahhütler
- ☐ Enerji verimliliği hedeflerinin ve amaçlarının belirlenmesi ve gözden geçirilmesi için bir çerçeve
- ☐ hazırlanması, belgelenmesi ve tüm personele dağıtılması
- ☐ Kamuya ve ilgili tüm taraflara bildirilmesi

**c. Hedeflerin ve amaçların planlanması ve belirlenmesi (bkz. Bölüm 2.2)**

- ☐ İşletmenin enerji verimliliğine ilişkin durumlarının belirlenmesi ve bu bilgilerin güncel tutulması
- ☐ Enerji verimliliğinin optimize edilmesi için planlama ve satın alma faaliyetlerinin etkileyecek, enerji verimliliği konularını belirleyecek yeni işlemleri birimler, malzemeler ve güncelleştirmeler için tekliflerde bulunmak için prosedürler
- ☐ İşletmenin bağlı bulunduğu ve faaliyetlerinde enerji verimliliği politikalarına uygun düşecek yasal düzenlemelere ve diğer gereksinimlere erişebilmek için IPPC prosedürleri
- ☐ Belgelendirilmiş enerji verimliliği hedefleri ve amaçlarını gözden geçirmek, bunu yaparken, enerji verimliliği programını düzenleyen ve düzenli olarak güncelleyen tarafların görüşlerini ve yasal düzenlemeleri dikkate almak, zaman çizelgesi ve diğer araçlarla gerçekleştirilecek hedefleri ve amaçları uygulayabilmek için sorumluluk paylaşımı

**d. Prosedürlerin uygulanması ve işletilmesi**

prosedürlerin bilindiğini, anlaşıldığını ve bu prosedürlere uyulduğunu gösteren sistemlere sahip olmak oldukça önemlidir. Bu sebeple etkili enerji yönetimi aşağıda yer alan maddeleri kapsar.

**(i) yapı ve sorumluluk**

- ☐ tek bir yönetim alanında faaliyet gösteren temsilcinin(üst yönetimin yanı sıra (bkz. (a)) de bulunduğu sistemde, rollerin ve sorumlulukların belirlenmesi, belgeye dökülmesi ve rapor edilmesi
- ☐ insan kaynakları ve özel yetkinlikleri, teknoloji ve finansal kaynaklarında içinde bulunduğu, enerji yönetim sisteminin uygulanması ve kontrol edilmesi için gerekli kaynakların sağlanması

**(ii) eğitim, bilinçlendirme yetkinlik**

- ☐ Tüm faaliyetin enerji verimliliğini etkileyebilecek performansları gerçekleştiren personelin uygun eğitimi aldığını gösteren eğitimlerin belirlenmesi (bkz. Bölüm 2.6)

**(iii) iletişim:**

- ☐ tesis içerisinde çeşitli seviyelerde ve fonksiyonlarda iç iletişimin sağlanması için prosedürler belirlemek ve bunları uygulamak. Enerji verimliliğinde rol oynayan tüm bireylerin ve takımların iletişimi sağlamak için bir prosedüre uymaları oldukça önemlidir. Özellikle, enerji kullanan ana ve yardımcı malzemeler satın alan kişiler, üretimi gerçekleştiren, bakım ve planlama yapan personel arasında iletişimin önemi daha da artmaktadır.
- ☐ ilgili diğer harici taraflarla iletişim kurmak, onlara cevap vermek ve bu iletişimi belgelemek amacıyla prosedürler belirlenir (bkz. Bölüm 2.7)

**(iv) personelin müdahil olması:**

- ☐ Personelin öneri kitabı sistemi ile ya da proje temelli grup çalışmalarıyla ya da çevresel komitelerde yer almalarıyla yüksek oranda enerji verimliliği sağlanmasına yönelik amaçlar gerçekleştirilebilir.(bkz. Bölüm 2.7)

**(v) belgelendirme:**

- ☐ yönetim sistemlerinin temel öğelerinin belirlenmesi ve ilgili belge için kaynak sağlanması amacıyla kâğıt üzerinde ya da elektronik ortamda güncel bilgiler hazırlanması ve bu bilgilerin güncel tutulması

**(vi) süreçlerin etkin kontrolü (bkz. Bölüm 2.8):**

- ☐ tüm işletme bölümlerinde süreçlerin etkin kontrolünün sağlanması (hazırlık, açma, kapatma ve işletim ve olağan dışı koşullar)
- ☐ enerji verimliliği için önemli performans göstergeleri belirlemek ve bu parametreleri ölçmek ve kontrol etmek için metodlar oluşturmak
- ☐ enerji tasarruflu işlemler için bu parametrelerin optimize edilmesi
- ☐ temel sebepleri belirlemek için anormal işletme koşullarının analiz edilmesi ve belgelendirilmesi, sonrasında bu olayların hiç yaşanmamış gibi kabul edilmesi ( bu durum, suçu kişilerin üzerine yıkmak yerine olayın sebeplerinin belirlenmesinin daha önemli olduğu “ suçlama yok” kültürü ile ilişkilendirilebilir)

**(vii) bakım (bkz. bölüm 2.9):**

- ☐ malzemenin teknik tanımlarına, normlara, malzeme hatalarına ve sonuçlarına göre temellendirilen yapısal bir bakım programı kurmak
- ☐ uygun bir kayıt tutma sistemi ve teşhis testleri ile bakım programının desteklenmesi
- ☐ rutin bakımlar, bozulmalar, arızalar, olağan dışı durumlar ve enerji verimliliğindeki olası kayıplar sonucunda çıkarımlar yapmak ve bu belirlemelerin enerji verimliliği artırmada etkisinin olup olmayacağını belirlemek
- ☐ bakımın planlanması ve sürdürülmesi için sorumluluklar verilmesi

**(viii) acil duruma hazırlık ve tepki:**

- ☐ acil durum koşullarından etkilenen ham maddelerin ya da ürünlerin geri dönüştürülmesinde ya da yeniden kullanılmasında enerji tüketiminin dikkate alınması

**e. kıyaslama**

- ☐ sektörle, ulusal ya da uluslararası kıyaslamalar yapmak (düzenli ve sistematik bir şekilde) (daha detaylı bilgi için bkz. Bölüm 2.16).

**f. Kontrol ve düzeltici eylem (ayrıca bkz. kıyaslama(e)):****(i) denetleme ve ölçüm (bkz. Bölüm 2.10)**

- ☐ enerji verimliliğinde önemli etkilere yol açabilecek işlemlerin ve faaliyetlerin ana özelliklerini denetlemek ve ölçmek amacıyla belgelendirilmiş prosedürlerin oluşturulması ve izlenmesi
- Ayrıca tesisin enerji verimliliği hedefleri ve amaçlarına uygun işletimsel kontrollerin, izleme performansları hakkında bilgilerin kayıt altına alındığı prosedürlerin belirlenmesi ve izlenmesi



ilgili enerji verimliliği tüzükleri, düzenlemeleri ve anlaşmalarıyla(bunun gibi anlaşmaların bulunduğu durumlarda) uyumun değerlendirilmesi amacıyla belgelendirilecek prosedürler

□

**(ii) düzeltici ve önleyici faaliyet**

□izin şartlarına, diğer yasal yükümlülüklerle, taahhütlere, hedeflere riayet etmeme durumunda inceleme başlatılması için yetkilerin ve sorumlulukların belirlenmesi amacıyla prosedürler oluşturmak ve bunları uygulamak. Bu belirlemeler esnasında, ortaya çıkan enerji verimliliği etkilerine ve sorunun boyutlarına uygun tamamlayıcı ve düzeltici bir eylem için atılacak adımlar ve ortaya çıkan etkilerin azaltılması dikkate alınmalıdır.

**(iii) kayıtlar ve rapor etme**

□okunaklı ve izlenebilir enerji verimliliği kaydının tutulması, eğitim kayıtlarının, denetlemelerin ve değerlendirmelerin sonuçlarının belirlenmesi için prosedürler oluşturmak  
□enerji verimliliği hedefleri hakkında belirlenen kişilere düzenli biçimde rapor sunmak

**(iv) enerji denetleme ve enerji teşhisi (bkz. Bölüm 2.11)**

□enerji verimliliği yönetiminin düzenli olarak denetlenmesi için prosedürlerin ve programların belirlenmesi ve uygulanması. Bu denetlemeler, personelle görüşmeleri, işletme koşullarının ve malzemelerin izlenmesini, kayıtların ve belgelerin gözden geçirilmesini kapsar. Bu belgelerin oluşturulmasında; enerji verimliliği sisteminin planlamalara göre yapılıp yapılmadığını ve bu planların düzenli bir biçimde uygulanıp uygulanmadığını belirlemek amacıyla çalışanlar (iç denetim) ya da harici taraflar(dış denetim) tarafından yazılı bir rapor haline getirilen ve denetleme kapsamını, denetleme sıklığını ve metotları içeren bir belge oluşturulur.

□faaliyetlerin ve denetimlerin özelliklerine kapsamına ve karmaşıklığına bağlı olarak, ilgili çevresel etkilere, önceki denetlemeler sonucunda ortaya çıkan sorunların önemine ve aciliyetine, problemlerin ya da enerji verimsizliğinin geçmişine bağlı olarak denetimleri ya da denetim döngüsünü tamamlamak

– daha büyük çevresel etkilere neden olan daha karmaşık faaliyetler daha sık denetlenir.

□denetleme sonuçlarına uyulmasını sağlamak amacıyla oluşturulmuş uygun bir mekanizmaya sahip olmak

**(v) tüzüklere ve anlaşmalara uyum konusunda periyodik değerlendirmeler yapmak**

□uygulanabilir enerji verimliliği tüzüklerine, tesisin aldığı çevresel izin koşullarına ve enerji verimliliği anlaşmalarına uyum sağlanması konusunda gözlemler

□değerlendirmelerin belgelendirilmesi

**g. Yönetimin gözden geçirilmesi**

□Yönetim tarafından belirli aralıklarla belirlenen enerji verimliliği yönetim sistemi, bu sistemin sürdürülebilirliği, yeterliliği ve etkinliği (bkz. Bölüm 2.5)

□Bu değerlendirmenin yapılabilmesi amacıyla yönetime imkân sağlayan gerekli bilgilerin toplanması  
Yönetimin gözden geçirilmesinin ardından belgelendirilmesi

□

h. **Düzenli enerji verimliliği durum belgesi hazırlamak:**

- ☐ Enerji verimliliği hedefleri ve amaçlarına yönelik tesiste ortaya çıkan sonuçlara bağlı olan enerji verimliliği durum belgesinin hazırlanması. Bu belge, kullanılan enerji miktarının önemine göre bir yıl ya da bir yıldan daha az süre için düzenli olarak hazırlanmalıdır. Uygulanabilirliğe göre, ilgili tarafların bilgi gereksinimlerini ve bu bilgilerin halka açık olmasını (elektronik yayımlar, kütüphaneler) göz önünde bulundurulur.

Bir durum belgesi oluştururken işletmeci mevcut enerji verimliliği göstergelerini kullanabilir. Ancak bunları seçerken aşağıda yer alan koşullara dikkat etmelidir. Göstergelerin;

- ☐ Tesisin performansına yönelik doğru bilgileri içermesine
  - ☐ Anlaşılabilir olmalı ve anlam karmaşasından uzak olmasına
  - ☐ Tesisin enerji verimliliği performansının artışının değerlendirilmesi için her yıl yıllık kıyaslamalar yapmasına
  - ☐ Uygun görüldüğü durumlarda sektörle, ulusal ve uluslararası kıyaslamaların yapılmasına olanak sağlamasına
  - ☐ Uygun görüldüğü takdirde düzenleyici gereksinimlerle kıyaslama yapılmasına olanak sağlamasına
- Dikkat etmelidir.

i. **Sertifikalandırma kurumundan ya da ENEMS doğrulayıcıdan alınan geçerlilik:**

- ☐ Enerji verimliliği yönetim sisteminin, denetim prosedürlerinin ve politika belgelerinin akredite sertifikasyon kurumları ya da harici doğrulayıcı tarafından incelenmesi ve doğrulanması sistemin güvenilirliğini artırır. (bkz. Uygulanabilirlik)

j. **Süresini tamamlamış tesislerin hizmetten kaldırılmasına yönelik tasarım konuları**

- ☐ Birimin tasarlanması esnasında, tesisin hizmetten kaldırılmasının ortaya çıkarabileceği çevresel etkilerin dikkate alınması. Bu duruma ilişkin öngörüler hizmetten kaldırma işleminin daha kolay ve daha hesaplı olmasını sağlamaktadır.
- ☐ Hizmetten kaldırma işlemi toprağın( ve suyun) kirlenmesi gibi birtakım çevresel etkilere ve genellikle büyük miktarlarda katı atığın çıkmasına neden olur. Önleyici teknikler işleme özgü olduğu için enerji verimliliği teknikleri belirlerken bu tekniklerin;
  - Yer altı yapılarından uzak olması gerekmektedir.
  - Parçalamayı kolaylaştıracak özelliklerin bir araya getirilmesini ve
  - Kirlilikten kolaylıkla arındırılacak yüzey düzleminin belirlenmesini sağlamalıdır.
  - Tutulmuş kimyasalları en aza indiren ve boşaltma ya da yıkama işlemlerini kolaylaştıran malzemeleri kullanmasını sağlamalıdır.
  - Aşamalı kapatma işlemini kolaylaştıracak, kendi kendine yeten ve esnek birimlerin tasarlanmasını sağlamalıdır.
  - Uygun durumlarda doğada çözünebilen ve geri dönüştürülebilen malzemelerin kullanılmasını sağlamalıdır.
  - Zararlı maddelerin kullanımını engellemelidir( bu maddelerin yerini tutan maddeler kullanılmalıdır. Örn. ısı değişirme ya da sıvıların yalıtılması) Zararlı maddelerin kullanıldığı yerlerde, kullanım, bakım ve hizmetten kaldırma işlemlerinde risk yönetimi sağlamak.

k. **Enerji tasarruflu teknolojilerin geliştirilmesi**

- ☐ Enerji verimliliği işletmeci tarafından yürütülen işlem tasarım faaliyetlerinin ayrılmaz bir parçasıdır çünkü tasarım aşamasının başında oluşturulan teknikler daha verimli ve daha hesaplı olmaktadır.(bkz. Bölüm 2.3). R&D faaliyetleri ya da çalışmalarıyla enerji tasarruflu teknolojilere önem verilebilir. içsel faaliyetlere bir alternatif olarak uygun görüldüğü yerlerde işletmeciler ya da belirli alanda aktif olan araştırma enstitüleri, komisyon çalışmalarıyla yakından ilgilenmek amacıyla düzenlemeler yapabilir.

Elde edilen çevresel faydalar

ENEMS'in belirlenmesi ve buna bağlı olarak hareket edilmesi işletmecinin tesisteki enerji verimliliği performanslarına odaklanmasını sağlar. Aslında sıradan ve olağanüstü koşullar ve buna bağlı sorumluluklar için işletme prosedürlerinin izlenmesi ve bu prosedürlere göre hareket edilmesi, tesisin her durumda izin koşullarının ve diğer enerji verimliliği hedeflerinin gerçekleşmesini sağlar.

Enerji verimliliği yönetim sistemleri işletmenin enerji verimliliği performansının sürekli olarak artmasını sağlar. Başlama noktası ne kadar zayıfsa o kadar kısa vadeli gelişmeler ortaya çıkar. İşletmenin halihazırdaki enerji verimliliği performansı iyiye sistem işletmeciye yüksek performans seviyesinin sağlanmasında yardımcı olur.

Çapraz medya etkileri

Enerji verimliliği yönetim teknikleri IPPC Direktifinin entegre yaklaşımı ile uyumlu olan diğer çevresel yönetim teknikleri ile uyumlu olarak ve tüm genel çevresel etkileri dikkate alarak tasarlanmalıdır. Ancak enerji verimliliği genellikle bu hedeflerin yalnızca birine uyum sağlamaktadır. (ham maddelerden tasarruf edilmesi, ürün kalitesinin artırılması, çevreye karışan salınımların azaltılması(enerji tüketimini daha da artırır). Bu konu ECM REF'de daha detaylı olarak ele alınmıştır. (Finansman ve Çapraz Medya Etkileri Kaynak Belgesi)

İşletimsel veri

Özel bil bilgi yoktur. Aşağıdaki örneklere bakınız.

Uygulanabilirlik

#### 1. bileşenler

Yukarıda yer alan bileşenler tüm IPPC işletmelerinde uygulanabilir. ENEMS'in kapsamı ve(detayları) ve özellikleri (standartlaştırılmış ya da standartlaştırılmamış) tesisin karmaşıklığına, özelliklerine ve boyutuna ve neden olabileceği çevresel etkilere ve enerji kullanımına bağlıdır. Örneğin;

- ☐ Küçük işletmelerde üst düzey yönetici aynı kişi olabilir. (Bölüm 2.1(a) ve 2.1(d)(i) ) Enerji politikaları 2.1(b) ortak sosyal sorumluluk raporları aracılığıyla ya da çevresel politika belgelerinin bir parçası olarak halka sunulabilir
- ☐ Rekabet ve gizlilik konularına ilişkin diğer faktörler dikkate alınmalıdır. (bkz. Bölüm 2.1(h)). Enerji verimliliği, endekslerin(enerji kullanımının X yılında %100 olmasıyla %Y azalma) kullanılmasıyla, aynı tesis ya da aynı şirket içinde işletmenin rakamsal verilerinin artırılmasıyla halka açıklanabilir.( bkz. Bölüm 1.3 ve EK 7.4'teki örnekler)

#### 2. Standartlaştırılmış ve standartlaştırılmamış EMS'ler ve/veya ENEMS'ler

Avrupa Birliği içerisinde birçok kuruluş gönüllü olarak enerji yönetim sistemlerinin uygulanmasını kabul etmiştir. Bu kararlar;

- ☐ Mevcut enerji yönetim sistemine özel şartlar ve bir EMS(eklenmesi şart değildir) eklemek. (Aşağıda yer alan ENEMS'ler mevcut EMS ile tutarlılık sağlamak için düzenlenmiştir ) Bir EMS, EN ISO 14001:1996'yi ya da AB Eko-yönetim de denetleme programı EMAS'ı temel alabilir. EMAS, EN ISO 14001'nin yönetim istemi şartlarını içerir ancak özellikle yasalara riayet, çevresel performans ve personelin müdahil olması gibi konulara özellikle vurgu yapar. Ayrıca yönetim sistemlerinin harici olarak doğrulanması ve çevresel kamu belgesinin geçerliliğinin kabul edilmesini şart koşar. EN ISO 14001'de yeterli beyanı harici doğrulamaya alternatif olarak yer almaktadır. Standartlaştırılmamış EMS'leri yürürlüğe koyan birçok kuruluş bulunmaktadır.

- Ayrı enerji verimliliği yönetim sistemleri kullanmak (ENEMS'ler). Bunlar:  
Ulusal standartlara uyarlanmış enerji yönetimi (Danimarka DS 2403, İrlanda IS 393, İsveç SS627750, Almanya VDI Richtlinie No. 46 Enerji Yönetimi, Finlandiya kılavuzu ya da diğer kılavuzlar. (enerji yönetimine ilişkin kılavuzlar ya da uluslararası standartlar) Avrupa standardı hazırlık aşamasındadır (CEN)  
Standartlaştırılmamış sistemlere dayanan enerji yönetim sistemleri ve kendi ihtiyaçlarına ve yönetim yapılarına uyarlanmış enerji yönetim sistemleri

Enerji yönetim programlarının kıyaslanmasına ilişkin incelemeler: [165, BESS\_EIS]:

- Standartlaştırılmış sistemlerin avantajları (Danimarka, DS 2403):  
ISO ya da diğer yönetim sistemlerinin uygulamada olduğu durumlarda, enerjiye odaklanmış yapısal yaklaşım kolayca hayata geçirilebilir  
ISO 14001 ve ISO 9001'ye göre yapı ve terminoloji  
Danimarka'da ispatlanmış enerji tasarruf oranı %10 ile %15 arasındadır  
Enerji verimliliği üst düzey yönetiminin gerekli gördüğü bir konu olmuştur.  
Onayın ardından sertifika verilmesi  
Büyük şirketler sertifikalı ya da yapısal yönetim sistemlerini tercih etmektedirler  
Sertifikasyon işlemi pahalı, zorlu ve detaylıdır.  
Enerji tedarikini, dönüşümü, kullanımı, davranışı, teknolojiyi ve hatta kişileri kapsar. iyi bir şekilde belgelendirilir. (ISO 9001 temelli)  
Enerji anlaşmalarında kullanılabilir.  
dezavantajları:  
kendi içerisinde minimum düzeyde enerji yönetimi sağlar.  
Şirketlerin uygulama derecesi değişir. Örn. DS 2403
- Şirket odaklı olması, bu şirketleri tatmin etmek içindir, amaç enerji yönetiminde en iyi uygulamaların sağlanması değildir.  
Herhangi bir resmi belgelere dayandırılmış yönetim sistemi bulunmuyorsa, daha fazla ek kaynak kullanımı ve uzmanlık gerekir.

EN ISO 14001:1996 gibi uluslararası olarak kabul edilmiş standartlara uymak ve bu standartları uygulamak, özellikle düzenli olarak harici doğrulamaya maruz kalıyorsa EMS'lerin güvenilirliğini artırır. EMAS, çevresel durum belgeleri aracılığıyla kamu ile iletişimi sayesinde ve uygulanabilir çevresel tüzüklere uyumu sağlayan mekanizma aracılığıyla güvenilirliği artırır. Ancak teoride standartlaştırılmamış sistemler doğru biçimde tasarlandığı ve uygulandığı sürece aynı etkiyi sağlayacaklardır.

### 3. harici doğrulama

Belirlenen sisteme bağlı olarak, operatör harici doğrulamayı kabul edebilir( ya da etmeyebilir) ya da kamu enerji durumu belgesini kullanmayabilir(ya da kullanabilir)

**4. enerji verimliliği politikası, gizlilik ve rakebt nedeniyle halka ifşa edilmeyebilir.(bkz. (h)) Bir faktör olarak kabul edilmeyeceği için ENE'yi artırmaz. Enerji verimliliği için genel politikalar Ortak Sosyal Sorumluluk Raporu'nda halka açıklanabilir ya da veriler, endeksler olarak rapor edilebilir. (bkz. Örnekler ve EK 7.4)**

Finansman

ENEMS'in belirlenmesi ve uygulanmasının ekonomik yararlarının ve maliyetinin belirlenmesi zordur. Ancak, tasarrufların(net) doğrudan gayri safi kara katkı sağlayacağı unutulmamalıdır.

Bkz. Aşağıdaki Örnekler

Uygulama için itici güç

Enerji verimliliği yönetimi sistemleri birçok avantaj sağlar:

- ☐ Şirketin enerji verimliliği durumuna yönelik tahminler
- ☐ Geliştirilmiş enerji verimliliği performansı ve enerji verimliliği önlemlerine uyma (gönüllü olarak ya da kural gereği)
- ☐ Özellikle enerji fiyatlarının yüksele göstermesine karşı rekabetin artırılması
- ☐ İşletimsel masrafların düşürülmesi ve ürün kalitesinin artırılması için fırsatlar
- ☐ Karar alma için temel sağlama
- ☐ Personelin motivasyonu
- ☐ Şirket imajının yükseltilmesi
- ☐ Çalışanlar, müşteriler ve yatırımcılar için cazibe ortamının artırılması
- ☐ Düzenleyicilere duyulan güvenin artması böylece düzenleyicilerin gözetiminin azaltılması
- ☐ Serbest enerji piyasalarının, enerji hizmetlerinin, enerji anlaşmalarının ve enerji verimliliği teşviklerinin kullanılmasına yardımcı olmak (örn EK7.4, 7.11, 7.12, 7.13 ve 7.14).

Örnekler (bkz. EK 7.4)

- ☐ Outokumpu, Tornio works, Finlandiya [160, Aguado, 2007]
- ☐ Aughinish Alumina (AAL), İrlanda [161, SEI, 2006]
- ☐ Dow Chemical Company [163, Dow, 2005]. Çiylenme enerji yoğunluğunda hedeflenen %20 azaltma oranına ulaşmıştır, 13 849 kJ/kg üretimden 11 079 kJ/kg, a düşürülmüştür. (toplam çiy ürünü karışımı olarak hesaplanmıştır)
- ☐ Danimarka'da kanıtlanmış enerji tasarrufları [165, BESS\_EIS].

Kaynak bilgi

[160, Aguado, 2007, 161, SEI, 2006, 163, Dow, 2005]

Çevresel ana standartlar

((EC) No 761/2001 sayılı Avrupa Parlamentosunun ve Konseyin kabul ettiği Düzenleme kuruluşların, Topluluktaki eko-yönetim ve denetleme programlarına gönüllü olarak katılmasına izin vermektedir. (EMAS), OJ L 114, 24/4/2001, [http://europa.eu.int/comm/environment/emas/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/environment/emas/index_en.htm))

(EN ISO 14001:1996, <http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/iso14000/iso14000index.html>; <http://www.tc207.org>)

2. Enerji verimliliği standartları

- ☐ IS 393:2005 Enerji yönetim sistemleri (İrlanda)
- ☐ DS2403 Enerji yönetim sistemleri (Danimarka)
- ☐ SS627750 Enerji yönetim sistemleri (İsveç).

## 2.2 Amaçların ve hedeflerin planlanması ve belirlenmesi

### 2.2.1 Devam eden çevresel gelişmeleri ve çapraz medya konuları

Tanım

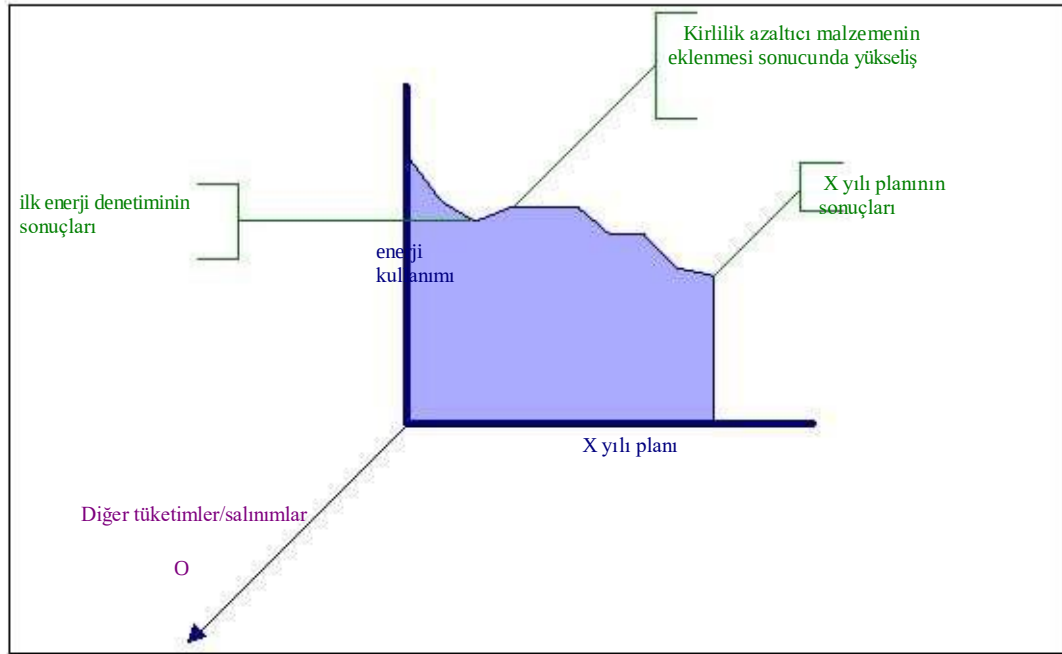
Çevresel yönetim sistemlerinin en önemli ögesi (IPPC sektörlerinin hepsinde MET olan EMS) genel anlamda çevresel gelişmeyi sürdürmektir. Operatörün enerji de dahil olmak üzere girdilere ne olduğunu (süreci anlamak) ve bunların tüketiminin salınımlara nasıl yol açtığını bilmesi gerekmektedir. Ayrıca önemli girdileri ve çıktıları kontrol ederken, enerji, su ve ham madde tüketimi gibi çapraz medya etkileri ile salınımların düşürülmesi arasındaki doğru orantının anlaşılması için önem arz etmektedir. Bu, işletmenin genel çevresel etkilerini düşürür.

Kirlilik kontrolü için entegre yaklaşımın benimsenmesi amacıyla bir işletme için iş planının yapılmasında devam eden çevresel gelişmenin odak noktası olarak kabul edilmesi oldukça önemlidir. Bunlar, işletmenin kısa, orta ve uzun vadeli planlarını ve yardımcı tüm işlemlerini ve sistemlerini kapsar. Bu bağlamda “devam eden “ sözcüğü çevresel gelişme amacının devam etmekte olduğu ve bu amacın gerçekleştirilmesi için zamanla tekrar edilen planlar ve faaliyetler anlamına gelir.

Tüm önemli tüketim ve salınımlar (enerji dahil) kısa, orta ve uzun vadeli olmak üzere finansal planlama ve yatırım döngüsü ile bağlantılı olarak koordineli bir şekilde yürütülmelidir. Bu esnada salınımlara kısa vadeli boru çıkışı çözümlerinin eklenmesi operatörün uzun vadeli daha fazla enerji tüketilmesine neden olur ve çevresel olarak daha yararlı çözümlere yatırım yapmasını ertlemiş olur. (bkz. Aşağıdaki Örnekler) Bu durum bazı çapraz medya konularının dikkate alınmasının gerektirir. Buna yönelik kılavuzlar, maliyetler ve çapraz medya etkileri konuları Bölüm 1.1.6’da yer almaktadır. Bu konuya ilişkin daha detaylı bilgi ise ECM REF[167, EIPPCB, 2006] (Bölüm 2.2.2, vb..).

Çevresel faydalar doğrusal olmayabilir yani 10 yıl boyunca %2 oranında enerji tasarrufu yapmak mümkün değildir. Faydalar düzensiz olabilir ya da aşamalı olarak ilerleyebilir.(ENE projelerindeki yatırımları yansıtır). Buna benzer olarak, diğer çevresel gelişmelerden kaynaklanan çapraz medya etkileri ortaya çıkabilir: örneğin hava kirliliği azaltmak için enerji tüketimini artırmak gerekli olabilir. Şekil 2.2 enerjinin nasıl kullanılabileceğini gösterir.

- ☐ Birinci enerji denetlemesinden ve devamındaki eylemlerden sonra ortaya çıkan düşüş Ek
- ☐ Emisyon azaltım malzemesi eklendiğinde yükseliş
- ☐ Devamında gelen eylemler ve yatırımlara karşı düşüş
- ☐ Uzun süreli planlama ve yatırım sonucunda enerji kullanımı eğilimi düşüşe geçmiştir.



Şekil 2.2: zaman içerisinde enerji kullanımının çeşitlerine yönelik örnek [256, Tempany, 2007]

AB politikalarında enerji verimliliğine büyük önem atfedilmiştir. (yalnızca çevresel konuların ele alındığı Berlin Deklerasyonu gibi) [141, EU, 2007]). MET’in tesisi içinde uygulanmasının çapraz etkilerini ve finansman konularını düşünürken enerji verimliliğinin önemi de göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, izin ELV’leri, eş parametreler ve ART 9(4) koşulları da dikkate alınmalıdır.

### Elde edilen çevresel faydalar

Enerji, su ve hammadde tüketimi uzun vadeli olarak düşürülebilir. Çevresel etkiler hiçbir zaman sıfıra indirilemez ve gerçekleştirilen faaliyetler sonucunda hiçbir maliyet kazancının elde edilemediği zamanlar da olabilir. Ancak uzun bir dönem boyunca değişen teknoloji ve masraflarla birlikte (enerji fiyatları) geçerlilik durumları da değişmektedir.

### Çapraz medya etkileri

Uzun vadeli yatırımlar gerçekleşene kadar işlemdeki tüketimin ya da salınımların bir kısmı yüksek olabilir.

### İşletimsel veri

1990’lerde yapılan bir çalışmaya göre birçok şirket enerji yatırımları hakkında elde edilebilecek çok iyi sonuçları göz ardı etmektedir. Sonuç olarak birçok şirket “çekirdek” ve “çekirdek” dışı işler arasında kesin bir ayırım yapmakta ve çekirdek dışı işler için da az yönetim çabası göstermektedir. (Ancak karşılaşılan fırsatlara ilişkin engeller bulunmaktadır örn. 18-24 aylık geri ödeme süresi) Enerji yoğunluğu olmayan iş alanlar için enerji fiyatları “genel giderler” olarak düşünülür ya da maliyet paylaşımında “eşik” altına düşen giderler olarak göz ardı edilir. Ayrıca daha ciddi enerji maliyetine sahip şirketler “pişman olmak yok” yatırımları için uygun fırsatlardan istifade ederler. [166, DEFRA, 2003].

### Uygulanabilirlik

Tüm IPPC tesisleri için uygulanabilir. Bu uygulamanın kapsamı tesis genişliğine ve değişkenlerin sayısına bağlıdır (Bkz. Elde edilen çevresel faydalar(yukarıda)).Çapraz medya etkilerine yönelik çalışmalar nadiren yapılır.

### Finansman

Genel çevresel faydaların ve para için en iyi değerin düşürülmesi amacıyla ana sermaye yatırımının bilgi çerçevesinde yapılmasını sağlar.

### Uygulama için itici güç

Kısa, orta ve uzun vadede maliyet azaltma

### Örnekler

Çapraz medya etkilerinin ele alınmasına yönelik örnekler ECM REF’de yer almaktadır. [167, EIPPCB, 2006].

Buna ilişkin örnek, çözeltili salınımlarını daha fazla düşürmeyi amaçlayan araç üreticisidir. Daha büyük değişiklikler kaydedilebilir ancak bu 25 yıldır faaliyette bulunan ve yıllık yaklaşık 500 milyon EURO ana sermayesi olan tüm boyahanelerin değiştirilmesini gerektirir. Boyahananın enerji tüketimi tesisin toplam enerji tüketiminin %38-52’sine ve 160 000 – 240 000 MWh (gazın %60’ı) na denk gelir. Kullanılan ham madde, uygulama verimliliği ve kaybedilen çözeltili miktarı otomasyon düzeyinden etkilenebilir. Aşağıda ye alan durumlar; yatırımın geri ödenmesi döneminde tüketimler, salınımlar ve sermaye masraflarının ele alınmasını gerektirir:

- ☐ Uygulanacak boya çeşidinin belirlenmesi ve uygulama sistemi
- ☐ Otomasyon miktarı
- ☐ Atık gaz ıslahı miktarı ve sistemin ihtiyacı olan boya
- ☐ Mevcut boyahananın çalışma süresi

### Kaynak bilgi

[127, TWG, , 141, EU, 2007, 152, EC, 2003, 159, EIPPCB, 2006, 166, DEFRA, 2003, 167, EIPPCB, 2006, 256, Tempamy, 2007]



## 2.2.2 Enerji yönetimine sistemli yaklaşım

### Tanım

SAVE<sup>18</sup> programındaki çalışmalar bireysel bileşenlerin (motorlar pompalar ya da ısı değiştiriciler) optimize edilmesiyle tasarruf sağlandığı durumlarda en büyük enerji verimliliğinin sistemli bir yaklaşımın benimsenmesiyle elde edildiği unutulmamalıdır. Bu sistemli yaklaşım, tesisle başlar, tamamlayıcı birimleri ve sistemleri ve bu sistemlerin optimize edilmesini(a) ve bu sistemlerin birbiriyle ilişkilerini(b) kapsar. Bunun dışında diğer optimize edilmesi kalır.

Bu, yardımcı sistemler açısından oldukça önemlidir. Geçmişte operatörler enerji kullana işlemlerde ve diğer malzemelerde gelişmeler üzerinde yoğunlaşmışlardı: talep eden taraf enerji yönetimi. Ancak tesiste kullanılan enerji miktarı, enerjinin kaynağının ve tedarik şeklinin belirlenmesiyle düşürülebilir: tedarik eden enerji yönetimi(ya da yardımcı malzeme yönetimi) (buna ilişkin seçenekler için bkz. Bölüm 2.15.2.)

Bölüm 1.3.5 ve 1.5.1’de tüm sistemlerin enerji verimliliğinin dikkate alınmasının önemini ve sistem yaklaşımının daha yüksek enerji verimliliğine nasıl katkı sağladığını ele alır. (yukarıdan aşağıya yaklaşımı)

### Elde edilen çevresel faydalar

Bileşenler düzeyinde yüksek enerji tasarrufları sağlanır. (aşağıdan yukarı). Aşağıdaki örneklere bakınız. Sistemli yaklaşım atıkları, atık suları, diğer salınımları, işlem kayıplarını düşürür.

Çapraz medya etkileri  
yok.

işletimsel veri  
ilgili bölümlerde detaylar verilmiştir:

- ☐ Bölüm 2.15.2: Model temelli yardımcı malzeme optimizasyonu ve yönetimi
- ☐ Bölüm 3 bireysel sistemlerle ilgilenir.

Uygulanabilirlik  
Tüm tesisler

Finansman  
Bkz. ilgili sektörler

Uygulama için itici güç  
☐ maliyet  
☐ artan verimlilik  
☐ azaltılan ana sermaye yatırımı

### Örnekler

ilgili sektörlerle bakınız. Örneğin: CAS’daki yeni motor ya da pompalama sistemi enerji girdisinin %2’sinin tasarruf edilmesini sağlar: tüm sistemin optimize edilmesi ise %30 ya da daha fazla tasarruf sağlar. (sistem koşullarına bağlı olarak).bkz. bölüm 3.6 ve 3.7.

### Kaynak bilgi

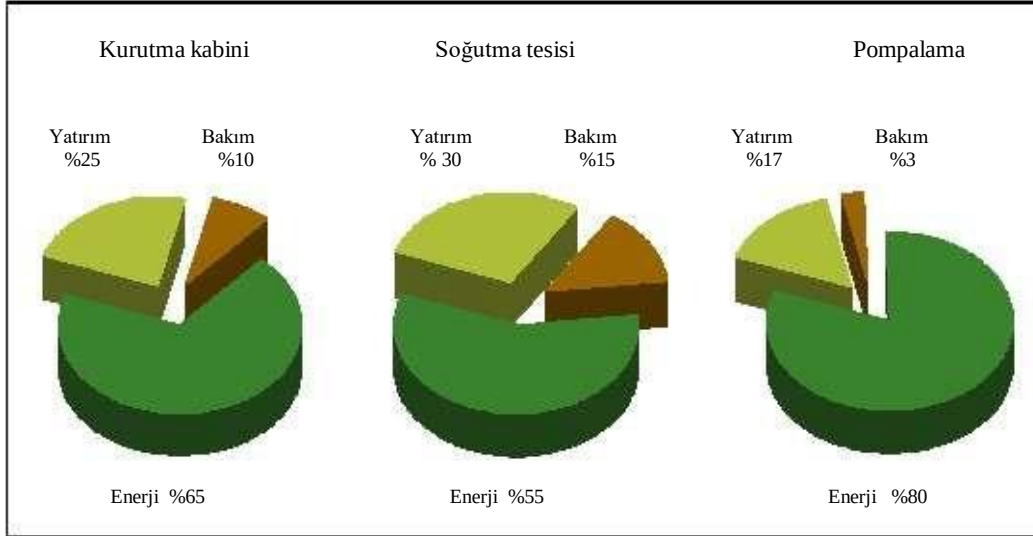
[168, PNEUROP, 2007, 169, EC, 1993, 170, EC, 2003, 171, de Smedt P. Petela E., 2006]

<sup>18</sup> S A V E is an EC Enerji Verimliliği programme

### 2.3 Enerji verimliliği tasarımı (EED)

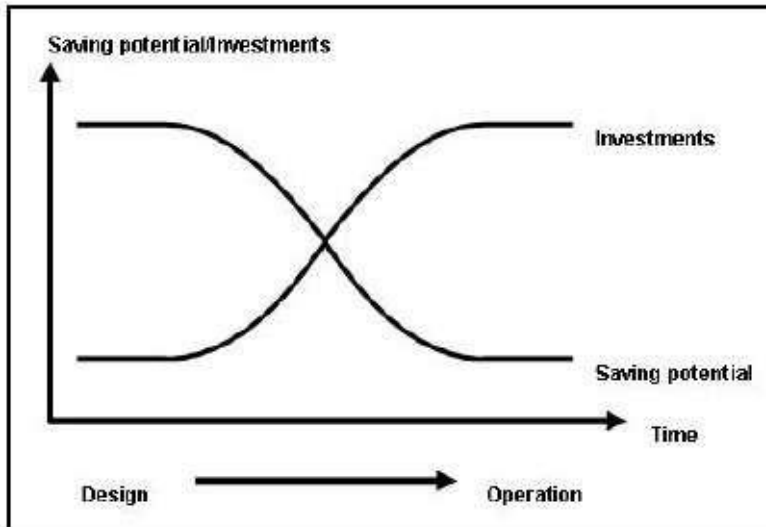
#### Tanım

Yeni bir tesisin ya da bir işletmenin planlanmasında (ya da birinin yenilenmesinde) işlemlerin, malzemelerin ya da yardımcı sistemlerin performans ömürleri boyunca enerji maliyetleri değerlendirilmelidir. Enerji maliyetleri bu tesis ya da işletme için performans ömrünün, ya da mülkiyete ait tüm masrafların (TCO) bir parçası olarak görülebilir. (tipik sanayi malzemesi için aşağıda gösterilen Şekil 2.3)



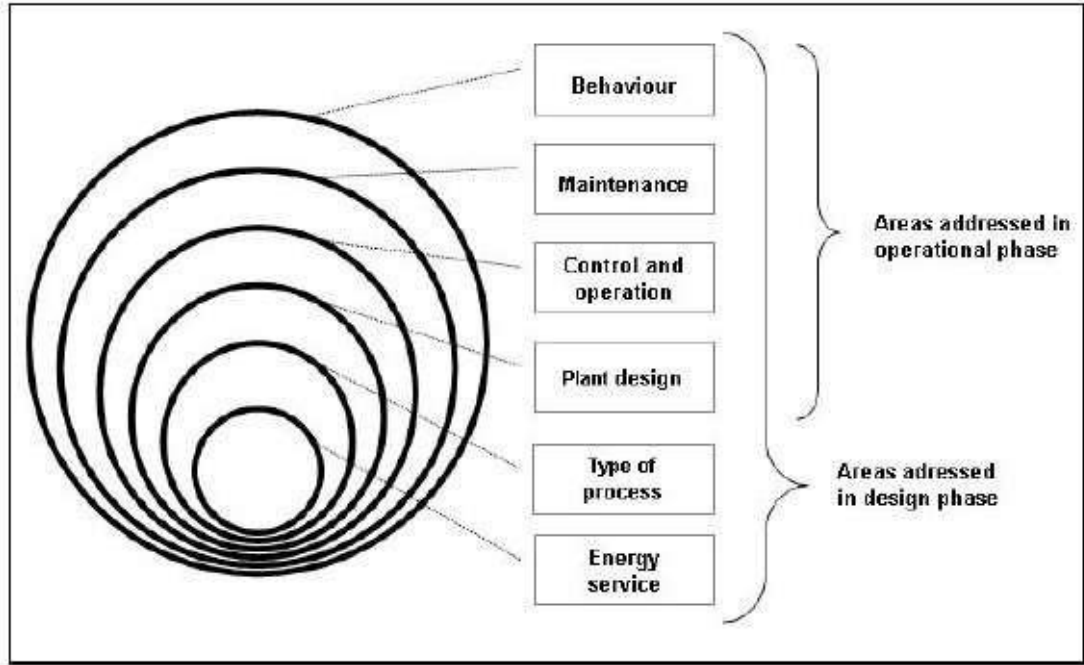
Şekil 2.3: Tipik sanayi malzemeleri için mülkiyet masraflarına ilişkin örnek (10 yıldan fazla performans ömrü)

Tecrübeler gösteriyor ki, yeni tesisin planlanma ve tasarım aşamasında enerji verimliliğinin hesaba katılması ticari faaliyet kapsamında bir tesisin optimize edilmesiyle karşılaştırıldığında daha yüksek verimlilik sağlanmasına ve tasarruf yapılması için gerekli yatırımların daha az olmasına katkıda bulunur. (bkz. Şekil 2.4)



Şekil 2.4: Operasyonel aşamalarla karşılaştırıldığında tasarım aşamasında yatırımlar konusunda yapılan tasarruflar

Enerji tasarruflu tasarımlar, mevcut tesislerde enerji denetimleri gerçekleştirilirken aynı metotları ve aynı teknolojik bilgiyi kullanır. Temel tasarım parametreleri ve uygulanacak sistemin seçilmesi gibi parametreler sebebiyle birtakım farklılıklar ortaya çıkabilir. (bkz. Bölüm 2.3.1) Ana işlem malzemeleri aşağıdaki Şekil 2.5'te belirtildiği gibi tasarım aşamasında düşünülebilir. Bu da en verimli teknolojilerin seçilmesine yardımcı olur. Bu alanlar, genellikle ticari faaliyette bulunan bir tesiste karşılanması zor hatta imkânsız maliyetlerdir.



Şekil 2.5: Operasyonel aşamadan öteye tasarım aşamasında dikkate alınacak alanlar

Enerji hizmetlerinin ve enerji ihtiyacının belirlenebildiği ve analiz edildiği tipik alanlar aşağıda yer alan maddelerin belirlenmesidir:

- ☐ Planlanan HVAC işletmelerinde hava akış gereksinimleri: (ısıtma, iklimlendirme ve havalandırma) : merkez HVAC sistemlerinde hava akışını düşürmek için neler yapılabilir? (bkz. Bölüm 3.9)
- ☐ Soğutma sisteminde tuzlu suya ilişkin düşük sıcaklık gereksinimleri: Tuzlu su sıcaklığının yükseltilmesi için ve soğutma yükünü düşürmek için hangi işlemin değiştirilmesi ya da optimize edilmesi gerekir?
- ☐ Kurutma işleminde ısı yükü: ısı yükünü azaltmak için hangi işlem parametrelerinin ve tesis ilkeleri değiştirilebilir?(bkz. Bölüm 3.11)
- ☐ Proses tesisinde buhar ihtiyacı: Sıcak su kullanılırsa atık ısı ısıtma amacına yönelik kullanılabilir mi? (Bkz. Bölüm 3.2)
- ☐ Sıkıştırılmış hava için gerekli basınç: Basınç düşürülebilir mi ya da sistem yüksek ve orta basınçlı sistemlere ayrılabilir mi? (bkz. Bölüm 3.7).

Bu sorulara yanıt bulmak kolaydır, ancak tasarruf olasılıklarını açıklığa kavuşturmak için birçok konunun ele alınması gerekmektedir.

Tecrübeler gösteriyor ki, yeni binalarda ve önemli güncellemelerde önemli tasarruflar sağlanmaktadır ancak bu; tekniğin yenileme, güncelleme ve yeniden düzenleme konularına ilişkin planlama ve tasarım aşamalarına uygulanmasını engellemelidir. Pinç metodu bu soruların bir kısmına cevap bulabilmek amacıyla kullanılabilir. (bir tesiste ya da ünite de hem sıcak hem de soğuk buharların olduğu durumlarda) (bkz. Bölüm 2.12).

Yine tecrübeler gösteriyor ki, planlama ve tasarım işlemleri süreci dikkat gerektiren bir süreçtir ve bu süreç yoğun programlarda işler. (olası tasarrufların detaylı analiz edilmesi için yeterli zaman (kaynak) bulunmadığı durumlarda) Sonuç olarak, enerji verimliliği tasarımının (EED) çalışma süreci aşağıda Tablo 2.2’de yer alan tipik inşaat işlemi için oluşturulan planlama ve tasarım faaliyetlerini takip etmelidir.

| inşaat aşaması                     | EED faaliyeti                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Temel tasarım/<br>Konsept tasarımı | <input type="checkbox"/> Yeni tesisler için enerji kullanımı dikkate alınarak yayımlanan verileri<br><input type="checkbox"/> Gerçek enerji ihtiyaçlarının değerlendirilmesi<br><input type="checkbox"/> Yaşam boyu enerji maliyetlerinin değerlendirilmesi<br><input type="checkbox"/> Enerji tüketimini etkileyen temel tasarım parametrelerinin değerlendirilmesi yeni tesisler için enerji verimliliğini etkileyen önemli kişilerin ve tarafların belirlenmesi<br><input type="checkbox"/> Enerji hizmetlerinin azaltılması<br><input type="checkbox"/> En uygun teknolojilerin belirlenmesi                                                |
| Detaylı tasarım                    | <input type="checkbox"/> Optimal proses tesislerinin ve yardımcı sistemlerin tasarımı<br><input type="checkbox"/> Kontrol ve araç yerleştirme ihtiyaçlarının değerlendirilmesi<br><input type="checkbox"/> Proses entegrasyonu/ısı geri kazanım sistemleri (pinç metodu)<br><input type="checkbox"/> Basınç ve sıcaklık kayıplarının en aza indirilmesi<br><input type="checkbox"/> Verimli motorların, sürücülerin ve pompaların seçilmesi<br><input type="checkbox"/> Enerji verimliliğine ilişkin ihaleye gönderilecek ek şartnameler<br><input type="checkbox"/> Daha fazla enerji verimliliği çözümü sağlamak için üreticilere danışmak ve |
| ihale süreci                       | <input type="checkbox"/> ihaleleri araştırmak<br><input type="checkbox"/> ihalelerde tesis tasarımlarının ve özelliklerinin kalite kontrolü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| inşaat ve bina dikme               | <input type="checkbox"/> ihalelerde özellikleri belirlenen malzemelerle karşılaştırıldığında kurulan malzemeler için özelliklerin kontrol edilmesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Kurulum işletimsel                 | <input type="checkbox"/> şartnameye göre proseslerin ve yardımcı işlemlerin optimize edilmesi enerji                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| aşama                              | <input type="checkbox"/> denetimleri<br><input type="checkbox"/> enerji yönetimi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Tablo 2.2:Yeni sanayi tesisinin kurulumunun enerji verimli tasarımları sırasında gerçekleşen aktivitelerin örneği

Gerçek enerji ihtiyaçlarının değerlendirilmesi EED çalışmaları için gereklidir, planlama ve tasarım süreçlerinin son aşamaları sırasında ele alınacak en cazip alanları belirlemek için temel oluşturur. Teoride bu aktiviteler zinciri hem karmaşık proses tesislerinde hem de basit makinaların ve tesislerin tedarik edilmesinde kullanılabilir. Planlanan ve bütçesi çıkarılan ana yatırımlar, yıllık yönetimin değerlendirilmesiyle belirlenmelidir ve enerji verimliliğine özellikle dikkat edilmelidir.

Elde edilen çevresel faydalar

EED metodu, sanayide olası maksimum enerji verimliliğine ulaşılmasını hedefler ve yenileme çalışmalarında çok uygun olmayan enerji tasarruflu çözümlerin uygulanmasını sağlar. Birçok proje sonucunda toplam enerji tüketiminin %20-30’u tasarruf edilmektedir. Bu tasarruflar faaliyette olan enerji denetimlerinde elde edilen tasarruflardan daha fazladır.

Çapraz medya etkileri

Entegre tasarım yaklaşımından hiçbir fayda beklenmemektedir.

işletimsel veri

Farklı sektörlerde EED’den kaynaklanan durumlara yönelik bazı örnekler aşağıdaki Tablo 2.3’te gösterilmiştir.

| Şirket                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Tasarruf<br>(Euro/yıl) | Tasarruf<br>(%) | Yatırım<br>(EURO) | Geri ödeme<br>(yıl bazında) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|
| <b>Yiyecek içerikleri</b><br><input type="checkbox"/> yeni soğutma konsepti<br><input type="checkbox"/> fermantasyon sürecinin değiştirilmesi<br><input type="checkbox"/> paketleme bölgelerinde azaltılmış HVAC<br><input type="checkbox"/> fermentörlerden ısı geri kazanımı<br><input type="checkbox"/> yeni aydınlatma ilkeleri                                                       | 130000                 | 30              | 115000            | 0.8                         |
| <b>Şekerler</b><br><input type="checkbox"/> Kurutma işleminin kontrolü<br><input type="checkbox"/> soğutma döngüsünü optimize etmek<br><input type="checkbox"/> ürünlerin infrared kurutulmasının<br><input type="checkbox"/> azaltılması düşürülmüş sıkıştırılmış hava<br><input type="checkbox"/> basıncı                                                                               | 65000                  | 20              | 50000             | 0.7                         |
| <b>daha ucuz ısı kaynağı (bölge ısıtma)</b><br><b>Hazır yiyecekler:</b><br><input type="checkbox"/> Fırınlara ısı kaynaklarının değiştirilmesi<br><input type="checkbox"/> Yeni dondurma teknolojisi<br><input type="checkbox"/> Yeni ısı geri kazanım konsepti<br><input type="checkbox"/> optimize edilmiş NH <sub>3</sub> soğutma tesisi<br><b>optimize edilmiş ısı değiştiriciler</b> | 740000                 | 30              | 1500000           | 2.1                         |
| <b>Plastikler</b><br><input type="checkbox"/> Yeni soğutma konsepti (doğal soğutma)<br><input type="checkbox"/> bina ısıtmada ısı geri kazanımı düşürülmüş<br><input type="checkbox"/> basınçlı sıkıştırılmış düşürülmüş HVAC sistemleri                                                                                                                                                  | 130000                 | 20              | 410000            | 3.2                         |
| <b>Mezbahalar:</b><br><input type="checkbox"/> kapsamlı ısı geri kazanımı<br><input type="checkbox"/> optimize temizlik işlemi<br><input type="checkbox"/> düşürülmüş dondurma ve soğutma yükü<br><input type="checkbox"/> soğutma işlemlerinin kontrolü<br><b>binaların ısıtılması için içyağı kullanımı</b>                                                                             | 2000000                | 30              | 5000000           | 2.5                         |

Tablo 2.3: EED için beş pilot projede elde edilen tasarruflar ve yatırımlar

Geleneksel enerji denetlemeleriyle karşılaştırıldığında, EED’den elde edilen tasarruflar için toplam sosyo ekonomik ve maliyet kazançlı oranlar 3-4 kat daha fazladır.

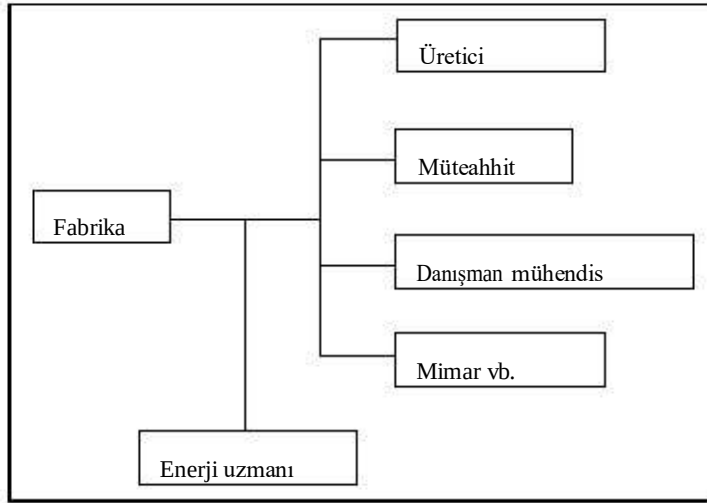
EED çalışmalarının bir takım proje aşamalarında uygulanması önerilir. Öm:

- ☐ Enerji tüketimi verilerinin değerlendirilmesi ve odak alanı
- ☐ Enerji hizmetlerinin en aza indirilmesi ve MET’in uygulanması
- ☐ Tesisin tasarımı, kontrol edilmesi ve ekipmanla donatılması için girdi tedariki
- ☐ ihalelerin kalite güvencesi
- ☐ izleme

Proje aşamalarının her biri özel çıktı sağlar ve böylece operatör hangi araştırmaların yapılacağına karar verebilir.

EED çalışmasının en uygun sonuçlarının elde edilmesi için aşağıdaki kriterlerin yerine getirilmesi gerekir:

- Planlanan yatırımları; konsept tasarımının/temel tasarımın ilk aşamalarında belirlense bile, maksimum seviyede tasarrufun elde edilmesi ve tasarım işleminin ertelenmemesi için EED bu aşamada başlatılmalıdır.
- Enerji tüketim verilerinin ve performans ömrü süresince ki maliyetlerin tümü hesaplanmalı ya da konsept tasarımının/temel tasarımın ilk aşamalarında hazır bulundurulmalıdır. Enerji tüketimi verimlerinin EED'den sorumlu tüm kişiler tarafından değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Genellikle tedarikçiler ve üreticiler bu aşamada veri sağlayamayabilirler bu yüzden bu veriler mevcut değilse diğer yollarla değerlendirme yapılmalıdır. Veri toplama tasarım projesinin bir parçası olarak ya da ayrı bir şekilde gerçekleştirilebilir.
- EED çalışması Şekil 2.6'da gösterildiği biçimde tasarım organizasyonundan bağımsız olan bir enerji uzmanı tarafından gerçekleştirilmelidir. (özellikle enerji gerektirmeyen yoğun sanayiler) (bkz. Uygulanabilirlik)



Şekil 2.6: Yeni tesislerin planlanması ve tasarlanmasında enerji uzmanının dahil olduğu tavsiye edilen organizasyon

- Nihai kullanıma ek olarak enerji tüketiminin ilk aşamada yol haritasının çizilmesi sırasında, proje organizasyonlarında gelecekteki enerji tüketimini etkileyecek tarafların belirlenmesi gerekmektedir. Örnek olarak mevcut fabrikadaki personel (operasyonel ve teknik eleman) gelecekteki tesisin enerji verimliliği düşüşünü optimize etmek için en önemli parametrelerin belirlenmesinden sorumludur.
- ihalelerin risk değerlendirmesi ve diğer veriler proje için sağlanan ürünlerin enerji verimliliğinin optimize edilmesinden yararlanmayacak üreticilerin belirlenmesine yardımcı olur. Örneğin, sıkı fiyat rekabeti tesisin performans ömrü boyunca işletme masraflarının artışı geçmesine neden olacaktır.
- Diğer tarafta, enerji verimliliğinin yeni tesisler, işletmeler ve yeniden inşa işlemleri için ihale sürecinde ana faktör olarak belirlenmesi en uygun enerji tasarruf seçeneklerini destekler.

EED çalışmasının çok taraflı olduğunu belirtmek gerekmektedir. Ayrıca, enerji uzman(iç ya da bağımsız ) teknik olarak yetkin olmalı aynı zamanda karmaşık organizasyonlarla ve karmaşık teknik sorunlarla baş etmede tecrübeli olmalıdır.

### Uygulanabilirlik

Enerji tasarruflu tasarımların uygulanması (EED) sanayide ve diğer enerji tüketen sektörlerde enerji verimliliğini artırmak için en etkili ve en hesaplı yöntemlerden biridir. EED, birçok sanayi sektöründe başarılı bir şekilde uygulanmaktadır, tesis, proses üniteleri ve yardımcı sistemlerde tasarruflar sağlanmaktadır

Başarı karşısında en büyük engel, üreticilerdir.(özellikle enerji kullanmayan sanayilerde). Üreticiler, kimi zaman çekimser veya doğruluğu onaylanmış standart tasarımlarının değiştirmekten ya da ürün garantilerini güncellemekten kaçınırlar. Diğer tarafta, kalite ve verim gibi tüm değişim sonuçlarını belirlemek mümkün olmayabilir. TQM gibi belirli yönetim sistemleri üreticileri, ürün kalitesini etkileyebilecek değişiklikler yapmaktan alıkoymaz.

EED çalışmasının konsept tasarım çalışmasının ilk aşamalarında başlatılması ve planlanması, planlama ve tasarım süreçlerinde zaman kaybı yaşanmaması açısından oldukça önemlidir .

EED temel olarak bilinen teknolojilere ve ilkelere odaklansa da yeni teknolojiler ve daha karmaşık çözümler ortaya atılmaktadır. Bu durum müşteri perspektifinden bakıldığında bir risk olarak algılanabilir.

Enerji yoğunluğuna bağlı tesisler (kimyasal tesisler, rafineriler, atık yakma, çelik üretme gibi)

Enerji verimliliği tasarım uzmanlığının, tasarım organizasyonlarından bağımsız olarak ele alınmasına yönelik aşağıdaki noktaları dikkate alınması gerekir.

- ☐ Enerji yoğunluğu bulunan sanayiler enerji verimliliği tasarımında uzman personel bulundurulur. Bunun başlıca sebebi rekabet ve tasarımların gizliliğidir. Bu yüzden bağımsız uzmanların çalışması uygun değildir. Enerji verimliliği, üreticiler ve malzeme tedarikçileri için ihale şartnamesinin bir kısmını oluşturur. (ENE, ihale şartnamelerinin bir kısmını oluşturmalıdır, bkz. ihalelerin risk yönetimi, işletimsel veri) Bu
- ☐ yüzden üreticiler enerji verimliliği konusunda duyarlı olmalı ve enerji kullanımının ya da üretiminin çok önemli olduğu sistemler ve karmaşık tesisleri için ihale süreçlerinde ürünlerini düzenli olarak kontrol etmeli ve kıyaslamalar yapmalıdır. ihaleler genellikle müşteri tarafında bulunan enerji uzmanları tarafından değerlendirilir.
- ☐

### Finansman

Bağımsız enerji uzmanının ücreti enerji tüketiminin boyutu ve niteliğine bağlı olarak planlanan yatırımın %0.2 si ile %1'i arasında bir değer olabilir. EED'nin proses tesisi işletmesinin üreticisi ya da tesisi içi takım tarafından uygulandığı durumlarda maliyetin değerlendirilmesi zordur.

Birçok durumda enerji tasarruflarına ek olarak başlıca enerji hizmetlerinin en aza indirilmesi amacıyla (soğutma, ısıtma ve gaz gibi) EED işlemleri düşük yatırımlarla sonuçlanmaktadır.

İyi planlanmış bir proses tesisinin, klasik bir şekilde planlanan tesisten daha fazla kapasiteye(enerji kayıplarını en aza indirmek için daha fazla kapasiteye sahip olmak gibi) sahip olduğu görülmüştür. (ısı değiştiriciler gibi başlıca malzemelerde)

### Uygulama için itici güç

EED için başlıca faktörler:

- ☐ Daha düşük işletimsel masraflar
- ☐ Yeni teknolojilerin uygulanması (MET'in uygulanması için fırsat)
- ☐ Daha iyi uygulamalar ve veriler sayesinde iyi tasarlanmış tesisler
- ☐

Ayrıca artan verim, azaltılan atıkları ve geliştirilmiş ürün kalitesinde faydalar elde etmek mümkündür. (bk. Bölüm 2.3.1)



## Örnekler

Birtakım resmi Danimarka pilot projesinin sonucunda oluşturulan raporlara göre:

- ☐ Danish Crown'da yeni bir mezbaha, Horsens, Danimarka ([www.danishcrown.com](http://www.danishcrown.com)). Bu mezbaha AB-25 ülkeleri içerisinde en büyük mezbahadır ve işletmecinin enerji yönetiminde çok geniş bir uzmanlığı vardır ve bu durum önemli işletimsel maliyetleri beraberinde getirmiştir. Ancak, ilk aşamadaki proje tasarımının dış enerji verimliliği proje işlemine eklenmesi performans ömrü boyunca %30'dan daha fazla enerji tasarrufu elde edilmesini sağlamıştır.
- ☐ Danpo, Farre, Danimarka'da yeni bir hazır yemek fabrikası Danimarka ([www.danpo.dk](http://www.danpo.dk))
- ☐ Chr. Hansen, Avedøre Holme, Danimarka'da yeni içerik maddeleri tesisi ([www.chrhansen.com](http://www.chrhansen.com))

Bu projelere ilişkin (Danimarka'da) resmi raporlar Danimarka Enerji Ajansı'ndan tedarik edilebilir. ([www.ens.dk](http://www.ens.dk)).

Hayvan barındırma tasarımları ise IRPP BREF'de enerji verimliliği için MET'de yer almaktadır. [173, EIPPCB, 2003].

- ☐ Karup Kartoffelmelfabrik, Danimarka (EU LIFE projesi)'da patates nişastası üretim tesisi

İrlanda'da ilaç şirketi için bağımsız olarak yürütülen EED projesi performans ömrü boyunca %64 oranında enerji tasarrufu yapıldığını tespit etmiştir. Ancak EED süreci çok geç başlatıldığı için belirlenen önlemlerin tümü projeye dahil edilememiştir bu sebeple de olası enerji tasarruflarının yarısına ulaşılmıştır.

## Kaynak bilgi

Danışman Mühendisler Kuruluşu (FRI) enerji tasarruflu tasarımlar alanında metotlar ve kılavuzlar geliştirmiştir. Bu materyal (Danimarka'ca) [www.frinet.dk](http://www.frinet.dk). Adresinden sipariş edilebilir.

Danimarka Anlaşmaları Programı başlıca enerji tüketen sanayiler tarafından izlenecek birtakım metotlar ve olaylara ilişkin belgeler sunmaktadır. (Danimarka'ca) bkz. [www.end.dk](http://www.end.dk)

[172, Maagøe Petersen, 2006]

IRPP BREF, Bölüm 5.2.4 ve Bölüm 5.3.4.

Patates nişastası üretim projesi referansı: LIFE04ENV/DK/67 [174, EC, 2007]

<http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/>

### 2.3.1 İşlem teknolojisinin belirlenmesi

#### Tanım

Enerji tasarruflu işlem teknolojisinin seçilmesi, açıklığa kavuşturulması gereken enerji verimliliği tasarımının en önemli kısmıdır çünkü işlem teknolojisinin seçilmesi yalnızca yeni binalar ve başlıca güncellemeler için düşünülmüştür. Birçok durumda bu, belki de en etkili enerji tasarruflarının uygulanması için bir fırsattır. ilgili işlemlerde teknolojik gelişmelerin ele alınmasına yönelik iyi bir uygulamadır.(bkz. Bölüm 2.1(k)).

IPPC sektörlerinin karşısında işlem teknolojilerinin seçilmesine yönelik genelleme yapmak zordur, bu yüzden dört farklı sanayi aşağıda örneklerle açıklanmıştır.

Geniş çerçevede işlem teknolojisini değiştirmek için çeşitli seçenekler bulunmaktadır. ,

- ☐ İşlem biliminin değiştirilmesi
- ☐ İşlem malzemelerinin değiştirilmesi
- ☐ Hem bilimin hem malzemenin değiştirilmesi
- ☐

Farklı teknolojileri kullanan birden fazla işlem aşaması olabilir (örneğin, daha detaylı işlemden geçirilecek ara ürünlerin oluşturulması) yeni bir tesis kurarken ya da mevcut tesisi güncellerken bu aşamalardan biri veya birden fazlası değerlendirilebilir. Nihai ürünün değerlendirilebilmesi için tüm işlemin yeni yollar açacak işlemlerle değiştirilmesi sonucunda en iyi sonuçlara ulaşılabilir.

Elde edilen çevresel faydalar

işleme bağımlı: işlemin değiştirilmesi önemli enerji tasarruflarına yardımcı olabilir, atıkların ve zararlı içeriklerin azaltılmasına çözeltiler gibi diğer salınımların indirgenmesine katkı sağlayabilir. Örneklerle bakınız.

Çapraz medya etkileri

işleme bağımlı. Örneklerle bakınız

işletimsel veri

işleme bağımlı. Örneklerle bakınız

uygulanabilirlik

işleme bağımlı. Örneklerle bakınız

Finansman

işleme bağımlı. Örneklerle bakınız

Uygulama için itici güç

işleme bağımlı: bu, maliyetin düşürülmesini, daha iyi randıman alınmasını, ürün kalitesinin artırılmasını (stereo spesifik), daha az yan ürün üretimini ve atıkların toksisitesinin düşürülmesini kapsar.

Katalizörler için

- ☐ Bazı durumlarda ürün seçicilik
- ☐ Bazı reaksiyonlar katalizör olmadan gerçekleşemez. (reaksiyonun, termodinamik hesaplamalardan daha uygun olduğu durumlarda bile)

Örnekler

EK 7.5'teki örnekler:

1. Kimyasal reaksiyonlarda katalizör kullanımı. Katalizörler enerji aktivasyonunu düşürebilir ve reaksiyona bağlı olarak gerekli ısı enerjisi girdisini düşürebilir. Katalizörler yıllardan beri kullanılmaktadır fakat bazı alanlarda hala araştırmalar yapılmaktadır. Günümüzde, biyoteknolojik yaklaşımlara ve organik kimyasalların, ilaçların ve biyo-yakıtların üretimdeki rolüne ilgi artmıştır (biyokatalizörler gibi) EK 7.5, Örnek 1:  
Akrilamidlerin enzimatik üretimi (Mitsubishi Rayon, Japonya).
2. Konvansiyonel çözelti bazlı sistemler yerine radyasyonla kürlenmiş mürekkeplerin ya da boya sistemlerinin kullanılması EK 7.5, Örnek 2
3. Kümes hayvancılığında barınma için alttan sistemleriyle ısı geri kazanımının uygulanması Ek 7.5, Örnek 3.

Detaylı bir örnek için: Yeni kurulmuş patates nişastası üretim tesisi, Karup Kartoffelfabrik, Danimarka (EU LIFE projesi).

Kaynak belge

[164, OECD, 2001, 173, EIPPCB, 2003, 175, Saunders\_R., 2006]

Patates nişastası üretim projesi referansı: LIFE04ENV/DK/67 [174, EC, 2007];

<http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/>

[257, Clark, 2006]

## 2.4 Artan proses entegrasyonu

### Tanım

Enerji ve ham maddelerin kullanımının yoğunlaştırılması (bir veya birden fazla işlem ya da sistem arasında kullanımlarını optimize ederek )

Bu entegrasyon tesise ve işleme özgüdür ancak aşağıda Örnekler bölümünde buna ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

Elde edilen çevresel faydalar

Bu faydalar aşağıda yer alan maddelerden birini ya da birden fazlasını kapsar:

- ☐ Enerji verimliliği artışı
- ☐ Ham madde, su (soğutma suyu ya da demineralize su gibi) ve diğer yardımcı malzemeler gibi maddelerin geliştirilmesi
- ☐ Havaya, suya (düzenli depolama) ve toprağa karışan salınımların azaltılması

Diğer faydalar tesise bağlıdır.

### Çapraz medya etkileri

Olması beklenmemektedir.

### İşletimsel veri

Bilgi yok.

### Uygulanabilirlik

Genel olarak uygulanabilir, özellikle işlemlerin birbirlerine bağlı oldukları durumlarda ancak, geliştirme seçenekleri özel durumlar içindir.

Entegre bir tesiste tek bir değişikliğin diğer parametreleri etkileyebileceği dikkate alınmalıdır. Bu yaklaşım çevresel itici güçlere ilişkin değişikliklere yönelik olarak benimsenebilir.

Uygulama için itici güç

- ☐ maliyet kazancı
- ☐ diğer faydalar tesise özgüdür.

### Finansman

Enerji ve diğer ham maddelerden elde edilen tasarruflar sonucundaki maliyet kazançları olaylara bağlıdır.

### Örnekler

1. Grande Paroisse, Rouen, Fransa işletim masraflarında yılda 100000 Euro'dan fazla miktarda tasarruf sağlamıştır. Örnek tesiste (bkz. LVIC-AAF BREF, Bölüm 1.4.1), nitrik asit ve AN tesislerinin entegrasyonu artırılmıştır. (AN: amonyum nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )). Aşağıda yer alan önlemler uygulanmıştır :

- ☐ Gazlı (çok ısıtılmış)  $\text{NH}_3$  genel ham maddedir. Her iki tesis de tek bir  $\text{NH}_3$  Buharlaştırıcı paylaşabilir. AN tesisinden gelen proses ısıyla işletildiğinde AN tesisindeki düşük basınçlı buhar iki ısı değiştirici aracılığıyla kazan besleme suyunu ısıtabilir. (43 ile 100 °C arasında)
- ☐ Sıcak kazan besleme suyu daha sonra nitrik asit tesisinin artık gazının ön ısıtılması işleminde kullanılabilir. AN tesisinden gelen proses kondansatörü nitrik asit tesisinin absorpsiyon sütununa geri dönüştürülür.
- ☐
- ☐

Bu durum;

- ☐ Enerji verimliliğinin artırılmasıyla
- ☐ Demineralize suyun daha az tüketilmesiyle
- ☐ Ortak amonyak buharlaştırıcının kullanılarak daha az yatırımın yapılmasıyla sonuçlanmıştır.

2. Yeni kurulan patates nişastası üretim tesisi Karup Kartoffelmelfabrik, Danimarka (EU LIFE projesi).

Kaynak bilgi

[154, Columbia Encyclopedia] [221, Yang W., 25 May 2005,] Patates nişastası üretim projesi: LIFE04ENV/DK/67 [174, EC, 2007]; <http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/>

## 2.5 Enerji verimliliği girişimlerine ivme kazandırılması

### Tanım

İvme kazandırmaya yönelik ve enerji verimliliği programlarının sağlanmasına ilişkin birçok problem belirlenmiştir. Yeni teknolojilerin ya da tekniklerin belirlenmesiyle enerji verimliliğinde tasarruf sağlanıp sağlanmadığını saptamak gerekmektedir. Verimsiz uygulama malzemelerin bakımlarının doğru yapılmaması sonucundaki “sızıntılar” dikkate alınmaz.

Belirlenen sorunlar aşağıda yer alan maddeler kapsar: (bu sorunların aşılmasına yönelik tekniklerin bir kısmı diğer bölümlerde ele alınmıştır)

- ☐ Stratejiler ve şartlar olgunlaştığında stratejiler, yaşam döngüsü açısından değerlendirmeye alınır. Bu stratejilerin hedef kitle ve müdahale metodu kapsamında uygun olmasını sağlamak için incelenmesi gerekmektedir. (stratejilerin değerlendirilebilir verimliliğe sahip olmasının ardından geçen zaman içerisinde: birkaç yıl)
- ☐ Enerji verimliliği göstergeleri bazı alanlarda gelişim sürecinde olabilir. ( bkz. Bölüm 1.3.3)
- ☐ Enerji verimliliği yönetimi ve teşviki, uygun ölçümleme metodlarının bulunmadığı durumlarda zordur. Malzemelerin ve birimlerin ENE’si daha makul düzeyde gözlemlenebilir, entegre sistemler için ENE göstergeleri bir sorundur: ölçümlere ve ölçüm sınırlarının belirlenmesindeki problemlerin çözümlerine katkı sağlayan birçok faktör bulunmaktadır. (bkz. Bölüm 1.4 ve 1.5)
- ☐ Enerji verimliliği genellikle sabit masraf olarak ya da genel giderler olarak görülür ve üretim için farklı bütçe doğrusu (bütçe merkezi) na sahiptir. Bilginin güncellenmesiyle ve etkilerin gözlemlenmesiyle iletişim yollarının uygun hale getirilmesi için strateji kapsamında bakım faaliyetine ihtiyaç vardır. Bu, interaktif iletişim metodlarının kullanılmasını kapsar. (bkz. Bölüm 2.7)
- ☐ ENE tasarruflarının ve iyi uygulamalarının sürdürülebilirliğini sağlamak bu sürdürülebilirliğin yaygınlaşmasını ve yönetim perspektifini genişletilmesini sağlamak (bkz. Bölüm 2.6 ve 2.7)
- ☐ Tüm personel düzeyinde eğitim vermek ve devamlı gelişme sağlamak (bkz. Bölüm 2.6)
- ☐ Teknolojik gelişmeler (bkz. Bölüm 2.2.1, 2.2.2, 2.3 vb.)
- ☐

Enerji verimliliği programlarına ivme kazandıracak teknikler:

Özel enerji verimliliği yönetim sisteminin uygulanması (bkz. Bölüm 2.1)

Gerçek(ölçülmüş) değerlere dayanan (tahminler değil) enerji kullanımına açıklık getirmek. Bu, enerji verimliliğinin kullanan öder politikasına mesuliyet yükler ve bu politikanın güvenilirliğini artırır. (Bkz. Bölüm 2.10.3 ve 2.15.2)

- ☐
- ☐

- ☐ Enerji verimliliğinin şirketteki kar merkezi olarak düşünülüp belirlenmesi (takım ya da bütçe merkezi olarak), böylece yatırımlar ve enerji tasarrufları (ya da enerji maliyeti düşürme) aynı bütçe içerisinde yer alır ve enerji verimliliğinden sorumlu kişiler üst yönetime, şirkete kar sağladıklarını gösterebilirler. Enerji verimliliği yatırımları üretilen ürünlerin ek satışına denk gelecek şekilde gösterilebilir. (bkz. aşağıdaki Örnekler)
- ☐ “işletimsel mükemmeliyeti”ni yakalayan mevcut sistemler yeni bir bakış açısı getirmek (aşağıdaki örneklerde açıklanmıştır)
- ☐ En iyi uygulamaların ya da MET’in uygulanmasının sonuçlarının karşılığı
- ☐ Değişim yönetimi tekniklerinin kullanılması (“işletimsel mükemmeliyetin” bir özelliği) bu durum,
- ☐ değişimin uygulanmasından sorumlu kişi için herhangi bir fayda sağlanmadığı sürece bu değişime direnmesi oldukça normaldir. Güvenilir olduğu düşünülen seçeneklerin faydalarının belirlenmesi (çevrim içi ve çevrim dışı, ya da “olursa ne olur” senaryoları) ve bu faydaların etkin bir şekilde değerlendirilmesi gerekli değişikliklerin yapılması için harekete geçmeyi sağlar. Veri gereksinimleri için örnekler, Bölüm 1.15.2’de yer almaktadır)

### Elde edilen çevresel faydalar

işletimsel mükemmeliyet: enerji verimliliği programlarının ivmesinin artırılması . Bütüncül olması dolayısıyla, diğer çevresel önlemlerin uygulanışını artırır.

### Çapraz medya etkileri

Yoktur.

### İşletimsel veri

Bkz. Tanım ve örnekler

### Uygulanabilirlik

Ele alınacak teknikler işletmenin boyutuna ve çeşidine bağlıdır. Örnek için:

- ☐ Karmaşıklık, tesisin türü ve çeşidi ile orantılı olsa da ENEMS tüm durumlara uyum sağlayabilir. (bkz. Bölüm 2.1)
- ☐ Tüm işletme türleri için uygun eğitimler sağlanabilir. (bkz. Bölüm 2.6)
- ☐ ENE programlarına yönelik bağımsız tavsiyelerin masrafları özellikle SME’ler için MS’lerdeki kamu kurumları tarafından finanse edilebilir. (bkz. Bölüm 2.6)
- ☐ işletimsel mükemmeliyet büyük ve çok tesisli şirketlerde başarılı bir şekilde uygulanmıştır. ENEMS
- ☐ in ilkeleri ve işletimsel mükemmeliyet geniş alanda uygulanmaktadır

Enerji verimliliğinin, kısıtlı ölçülerde hedeflenmesi, tesis verimliliği ile ters düşebilir ve bu da alt- optimizasyonla sonuçlanır. (yukarıda yer alan teknikler gibi kullanıcı temelli doğrudan ölçüm)

### Finansman

- ☐ bkz. Örnekler. ENEMS için, bkz. Bölüm 2.1.
- ☐ işletimsel mükemmeliyet, düşük sermaye yatırımı, önemli ölçüde geri kazanım için

### Uygulama için itici güç

Maliyet kazancı. Bütünleyici olması dolayısıyla, diğer ürünlerin kontrol önlemlerinin uygulanmasını artırarak atıkların azaltılmasını ve döngü sürelerinin düşürülmesiyle sonuçlanır)

## Örnekler

### İşletimsel mükemmeliyet

İşletimsel mükemmeliyet (opx olarak da bilinir), güvenlik, sağlık, çevre, güvenilirlik ve verimlilik konusundaki sistematik yönetime bütüncül bir bakış açısı getirmektedir. Yalın imalat ve altı sigma gibi işlem yönetimi metodlarıyla değişim yönetimini birleştirir ve kişilerin, malzemelerin ve süreçlerin birbiriyle uyum içerisinde çalışması için optimizasyon yöntemlerini araştırır. Bu, “işlemlerde ve iş süreçlerinin uygulanmasında üstünlük durumu ya da koşulu” ve “dünya kategorisinde bir performansa ulaşmak” terimleriyle ilgilidir.

Bu, önemli işlem süreçlerinin devamlı olarak düzeltilmesidir ve 5-S metodu, Hata-önleyiciler, QDF ve SPD gibi tekniklerin birleşimi aracılığıyla atığın ve döngü süresinin azaltılmasına odaklanır.

Buna ilişkin atılan adımlar, ENEMS’de (bkz. Bölüm 2.1) yer almaktadır ve aşağıda belirtilen konulara vurgu yapmaktadır:

- ☐ En iyi uygulamaların belirlenmesi (mükemmeliyet düzeyinde özel bir işlemin sürdürülmesi için çalışan operasyon takımlarının amaçları)
- ☐ İşlemlerdeki mevcut en iyi tekniklerin detaylı tanımları (değişiklikler ve gelişmeler dahil olmak üzere) Başlıca yetkinlikler. Personel, işlemi gerçekleştirecek kadar yetkin olmalıdır.
- ☐
- ☐

Ana özellikler, diğer birimlerden( ya da ilgili şirketlerden) de elde edilen tesis için uzmanlığın değerlendirilmesini sağlar. Bu ana özellikler, diğer optimize edilmeyen ünitelerdeki personelle çalışacak ve en iyi uygulamaları belirleyecek geçici bir takımın kurulmasını sağlar.

ENEMS’e yönelik örnekler EK 7.4’te yer almaktadır.

Enerji verimliliği için bütçe oluşturmak ya da enerji için kar merkezi kurmak  
Bir şirkette kar merkezi olarak enerji verimliliğinin gösterilmesine ilişkin örnek, büyük pompalara değişken hız sürücüsünün eklenmesi (VSD)satışların %11 oranında artırılmasına denk gelmektedir.

Kaynak bilgi

[176, Boden\_M., 2007, 177, Beacock, 2007, 227, TWG]

## 2.6 Uzman-insan kaynakları

### Tanım

Bu faktör Bölüm 2.1(d)(i) ve (ii)’de belirtilmiştir. Neredeyse tüm Avrupa tesislerindeki kalifiye elemanların seviyesi yıllar geçtikçe düşmüştür. Mevcut personelin çoklu iş yapması gerekebilir ve bu işlerin birtakım görevleri ve malzemeleri kapsamaması gerekmektedir. Bu durum normal işlemleri kapsayıp bazı alanlarda uzmanlığın sürdürülmesini kapsayabilir, ancak zaman içerisinde enerji yönetimi gibi bireysel sistemlerin bilgisini ya da uzmanlık bilgisini azaltabilir, enerji, denetimleri ve izleme çalışmaları gibi rutin olmayan işlerin yapılması için personel kaynağı azaltılabilir.

Eğitim faaliyetleri enerji verimliliği programlarının uygulanmasında önemli bir faktör olarak kabul edilmiştir ve bu faaliyetler organizasyonel kültürde enerji verimliliğini de kapsamaktadır. Bunun yanı sıra:

- ☐ Yüksek ve profesyonel eğitim müfredatını,
- ☐ Özel yetenekler, iş alanları ve geçici eğitim olanakları ile profesyonel, yönetsel ve teknik alanlarla ilgili olarak eğitim fırsatları
- ☐ Enerji verimliliği alanında devam eden gelişmeler: Yalnızca enerji yöneticilerden seçilmiş kadro yerine tüm yönetsel kadronun enerji verimliliği ile ilgili bilince sahip olması gerekmektedir.

Yönetimde ortaya çıkan “yorgunluk” ve buna bağlı durumlar insan kaynaklarının pozitif değişimlere yapacağı katkıları ve personelin iş hevesini etkiler. Bu durum, rotasyonu, geçici iş ilişkilerini ve gelecekteki eğitimleri kapsar.

Enerji tasarrufu yapmak için operatörler hem personel sayısında hem de personelin yetkinliği açısından ek kaynaklara ihtiyaç duyabilir.

Aşağıda yer alan seçeneklerin birini ya da birden fazlasını uygulayarak bu yetkinliğe ulaşılabilir:

- ☐ Daimî personelin işe alınması ya da eğitilmesi
- ☐ Sabit dönem/özel araştırmalar sürdürmek amacıyla personele periyodik olarak izin verilmesi (orijinal işletmelerde ya da diğerlerinde aşağıdaki örneklere ve Bölüm 2.5’e bakınız)
- ☐ Tesis içi kaynakların tesisler arasında kullanılması (bkz. Örnekler ve Bölüm 2.5)
- ☐ Sabit süreli araştırmalar için uygun ve yetkin danışmanların kullanılması Dışarıdan alınan uzmanlık sistemleri ve diğer fonksiyonlar (bkz. Bölüm 7.12)
- ☐

Eğitimler, tesis için personel ya da bağımsız uzmanlar tarafından resmi eğitimler ya da kişisel gelişim ve kişisel çalışma tarzında verilebilir. ( kişisel gelişim kendi yeteneklerinin geliştirilmesi amacını taşımaktadır) MS’ler de ulusal ve yerel düzeyde oluşturulmuş birçok bilgi internetten elde edilebilir.(örneğin, bu belgedeki linkler ve referanslar ve E-Bilgi) Çeşitli sektörler ve ilgili ticari kuruluşlar, profesyonel kuruluşlar ya da diğer MS örgütleri için veri sağlanabilir. Örn ENE için kümes hayvancılığı konusunda tarım bakanlığından bilgi edinilebilir

Sanayi sektöründe enerji yönetimi ve enerji verimliliği konularına yönelik E-bilgi hala gelişim aşamasındadır. Dünya çapında enerji, yönetimi, enerji verimliliği, en iyi uygulamalar, enerji denetimleri, enerji kıyaslamaları ve kontrol listeleri gibi konularda kapsamlı bir kılavuz hazırlayan birkaç işletme vardır. Tesisler, bu konuların biri ya da birden fazlası için eğitim programı sunabilir ya da sanayi dışı kullanıcılar için bu eğitim programlarını sürdürebilir.(ticaret, SME’ler, hane sahipleri) Enerji tasarrufları ya da enerji verimliliğine ilişkin genel kılavuz ya da eğitim malzemesi araştırmaktan öte, belirli konularda veri bulmak daha kolaydır. (buhar, LVAC, domuz yetiştiriciliği)

EUREM yeterliliği için eğitim kursu (Avrupa Enerji Yöneticisi, Üretim) SAVE programı çerçevesinde gerçekleştirilen bir projedir ve başarılı bir pilot projenin ardından bu proje genişletilmiştir.

Elde edilen çevresel faydalar  
Enerji verimliliğinin sağlanmasına katkıda bulunur.

Çapraz medya etkileri  
Belirlenen herhangi bir etki yoktur.

işletimsel veri  
Bilgi yok

Uygulanabilirlik  
Tüm tesislerde uygulanabilir. Eğitim türü ve miktarı sanayi türüne, tesisin boyutuna ve karmaşıklığına bağlıdır. Küçük tesisler için uygun seçenekler bulunmaktadır. Yüksek düzeyde enerji verimliliğine ulaşmış tesislerin bile ek kaynaklardan yararlanmış olduğu gözlenmektedir. (bkz. Bölüm 2.5).

Finansman  
Ek personelin ya da uzmanın neden olacağı maliyet. Enerji verimliliği tavsiyelerinin ve/veya araştırmaların özel SME’ler için finanse edildiği durumlarda bazı MS’ler enerji verimliliği girişimleri başlatır. (bkz. EK 7.13), ( bkz. EUREM, aşağıdaki örnekler)



Uygulama için itici güç  
Verimli kuruluşlarda bile gerçekleşmeyen maliyet kazançları

#### Örnekler

iç kaynaklara destek olmak amacıyla dışarıdan uzman sağlandığı durumlara ilişkin birçok örnek bulunmaktadır( Bkz Kaynak bilgi, (Atrium Hospital.) Heerleen, NL, Honeywell (bkz.EK 7.7.2).

EUREM pilot projesi 4 ülkede 54 katılımcıyı eğitmiştir. (DE, AT, UK, ve PT). Kurs, 140 saatlik bir dersi kapsamaktadır, bunun dışında 60 saat Internet aracılığıyla bireysel çalışma ve fizibilite çalışması yapma için ayrılmıştır. Almanya’da (Nuremberg) kurslar 6 aylık dönemden oluşur ( Her hafta 2 veya 3 haftada bir Cuma ve cumartesi günleri) ve 3-4 aylık proje dönemini de kapsar . Masraflar ülkeye göre ve uygun faaliyetlere göre değişir: Almanya’da 2100 Euro ve Avusturya 2300 Euro (Veriler 2005-2006 yıllarına aittir.) Bu projeden sağlanan ENE başarıları Tablo 2.4’te gösterilmiştir.

| Başarı                                                                            | Planlanan   | Gerçekleştirilen                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------|
| Katılımcı başına enerji tasarrufu                                                 | 400 MWh/yıl | 1280 MWh/yıl                              |
| Katılımcı başına enerji tasarrufu                                                 | EURO        | EURO 73286/yıl                            |
| Ortalama geri ödeme süresi<br>(gerekli yatırım üzerinden)                         | 16000/yıl   | 3.8 yıl                                   |
| Ortalama geri ödeme süresi<br>(kurs masrafları(doğrudan) 230 iş günü/yıl temelli) | -           | 33 kez eğitim masrafı<br>(7 çalışma günü) |

Tablo 2.4: EUREM pilot projesi: katılımcı başı tasarruf

#### E-bilgi

Ücretsiz örneklerin bir kısmı

- ☐ US EPA ve DOE ortak program:  
[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=business.bus\\_internet\\_presentations](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=business.bus_internet_presentations)
- ☐ UK kaynağı:  
<http://www.create.org.uk/>

Diğer dokümanlar ücretlidir ve ulusal ajanslar tarafından finanse edilebilir:

- ☐ <http://www.greenmatters.org.uk/>
- ☐ <http://www.etctr.com/eetp/home.htm>

#### Kaynak bilgi

[161, SEI, 2006, 176, Boden\_M., 2007, 179, Stijns, 2005, 180, Ankirchner, 2007, 188, Carbon\_Trust\_(UK), 2005, 227, TWG] [261, Carbon\_Trust\_UK, 2005], at <http://www.thepigsite.com/articles/5/housing-and-environment/1408/energy-use-in-pig-farming>

## 2.7 İletişim

#### Tanım

İletişim, modern şirketlerin birçok konunun gerçekleştirilmesine katkı sağlaması amacıyla desteklediği ve motivasyonda sağlamada önemli yere sahip bir araçtır. Personelin enerji verimliliği hakkında bilgilendirilmesi, desteklenmesi ve motive edilmesi; etkin çalışma, gereksiz tüketimin önlenmesi, enerjinin tasarruf edilmesi açısından oldukça önemlidir. (bkz. Bölüm 2.5 ve 2.6). İyi uygulamalar, enerji verimliliğinin sağlanması için gösterilecek çabalar hakkında etkin ve iki yönlü iç iletişim sağlar ve bu uygulamalar ENE’nin gerçekleştirilmesine katkı sağlanması amacıyla personelin tavsiyeler sunmasını ve gözlem yapmasını sağlamalıdır.

İletişim elemanlara şirket performansı (ve/veya bağımsız birimler) hakkında geri bildirim sağlamalıdır ve iş başaran kişilerin tanınması için olumlu yönde kullanılmalıdır. iyi bir şekilde yapılandırılmış iletişim elde edilen sonuçların yanı sıra hedef/taahhüt edilen bilgi akışını sağlar.

Kitapçıklar, gazeteler, bültenler, posterler, takım brifingleri ve özel enerji toplantıları gibi çeşitli iletişim araçları mevcuttur. Bunlar enerji verimliliği verilerinin taşınması için mevcut şirket iletişim kanallarının kullanılmasını kapsar. Bu veri zaman içerisinde ya da üretim oranı ve hava koşulları gibi önemli parametrelerle ilişkili olan özel enerji tüketimine ilişkin rakamları(günlük, haftalık, aylık ya da yıllık) içerir. (bkz. Bölüm 1.4 ve 1.51) Bu yayımların içerikleri periyodik olarak basılan raporlar halinde başarı hikayeleriyle de çeşitlendirilebilir. Grafikler bilgi sağlamak açısından çok verimli kaynaklardır. Bu grafiklerde şirket içerisine ya da tesisler arasında çeşitli birimlerin karşılaştırılmasıyla zaman içinde ENE'ye ilişkin başarılar hakkında çeşitli tablolar yer alabilir. (bkz. Bölüm 2.2.1).

İletişim, yönetim(hedefleri gerçekleştirmeyi amaçlayan) ile hedefleri gerçekleştiren personel arasında önemli olmakla birlikte, enerji yönetimi, tasarımı, operasyonu, planlanması ve finanse edilmesi ile yükümlü farklı gruplar arasında da öneme sahiptir. (bkz. Bölüm 2.2.1). Bölüm 2.7., enerji akışlarının gösterilmesi için faydalı tekniklere ilişkin örnekler sunar.

İletişim, diğer şirketlerle bilgi alışverişinin teşvik edilmesi, en iyi uygulamalara yönelik fikirlerin değiş tokuş edilmesi ve başarı hikayelerinin bir şirketten diğer şirkete geçmesini sağlamak amacıyla kullanılır.

İletişim ve motivasyon aşağıda yer alan maddeleri içerebilir:

- ☐ Bağımsız bir şirkette tüm personelin katılımı
  - ☐ Faydalı olduğu kanıtlanmış(aynı şirket içerisinde farklı birimlerde) tecrübelerin değiş tokuş edilmesi için bir çalışma grubu(enerji iletişim ağı) içerisinde aynı sektörden birçok şirketin dahil edilmesi
- Şirketler en azından aynı seviyede enerji verimliliği uygulamalarına sahip olmalıdır. iletişim ağı, enerji verimliliği göstergelerinin belirlenmesi ya da enerji denetleme sisteminin kurulması gibi tipik sorunların çözülmesi için kullanılır. iletişim ağı aynı zamanda enerji verimliliğinde rekabet ögesi yerini almaktadır ve pozitif etkilerin açıkça görülebilmesi için( en iyi uygulamalar, yenilikler ve başarı ödülleri) potansiyel enerji verimliliğine ilişkin görüşmelere için platform sağlamaktadır.

☐

Elde edilen çevresel faydalar  
Enerji verimliliğine katkı sağlar.

Çapraz medya etkileri  
Olması beklenmemektedir.

işletimsel veri  
Birçok kurumda, sağlık ve güvenlik, ürün verimliliği, işletme uygulamaları ve finansal performans gibi farklı alanlardan edinilen bilgi akışı mevcuttur. Birçok eleman “aşırı bilgi” sebebiyle şikâyetçi olmaktadır. Bu sebeple iletişim verimli ve güncel olmalıdır. iletişim tekniklerinde bazı değişiklikler ortaya çıkabilir ve veriler(posterler gibi) güncel tutulmalıdır.

Uygulanabilirlik  
iletişim tüm işletmelerde uygulanabilir. Fakat bunun türü ve karmaşıklığı; tesisten tesise göre değişebilir. Mesela, küçük işletmelerde yüz yüze brifingler ve sunumlar daha yararlı olabilir ancak büyük işletmeler genellikle kurum içi gazete yayımlarlar .

**Finansman**

Yaklaşımların ve mevcut kanalların durumuna bağlıdır. Maliyeti az olabilir ve ENE'nin uygulanmasında personelin katkı sağlaması önemli derecede geri ödeme sağlar.

**Uygulama için itici güç**

Enerji verimliliği verilerinin iletilmesine ve maliyet kazançlarının güvence altına alınmasına yardımcı olur.

**Örnekler**

Yaygın olarak kullanılanlar

**Kaynak bilgi**

[249, TWG, 2007]

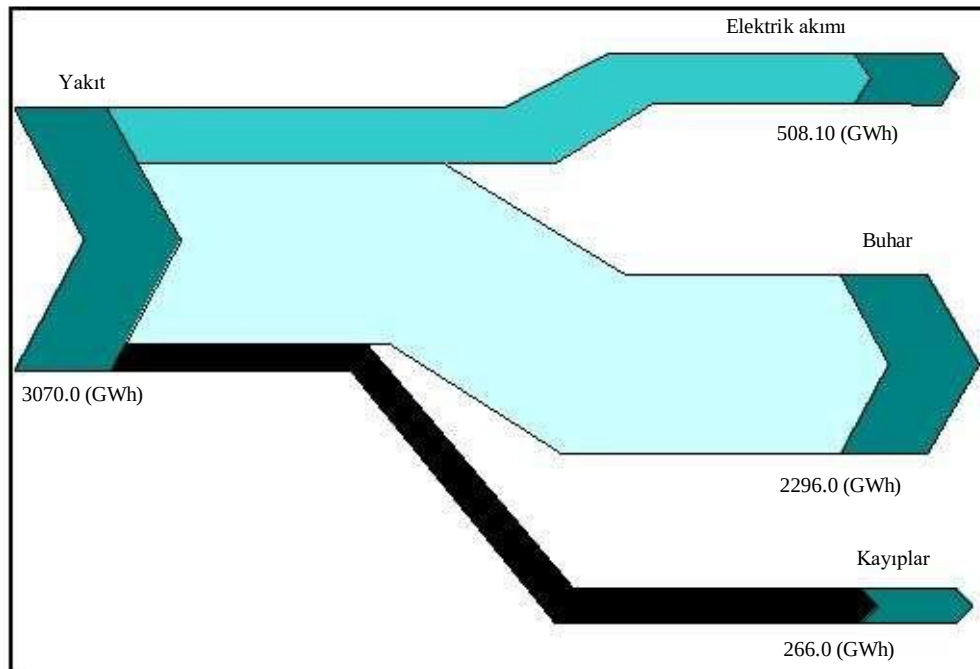
**2.7.1 Sankey diyagramları****Tanım**

Sankey diyagramları özel türde akış diyagramlarıdır ve bu diyagramlarda okların genişliği akış miktarıyla orantılı olarak gösterilmiştir. Bunlar proses sistemleri ya da prosesler arasında enerji ve malzeme transferi gibi akışların grafiksel temsidir.

Bu diyagramlar enerjiyi ve kütle akış verilerini görsel olarak açıklar (finansal akış verilerinin gösterilmesinde de kullanılabilir) ve özellikle farklı mesleki temellere sahip elemanlar arasında verinin hızlı bir şekilde dağılması için faydalıdır.

Sankey diyagramları elemanların (bkz. Bölüm 2.1) iletişimine ve motivasyonuna yardımcı olacak niteliktedir ve enerji verimliliği girişimlerine (bkz. Bölüm 2.5) ivme kazandırır.

Masrafi az yazılımlar hesap çizelgesi, gibi kaynaklardan verilerin diyagram formatına dönüştürülmesine yardımcı olmaktadır.



Şekil 2.7: Sankey diyagramı: tipik fabrikada yakıt ve kayıplar [186, UBA\_AT]

**Elde edilen çevresel faydalar**

ENE konularının bildirışiminin artırılması.

Çapraz medya etkileri  
Bilinmemektedir.

İşletimsel veri  
Bkz. Tanım

Uygulanabilirlik  
Enerji akışlarını göstermek isteyen tüm tesisler için

Finansman  
Düşük maliyet

Uygulama için itici güç  
Enerji verimliliği verilerinin dağıtılmasına yardımcı olur.

Örnekler  
Yaygın biçimde kullanılanlar

Kaynak bilgi  
MS Excel formatında Sankey diyagramları oluşturmak için  
ücretsiz link:  
<http://www.doka.ch/sankey.htm>  
[127, TWG, , 153, Wikipedia, , 186, UBA\_AT]

## 2.8 Prosesin verimli kullanımı

### 2.8.1 Proses kontrolü sistemleri

#### Tanım

Gıda ürünleri enerji yönetimi için uygun proses kontrolü ve yardımcı kontrol sistemleri gereklidir. Kontrol sistemi genel denetlemenin bir parçasıdır. (bkz. Bölüm 2.10 ve 2.15).

Üretim faaliyeti için otomasyon kontrol sistemi, gerekli sensörlerin, araçların, bilgisayarların tasarımını ve veri işlemeye yönelik uygulamaları kapsar. Üretim sistemi, otomasyonun ürün kalitesinin artırılması ve iş alanının güvenliği için önemli olduğu kadar prosesin kendi enerji verimliliğinin yükseltilmesi ve enerji verimliliğine katkı yapılması için de önemlidir.

Etkili proses kontrolü aşağıda yer alan durumları kapsar:

- ☐ Üretim modlarında yeterli derecede proses kontrolünün sağlanması, örn. hazırlık, başlama, rutin işletim, kapatma ve olağan dışı koşullar
- ☐ Bu parametrelerin ölçülmesi ve kontrol edilmesi için başlıca performans göstergelerinin belirlenmesi( örn. akış, basınç, sıcaklık, bileşen ve miktar)
- ☐ Ana nedenleri belirlemek amacıyla olağan dışı işletme koşullarının analiz edilmesi ve belgelendirilmesi ardından bunların hiç olmamış gibi kabul edilmesi ( bu durum sebeplerin belirlenmesinin suçu başka bireylerin üstüne yıkılmasından daha önemli olduğu koşullarda “suç yok” tanımıyla ifade edilir)

#### Planlama

Kontrol sisteminin tasarlanmasında dikkate alınacak birtakım faktörler vardır. Belirli proses sisteminin ön analizi prosesin etkililiğine yönelik sınırlamaları ortaya çıkarabilir. Bunun yanı sıra benzer ya da daha iyi sonuçlar elde edebilecek alternatif yaklaşımları da saptayabilir.

Buna ek olarak, üretim kalitesi, düzenleyici ihtiyaçlar ve iş yerindeki güvenlik açısından performans seviyelerinin belirlenmesi önemlidir. Kontrol sistemi güvenilir ve kullanıcı dostu olmalı, yani işletimi kolay olmalıdır.

Veri yönetimi ve veri işleme kontrol sisteminin tasarlanmasında dikkate alınacak diğer faktörlerdir.

Kontrol sistemi doğrulama ihtiyaçlarını ve üretim maliyetlerini kontrol etmeye karşı üretim işleminin tüm verimliliğini artırması için gerekli tutarlılığı ve esnekliği sağlamalıdır.

Kontrol sistemi duyarlı olarak özelleştirildiyse üretim hattı yavaş çalışacaktır. Yetersiz belirtme ya da fazla belirtme daha yüksek işletim masraflarına ve üretimde gecikmelere neden olacaktır.

Proses sisteminin performansının optimize etmek için:

- ☐ Proseste her aşamada yer alan kontrol sistemi için sağlanan özelliklerin doğru ve tam olması gerekmektedir, ayrıca gerçekçi girdi toleransına önem verilmelidir.
- ☐ Kontrol sisteminin tasarımından sorumlu mühendis, tüm prosesi bilmeli ve malzeme üreticisiyle iletişime geçebilmelidir.
- ☐ Denge sağlanmalıdır, yani geliştirilmiş proses kontrolü teknolojinin uygulanıp uygulanmayacağı ya da basit bir çözümün sorunun halledip halletmeyeceği sorgulanmalıdır.

Modern proses kontrol sistemleri enerji verimliliğini ve proses performansını artırmak için kullanılabilecek birtakım tekniklere atıfta bulunmaktadır. Bu teknikler:

- ☐ Konvansiyonel ve ileri derecede kontroller
- ☐ Performans ve yönetim tekniklerinin optimize edilmesini ve planlanmasını kapsar.

Konvansiyonel kontrollerde entegre edilecek işlemler:

- ☐ Orantısal-entegre- üretici (PID) kontrol
- ☐ Ölü sürenin telafi edilmesi
- ☐ Kaskad kontrolü

Geliştirilmiş kontrollerde entegre edilecek sistemler ise

- ☐ Model temelli tahmin edilebilir kontroller (MBPC)
- ☐ Uyarlanabilir kontroller
- ☐ Bulanık kontrolleri
- ☐

Performans yönetim tekniklerine entegre edilen işlemler: (bkz. Bölüm 2.8):

- ☐ Denetleme ve hedef istatistik
- ☐ proses kontrolleri Uzman
- ☐ sistemler
- ☐

Performans denetleme teknikleri geliştirilmiş performansları, hedeflerin gerçekleştirilmesini, IPPC direktifi dahil çevresel düzenlemelerle uyumu göstermek için kullanılabilir.

Programlanabilir mantık kontrolörü (PLC) kontrol sisteminin beynidir. Üretim faaliyetinin çevresinde güvenilir bir şekilde çalışma küçük ve sanayiye uyarlanmış bir sistemdir. Kontrol sisteminin yapı taşları, çeşitli sensörler, akıllı kapaklar, programlanabilir mantık kontrolörleri, merkez denetim ve sistemlerin veri alımıdır. (SCADA).

Bu bileşenler daha sonra üretim sistemine bağlanır. Bu sistem, sitemdeki her bir fonksiyonun yüksek derecede doğruluk oranı ile çalışılmasına imkân tanır. Kontrol sisteminin proses sistemine dahil edilmesinin otomasyonu bu karmaşık malzemenin işletilmesinde yer alan işin azalmasına yardımcı olur, ayrıca güvenilir ve tutarlı bir performansa katkı sağlar.

PLC, dijital ve analog sensörlere ve değişimlere (girdiler) bakar, kontrol programını okur ve matematiksel hesaplar yapar, sonuç olarak kapaklar, aydınlatma rölesi, servo-motorlar gibi çeşitli donanımları kontrol eder, bu işlemleri yalnızca milisaniyeler içinde gerçekleştirir.

PLC, insan-makine arayüzleri (HMI) ve fabrikadaki SCADA sistemleri gibi operatör arayüzleri ile bilgi alışverişi yapacak niteliktedir. Tesisin iş düzeyinde veri alışverişi (bilgi servisleri, hesaplama ve planlama) farklı bir SCADA paketiyle ilişki içerisinde olmayı gerektirir.

### Veri düzeltme

işletimsel veri toplanır ve altyapı tarafından düzeltilir. Bu altyapı, sensörleri, tesisteki malzeme yerleştirmeleri, kapaklar gibi son kontrol öğelerini bir araya getirir, ayrıca programlanabilir mantık kontrolörlerini, SCADA'yı ve dağıtılan kontrol sistemlerini kapsar. Bu sistemlerin hepsi diğer bilgisayar sistemlerine, operatörlere ve mühendislere güncel ve yararlı veriler sağlayabilirler.

Danışmalı kontrol ve veri toplama sistemleri tasarım mühendisinin veri toplamasına ve ilgili kontrol sisteminde yetkinliklerin kaydını tutmasına olanak sağlar. Buna ek olarak SCADA sistemi belirlenebilecek daha kompleks kontrol sistemlerine de olanak sağlar. (istatistik prosesler) Bkz. Bölüm 2.8.2

SCADA, işlem boyunca kullanıcıya “gerçek süre penceresi” sağlayan kontrol sisteminin entegre bir parçasıdır. SCADA sistemi kullanıcı için uzak konumda da olsa özel prosese ulaşabileceği bir kontrol mekanizması sağlar. Bu mekanizmada “malzemenin önünde duruyormuşçasına” kontrol imkânı sağlanır.

Elde edilen çevresel faydalar  
Enerji masraflarının ve çevresel etkinin azaltılması

Çapraz medya etkileri  
Temizlemede çok az miktarlarda kimyasal kullanımı: ölçüm araçlarında olası basınç düşüşleri (bkz. Bölüm 2.10.4).

işletimsel veri  
Yukarıdaki tanıma bakınız.

### Ölçüm araçlarının temizlenmesi

işleme sanayinde yaygın olarak kullanılan ve proses sistemlerine dahil edilen kontrollerin önemi ( ve doğruluğu) üzerinde fazla durulamaz. Proseste kullanılan akışkanlarla (sıvı ve gazlar) ilişki içerisinde bulunan ve sıcaklığa, pH probuna, iletkenlik ölçerlere, akış ölçerlere, zamanlayıcılara ve alarmlara bağlı olan birçok araç, ölçüm araçları, sensörler ve rezistanslar bulunmaktadır ve bu malzemelerin verimli ve doğru çalışabilmesi için düzenli olarak temizlenmesi gerekmektedir. Bu temizlik işlemi planlı bir sistemde elle yapılabilir ya da yerinde otomatik temizleme sistemleri ile de (CIP) temizlenebilir.

Tam otomatik kontrol sistemleri durulama, su boşaltma döngüsü ve farklı temizleyici çözeltilerin resirkülasyonu için çeşitli süreler belirler. Ayrıca sistem; sıcaklığı, akış oranlarını, bileşenleri ve temizleyici çözeltilerin konsantrasyonunu değiştirebilecek yetkinliğe sahip olmalıdır.

Ana kontrol birimi, operatör istasyonlarına hizmet vermek amacıyla ve kapaklar için çoklu paneller olarak tasarlanmıştır ve bu tasarımda PLC aracı temel alınmıştır. Proses kontrol sistemi hidrolik şokun azaltılması ya da kontrol edilmesi için oldukça önemlidir (Bu, CIP birimlerinde, birimin ömrünü kısaltan yaygın bir problemdir. )

Proses malzemelerindeki kapakların, valf yataklarının temizlenmesi için doğru dolaşımın olması gerekmektedir.

#### Uygulanabilirlik

Proses kontrol sistemleri tüm IPPC sanayilerinde kullanılabilir. Zamanlayıcılardan, sıcaklık kontrollerinden, ham madde besleme kontrollerinden, gıda( küçük çiftlik ünitelerinde), kimya, maden ve kâğıt sanayi gibi karmaşık sistemlere kadar çeşitlilik gösteren bir yapıya sahiptir.

#### Finansman

Durum çalışmaları maliyet kazancı sağlanarak faydalar elde etmenin mümkün olduğunu göstermiştir. Modern kontrollerin, denetim altyapısı sisteminin (DCS), Danışmalı Kontrol ve Veri Toplama Sistemi (SCADA)'nin halihazırda bulunduğu durumlarda geri ödeme sürelerinin bir yıl ya da bir yıldan daha az olması gerekmektedir. Bazı durumlarda geri ödeme sürelerinin birkaç ay ya da birkaç hafta olduğu görülmüştür.

#### Uygulama için itici güç

Yüksek verimlilik, gelişmiş güvenlik, bakımların azaltılması/daha uzun tesis ömrü, daha yüksek ve daha fazla kalite ve insan gücü gereksinimlerinin azaltılması.

Birçok tesiste proses masraflarının düşürülmesi ve yatırımların(yukarıda belirtilmiştir) kısa sürede geri ödenmesi bu proseslerin diğer tesislerde uygulanmasına katkı sağlamıştır.

#### Örnek tesisler

Özellikle aşağıda yer alan sanayi dallarına ilişkin listede yaygın olarak kullanılmaktadır:

- ☐ Gıda, içecek ve süt: British Sugar, Joshua Tetley, Ipswich, UK
- ☐ Kimyasallar: BP Chemicals, Hull, UK; ICI Chemicals and Polymers, Middlesbrough, UK
- ☐ Demirli metallar: Corus, Port Talbot, UK
- ☐ Çimento ve kireç: Blue Circle, Westbury, UK
- ☐ Kâğıt sanayi: Stora Enso Langerbrugge N.V., Gent, BE; SCA Hygiene Products GmbH, Mannheim DE SCA Hygiene Products GmbH, Pernitz, AT
- ☐ Akışkanlı yatak yakma: Rovaniemi Energy, Rovaniemi and Alholmens Kraft, Pietarsaari, Finland; E.ON Kemsley, UK.

#### Kaynak bilgi

[36, ADENE, 2005] [261, Carbon\_Trust\_UK, 2005]

## 2.8.2 Kalite yönetimi (kontrol, doğrulama) sistemleri

### Tanım

Bir ürün yeniden işlendiğinde ya da ıskartaya çıkarıldığında, orijinal üretim prosesinde kullanılan enerji (ham maddeler, iş, üretim kapasitesi ve diğer kaynaklar) boşa gitmiş olur. Yeniden işleme orijinal üretim işleminden daha fazla enerji ( ve diğer kaynaklar) harcar. Etkili proses kontrolü üretim/müşteri beklentilerini karşılayacak ürünlerin miktarını artırır ve boşa giden enerji miktarının azaltır.

IPPC işletmeleri, büyük ölçekli üretimi ve/veya yüksek miktarlarda verimliliği kapsar. Genellikle ürünler sonraki kullanımlar için beklentileri karşılar. Kalite doğrulama sistemleri (QA) bunu sağlamak için geliştirilmiştir ve genelde PDCS(planla- yap-kontrol et-harekete geç) yaklaşımına dayanmaktadır. (bkz. Bölüm 2.1).



Aslında bu sistem ürünlerin test edilmesine, tüm üretim işleminde var olan ürünlerin ıskartaya çıkarılmasına, yeniden işletilmesine, kabul edilmesine ya da reddedilmesine dayanmaktadır. İstatistiksel metotlar, standartlara uyacak seviyeye gelmek(%95) amacıyla istatistiksel temelde örnek almak ve test yapmak için geliştirilmiştir. (1940'larda ve sonrasında) Altı sigmada milyon başına %3,4 oranında başarısızlık görülmüştür.

Üretilen ürünün varyasyonlarının olduğu ve bu varyasyonların çeşitli proses parametrelerinden etkilendiği görülmüştür. İstatistiksel proses kontrolü (SPC) geliştirilmiştir ve her bir parametreyi kontrol etmek için uygulanmıştır, ortaya çıkan sonuçlara göre ürünler daha kontrol edilebilir bir hale gelmiştir. SPC'nin maliyeti azdır ve genellikle, var olan verilerin toplanması ve bir tablo haline getirilmesini, daha önceden belirlenmiş kontrol parametreleri ( sıcaklık, basınç, kimyasal konsantrasyon, renk gibi) içerisinde işlemin sürdürülmesi amacıyla düzeltici faaliyetlerin gerçekleştirilmesini gerektirir.

Aynı zamanda şirket genelini kapsayan kalite yaklaşımları geliştirilmiştir. (kalite yönetim sistemleri-QMS). Bunlar, bir kuruluşun ana iş alanında planlama ve uygulama (üretim/geliştirme/hizmet) için gerekli prosedürler, QMS, kuruluş içerisinde çeşitli iç prosesleri birleştirir ve proje uygulaması için proses yaklaşımı sağlamayı hedefler. QMS, kuruluşun geliştirilmiş iş performansına katkıda bulunacak çeşitli ana iş proseslerini belirlemesini, ölçmesini, kontrol etmesini ve geliştirmesini sağlar. Kalite doğrulama modelleri IOS 9000 serilerinde yer alan ve kalite sistemleri için özelliklerin belirlendiği uluslararası standartlar tarafından belirlenmektedir. Çevresel yönetim ve enerji yönetim sistemleri aynı sistem yaklaşımlarından esinlenerek geliştirilmiştir. ( bkz. Bölüm 2.1).

Elde edilen çevresel faydalar

Yeniden işleme ve reddetmenin azaltılması (orijinal enerji girdisi atığıdır). Yeniden işleme için daha fazla enerji girdisi gerekebilir (yığından alınan verimin düşmesi)

Çapraz medya etkileri

Bilinmemektedir.

İşletimsel veri

Yukarıdaki tanıma bakınız.

Danışmanlar ya da müteahhitler; genellikle yeni kalite uygulamaları başlatılırken ya da metotlar uygulanacakken aktif olurlar. Bazı durumlarda, kuruluşun tecrübesi ya da yetkinliği olmayabilir. Buna ek olarak, yeni girişimlerin ve gelişmelerin mevcut kalite sistemini desteklemesi ya da mevcut üretim sistemlerini geliştirmesi gerekir. Kaynakların dağılımı göz önünde bulundurulduğunda, geçici danışmanların görevlendirilmesi ayrı bir seçenek olarak düşünülebilir.

Yönetim sistemi için/Yönetim sistemine karşı dile getirilen argümanlar:

- ☐ Ölçülen parametrelerin, gerekli işlemlerin yerine getirilmesi ya da ürün kalitesinin artırılması ile ilişkili olması gerekmektedir. (konu rahatlıkla ölçülebilen parametreler değildir)
- ☐ Altı sigma gibi istatistiksel metotlar amaçlara uygun olarak etkin olmalıdır fakat bu metotlar mevcut prosesleri düzeltmek için tasarlanmıştır ve geniş kapsamlı değildir. Yeni teknolojilerin ya da yıkıcı teknolojilerin geliştirilmesine katkı sağlamaz. Altı sigma tanımı keyfi olarak belirlenmiş standartlara dayanmaktadır. (milyon başına her parça için yaklaşık %3.4 oranında kusura denk gelir) Bu standartlar belirli bir ürün/proses için uygun olabilirken, diğer prosesler için olmayabilir.
- ☐ Bu yaklaşımlar yönetim çevrelerinde popülerlik kazanırlar sonradan popülerliklerini kaybederler (Gaussian dağıtımında yaşam döngüsü formunda) (örneklerde ele alınan kalite döngülerine bakınız)
- ☐ Toplam kalite yönetimi (TQM) terimi, yöneticilerin anladıklarından bağımsız olarak pozitif bir kullanım sağlar. Ancak olumlu görünüşünü kaybetmiş ve olumsuz izlenim uyandırmıştır. Buna rağmen TQM ve yeniden yapılandırma gibi yönetim konseptleri, isimlerinin kullanım alanlarının tam olarak neye karşılık geldiğinin bilinmemesinin yanı sıra bir iz bırakmışlardır. Çünkü önemli olan ana fikirdir

- Bu sistemin hata vermesi ya da popülerliğini kaybetmesi, ISO 9000 gibi belirleme, kontrol ve prosedürleri teşvik eden sistemlerdir. Bu sistemler, koşulları anlama ve geliştirme yöntemlerine ağırlık vermezler bu yüzden şirketlerin daha iyi kaliteye ulaşılması açısından sertifikasyon araçlarına yönelmesine neden olur. Bu durum bir kuruluşun kendi kalite standartlarını oluşturma ihtiyacını ortadan kaldırabilir. ISO 9000 kalite standartlarına sıkı sıkıya bağlı olmak başarılı bir kalite sistemine ulaşmayı sağlamaz. Şirket kaliteden önce sertifikasyona önem veriyorsa, bu standart hataya daha açık olabilir. Bu durum, daha iyi sertifikasyon için kuruluşu etkilemeyecek bir kâğıt sisteminin oluşturulması riskini taşır. Bağımsız bir denetçinin sertifikasyon vermesi bir sorun olarak düşünülür ve danışma hizmetlerini artıracak bir araç olarak görülür. ISO, ISO 9000'in sertifikasyon olmadan uygulanabilmesini ve ulaşılacak kalite faydalarını ortaya koyar.

□

#### Uygulanabilirlik

Kalite yönetimi tüm IPPC proses sanayilerinde uygulanabilir. Sistemin çeşidi ve uygulanan kalite sisteminin karmaşıklık düzeyi bireysel işleme ve müşteri ihtiyaçlarına bağlıdır.

#### Finansman

ISO 9000 resmi sistemleri için tartışılan en büyük konu kayıt için harcanacak miktar, zaman ve evrak işleridir. Bu işleme karşı olanlar yalnızca dokümantasyon olduğunu iddia etmektedirler. Ancak bu sistemi savunanlar, şirketin belgelendirilmiş kalite sistemleri varsa evrak işlerinin birçoğunun zaten tamamlanmış olduğunu iddia ederler.

#### Uygulama için itici güç

Uygun kalite yönetimi iş geliştirme için yaygın olarak kabul edilmektedir çünkü yatırımlarda, piyasa hisselerinde, satış geliştirmede, satış karlarında, rekabet konularında ve davalarda kaçınmada olumlu etkiye sahiptir.

#### Örnekler

Bkz. EK 7.4.

Proses kontrolü mühendisliği (Prozessleittechnik, Bayer AG, Almanya, 1980) ölçüm, kontrol ve elektrik gruplarını kapsayan meslek unvanı olarak geliştirilmiştir. Bu; özel prosesin verimliliğinin kontrol edilmesi için mimarlıkla, mekanizmalarla ve algoritmalarla ilgilenen istatistik ve mühendislik disiplindir.

#### En son gelişmeler:

- Önce süreyi kapsar sonra,
- Altı sigma: beklenmeyen arızaların altı standart sapmaya bağlı olma ihtimali olduğu durumlarda (sigma standart sapmadır ve milyon başına 3.4 arızaya denk gelmektedir.)
- Ölçüm sistemleri analizi (MSA)
- Arıza modu ve etki analizi (FMEA)
- İleri ürün kalitesi planlama (APQP)
- Toplam kalite yönetimi (TQM).
- 

SPC'de kullanılan diğer araçlar, sebep ve sonuç diyagramlarını, kontrol belgelerini, kontrol tablolarını, histogramları, pareto çizelgesini, chatter diyagramını stratifikasyonu içerir.

Diğer yaklaşımlar ise (yukarıdaki yaklaşımla kombine edilebilir) kalite çemberleridir. Bunlar, aynı iş alanında belirli aralıklarla toplanan ve ilgili problemleri belirleyen, analiz eden ve çözümleyen çalışma gruplarından oluşur. Kalite çemberlerinin devamlılık açısından birçok avantajı vardır; çember bir projeden diğer projeye bozulmadan geçebilir. Bu çemberler, artık kullanımda olmasa bile Japonya'da ve İskandinav ülkelerinde uygulanmıştır.

#### Kaynak bilgi

[163, Dow, 2005, 181, Wikipedia, , 182, Wikipedia, , 227, TWG, , 249, TWG, 2007]

Vikipedi, QA sistemlerinin olumlu ve olumsuz yönlerini ele alan birtakım detaylara yer vermiştir. Daha detaylı bilgi: örn. Amerika Kalite Topluluğu: [www.asq.org](http://www.asq.org)

## 2.9 Bakım

#### Tanım

ENEMS'in parçalarını oluşturan tüm tesislerin ve malzemelerin bakımı oldukça önemlidir. (bkz. Bölüm2.1(d) (vii)).

Bir bakım programı uygulamak, gözlemlerin ve bakım faaliyetlerinin kaydını tutmak önemlidir. Bakım faaliyetleri bağımsız bölümlerde ele alınmaktadır.

Modern önleyici bakım, performans ömrü boyunca üretimin ve ilgili işlemlerin kullanılabilir durumda tutulmasını amaçlamaktadır. Önleyici bakım programları bir kartta ya da plan tahtasında tutulmaktaydı fakat şimdi bilgisayar yazılımlarıyla yürütülmektedir. Planlanan bakımların uygulamalarının tamamlanana kadar bayraklı aktiviteler öğelerine eklenmesi (önemli öğeler) ile önleyici bakım yazılımının hiçbir bakım faaliyetlerinin unutulmaması sağlanır.

Teknik verilere sahip yazılım veri tabanının ve malzeme kartlarının, diğer bakım programlarıyla (kontroller) ara yüzlenebilir olması önemlidir. “Proses Sanayide Bakım” standartları gibi göstergeler iş kaydının tutulması ve sınıflandırılması için , destekleyici raporların hazırlanması için kullanılır. Bakım için ISO 9000 standartlarının belirttiği şartlar yazılımın belirlenmesine yardımcı olabilir.

Yazılımın kullanılması; problemlerin kayıt altına alınmasına ve istatistiksel hata verileri oluşturmaya ve bu hataların meydana gelme sıklığına yönelik kayıtların tutulmasında yardımcı olur. Simülasyon araçları hata tahminine ve malzemenin tasarlanmasına yardımcı olur.

Proses operatörleri, idare önlemlerini sürdürmeli ve planlanmamış bakımlara odaklanılmasına yardımcı olmalıdır. Planlanmamış bakımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- ☐ Tıkanmış zeminlerin ve boruların temizlenmesi
- ☐ Ayarlanabilen malzemelerin optimize edilmesini sağlamak (örn. Baskı makinalarında)
- ☐ Kullanım haricinde makinaların kapatılması
- ☐ Sızıntıların, (örn. Sıkıştırılmış hava ve buhar) hasarlı malzemelerin, kırılmış boruların belirlenmesi Eskimiş yatakların periyodik olarak değiştirilmesi için talepte bulunmak

#### Elde edilen çevresel faydalar

Enerji tasarrufları. Gürültünün azaltılması (örn. kırık yataklardan çıkan buhar)

#### Çapraz medya etkileri

Öngörülmemektedir.

#### İşletimsel veri

Önleyici bakım programları bağımsız olarak kurulur. Enerji kullanımını kontrol eden ya da etkileyen sızıntılar, kırık malzemeler ve tahrip olmuş yataklar belirlenmeli ve en uygun fırsatta tamir edilmelidir.

#### Uygulanabilirlik

Genel olarak uygulanabilir.

Ürün kalitesini, proses dengesini ve çalışan tesiste(tesislerin sahip olduğu hareketli malzemelerin sıcak olması) tamirlerin yapılmasında önemli olan sağlık ve güvenlik koşullarını sürdürmek amacıyla tamirler dengelenmelidir.

Finansman  
Tesisle bağlıdır.

Tesis için önlemler genelde düşük masraflıdır ve bu önlemler için yöneticilerin yıllık gelir bütçelerinden ödeme yapılır, ana sermaye yatırımı gerekmez.

Uygulama için itici güç  
Tesis güvenilirliğini artırmak, bozulma süresini düşürmek, verimi artırmak ve yüksek kalite sağlamak amacıyla genel olarak kabul edilir.

Örnekler  
Tüm sektörlerde yaygın olarak kullanılır.

Kaynak bilgi  
çeşitli BREF'ler [125, EIPPCB, , 159, EIPPCB, 2006, 254, EIPPCB, 2005, 267, EIPPCB, 2006].

## 2.10 Denetleme ve ölçüm

Denetleme ve ölçüm; ENEMS'lerin (bkz. Bölüm 2.1(f)(i)), kontrol edilmesinin bir kısmını oluşturur çünkü bunlar “planla-yap-kontrol et – harekete geç” yönetim sistemlerinin her aşamasında mevcuttur. Bu bölüm ölçülebilecek ve hesaplanabilecek bazı teknikleri ele alır ve enerji verimliliğinde büyük öneme sahip uygulamaların ve operasyonların temel özelliklerini denetler. Bölüm 2.15.1 verilerin ve veri tabanlarının toplanmasını, kontrol sistemlerinin ve malzemelerin otomasyonunu, özellikle birbirine bağlı çeşitli sistemler için enerji kullanımını optimize etmeyi ele alır.

Ölçüm ve denetim; proses kontrolünün ve denetimlerin bir parçasıdır. (bkz. Bölüm 2.8)  
(bkz. bölüm 2.11). ölçüm; vektörlere göre(buhar, sıcak su, soğutma gibi) kalite (sıcaklık, basınç) ve miktarlar açısından (MWh, kg buhar) enerji verimliliğini etkileyen konulara ilişkin güvenilir ve izlenebilir bilginin alınması önemlidir. Bazı vektörler için dönüş devresindeki ya da su tahliyelerindeki enerji vektörünün parametrelerinin bilinmesi önemlidir. Bunların bilinmesi, enerji analizlerinin yapılmasına ve dengenin sağlanmasına yardımcı olur. (örn. Atık gazlar, soğutma suyu tahliyeleri.) (bkz. Bölüm 2.12'deki örnekler).

Denetleme ve ölçme süreçlerinin en önemli özelliği keyfi ya da tahmini değerlerin (güncel olmayabilir) ötesinde gerçek enerji tüketiminin referans alınması sonucunda hesaplamaların yapılmasına olanak sağlamasıdır. Bu süreç enerji verimliliğinde gelişmelerin gerçekleşmesi için yapılacak değişikliklere bir ivme kazandırır. Ancak mevcut tesislerde yeni denetleme sistem araçlarının kullanılması zor olmaktadır. Örneğin, akış ölçümü için türbülans olmayan alanların belirlenmesi amacıyla gerekli uzunlukta boru bulmak zordur. Bu gibi durumlarda ya da malzemenin veya faaliyetin enerji tüketiminin az olduğu koşullar altında (içlerinde bulundukları daha büyük sistemlere ve işlemlere göre), hesaplama ve tahminleme yöntemleri kullanılmaktadır.

Bu bölüm, herhangi bir enerji yönetimi sistemi tarafından gerekli görülen diğer prosedürleri ya da dokümantasyonu kapsam dışında tutar.

Bunun yanı sıra malzeme akışları proses kontrolü için hesaplanır ve bu veriler enerji verimliliği göstergeleri belirlemek için kullanılabilir. (bkz. Bölüm 1.4).

### 2.10.1 Dolaylı ölçüm teknikleri

#### Tanım

Ağır iş makinelerinin kızılötesi tarayıcıda taranması; enerji tahliyelerine ve hareketli parçaların üzerinde gereksiz baskı oluşmasına neden olan sıcak noktaların fotoğraflı bir kanıtını sunar. Bu, denetimin bir parçası olarak kullanılabilir.

Yataklar ve meksefe gibi (bkz. Bölüm 3.5.1) enerji kullanımını etkileyen önemli ekipmanlar ve diğer ekipmanlar işletim sıcaklığının düzenli aralıklarla kontrol edilmesini sağlar. Yataklar ya da meksefe arızalanmaya başladığında Gövdenin sıcaklığı artar.

Diğer ölçümler ise gürültü kirliliği gibi enerji kayıplarında meydana gelen diğer değişiklikler içindir.

Elde edilen çevresel faydalar  
Enerji tasarrufları

Çapraz medya etkileri  
Bilinmemektedir.

işletimsel veri  
Bkz. yukarıdaki tanım.

Uygulanabilirlik  
Yaygın olarak kullanılır.

Finansman  
Duruma bağlıdır.

Uygulama için itici güç  
Önleyici bakımın bir parçası olarak:

- ☐ Tesislerde beklenmeyen durumlarda
- ☐ kapanmasının önlenmesi
- ☐ Planlı değişimlere olanak tanır
- ☐ Ekipmanların ömrünü uzatır.

#### Örnekler

- ☐ yaygın şekilde kullanılanlar, örn. Aughinish Alumina (AAL), İrlanda.
- ☐ bkz. Bölüm 3.2, 3.7vb.

#### Kaynak bilgi

[161, SEI, 2006, 183, Bovankovich, 2007] [55, En iyi uygulama programı, 1998, 56, En iyi uygulama programı, 1996, 98, Sitny, 2006]

### 2.10.2 Tahminler ve hesaplamalar

#### Tanım

Enerji tüketimine yönelik tahminler ve hesaplamalar ekipmanlar ve sistemler içinde yapılabilir. Bu hesaplamalar üreticinin ya da tasarımcının beklentilerine göre şekillendirilir. Genellikle hesaplamalar motorlarda ve pompalarda saatle çalışan ölçerler gibi basitçe ölçülebilen parametrelere dayandırılırlar. Ancak bunun gibi durumlarda yük ya da başlık ve rpm gibi diğer parametreler bilinmelidir. (ya da hesaplanmalıdır). Bu hesapların enerji tüketimi üzerinde doğrudan etkisi vardır. Ekipman üreticisi bu bilgiyi kullanır.

Çeşitli hesaplayıcılar internette mevcuttur (bkz. aşağıdaki Kaynak Bilgi ve bu belgedeki özel kısımlar) Bunların genellikle çeşitli ekipmanların enerji tasarrufunun değerlendirilmesinde kullanılması amaçlanmaktadır.

Elde edilen çevresel faydalar  
Enerji tasarruflarının belirlenmesinde ve gerçekleştirilmesinde yardımcı olur.  
Çapraz medya etkileri  
Bilinmemektedir.

işletimsel veri  
Yukarıdaki tanıma bakınız.

Uygulanabilirlik  
Genel olarak kullanılabilir. Hesaplayıcıların uygulanması geçici düzeyde olsa bile muhtemel maliyet kazançlarına karşı tam bir ölçüm sağlar.

Çevrim içi hesaplayıcılara ilişkin göz önünde bulundurulması gereken durumlar:

- ☐ Fonksiyonları, diğer tedarikçilerden gelen yardımcı malzemelerin maliyetleriyle karşılaştırılabilir
- ☐ Bölüm 2.2.2'deki tavsiye önemlidir: malzemenin içinde kullanıldığı tüm sistem bireysel ekipman malzemesinden daha önde tutulmalıdır
- ☐ Çevrim içi hesaplayıcılar çok basittir, yükü ve başlığı hesaba katmaz. (bkz. yukarıdaki tanım)

Tahminler ve hesaplamalarla ilgili sorun, yıllarca tekrar tekrar kullanılmasıdır. Bu yüzden orijinal temeli zamanla kaybolacak, geçersiz sayılacak ya da hiç bilinmeyecektir. Bu durum pahalıya mal olan hatalara neden olmaktadır (EK 7.7.1'deli örneklerle bakınız) Hesaplamaların temeli düzenli olarak incelenmelidir.

#### Finansman

Ekipmanlara yatırım yapmak gerekmez; ancak doğru hesaplamalarda kadro süresi, hatalardan kaynaklanan maliyet riski kadar düşünülmelidir.

Uygulama için itici güç  
Maliyet kazancı

#### Örnekler

Yaygın bir biçimde kullanılanlar. Çevrim içi hesaplayıcılara ilişkin örnekler için bkz. aşağıdaki Kaynak Bilgi

Kaynak bilgi

[270, Tempamy, 2008]

İnternette bir arama yapıldığında karşımıza “endüstriyel enerji verimliliği, hesaplayıcılar” adı altında bilgiler çıkmaktadır ancak bunların bir kısmı geçerli değildir (not: bu siteler zamanla değişebilir ya da ortadan kaldırılabilir)

Çevrim içi hesaplayıcılar merkezi. Hesaplayıcılara ilişkin geniş liste  
[http://www.martindalecenter.com/Calculators1A\\_4\\_Util.html](http://www.martindalecenter.com/Calculators1A_4_Util.html)

- ☐ Aşağıda yer alan web sitesi; enerji tasarrufu önlemi olarak potansiyel enerjinin ve mali tasarrufların hesaplanması amacıyla küçük ve orta ölçekli üretim tesislerinin yöneticilerine kılavuzluk sağlamak için tasarlanmıştır:

<http://www.ceere.org/iac/assessment%20tool/index.html>

- ☐ enerji hesaplamaları ve kıyaslama araçları

<http://energypathfinder.blogspot.com/2007/02/energy-calculators-and-benchmarking.html>

- ☐ Genel iş, aydınlatma, ekipman, büro malzemeleri:

[http://www1.eere.energy.gov/femp/procurement/eep\\_eccalculators.html](http://www1.eere.energy.gov/femp/procurement/eep_eccalculators.html)

- ☐ VSD hesaplayıcıları: fanlar, pompalar, sıcak/soğuk su, soğutucu kule fanı

<http://www.alliantenergy.com/docs/groups/public/documents/pub/p010794.hcsp>

- Aydınlatma :  
[http://www1.eere.energy.gov/femp/procurement/eep\\_hid\\_lumen.html](http://www1.eere.energy.gov/femp/procurement/eep_hid_lumen.html)
- kazanlar , HVAC, aydınlatma, VSD:  
<http://www.alliantenergy.com/docs/groups/public/documents/pub/p013446.hcsp>
- gigajoule ve enerji yoğunluğu hesaplayıcısı :  
<http://oe.nrcan.gc.ca/commercial/technical-info/tools/gigajoule.cfm?attr=20>
- kazan verimliliği  
<http://oe.nrcan.gc.ca/industrial/technical-info/tools/boilers/index.cfm?attr=24>
- ısı kayıpları, endüstriyel binalar  
<http://www.energyideas.org/default.cfm?o=h,g.ds&c=z,z,2633>

### 2.10.3 Ölçümleme ve ileri ölçümleme sistemi

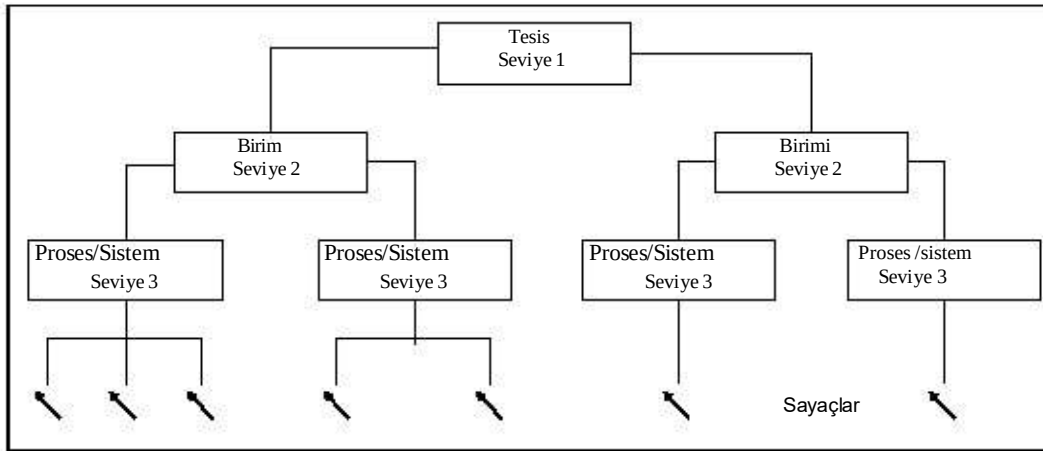
#### Tanım

Geleneksel ölçerler bir işletmede, faaliyette ya da sistemde kullanılan enerji vektörünün miktarını basit yöntemlerle ölçer. Bunlar, sanayi kuruluşları için enerji faturaları oluşturmak için kullanılmaktadır ve genellikle elle okunur. Ancak modern teknolojik gelişmeler, enerji tedarikini kesmeden(manyetik devresi açılabilen (split core) akım sensörü ile kurulduğunda) kurulabilecek ve eski ölçerlerden daha az yer kaplayacak daha ucuz ölçerlerin geliştirilmesiyle sonuçlanmıştır.

ileri ölçümleme altyapısı (AMI) ya da ileri ölçümleme yönetimi (AMM), elektrik sayaçları, gaz sayaçları ya da su sayaçları gibi gelişmiş araçlardan enerji kullanımına ilişkin bilgileri toplayan, ölçen ve analiz eden sistemlere işaret eder. Toplanan bu veriler, daha önce belirlenen plana göre çeşitli iletişim araçlarına gönderilir. Bu altyapı iletişim, müşteri bağlantılı sistemler ve ölçüm verileri yönetimi için yazılım ve donanımı kapsar.

Enerji hesaplama merkezleri, enerji kullanımının verim gibi üretim değişkenleriyle bağlantılı olduğu tesislerdeki ünitelerdir. (bkz. bölüm 1.4). ileri ölçüm sistemlerinin yapısına ilişkin örnek Şekil 2.8’de yer almaktadır.

İleri ölçüm sistemi enerji yönetim sistemleri için çok önemlidir. (bkz. Bölüm 2.15 ve 2.15.2)



Şekil 2.8: ileri ölçüm sisteminin yapısı  
[98, Sitny, 2006]



Elde edilen çevresel faydalar  
Enerji kullanımının daha iyi kontrol edilmesi

Çapraz medya etkileri  
Yoktur .

İşletimsel veri  
Tesis içerisinde özel birimlerle ve sistemlerle bağlantılı olan enerji hesaplama merkezlerine uygun ölçümlü enerji kullanımı sağlar.

Uygulanabilirlik  
Enerji kullanan birden fazla birim sisteminin olduğu durumlarda

Birçok çalışma, enerji verimliliği tekniklerinin uygulanmamasının başlıca sebebinin, bireysel birim yöneticilerinin kendi enerji maliyetlerini belirleyemeyip kontrol edememesi olduğunu göstermektedir. Bu yüzden bu yöneticiler uyguladıkları hiçbir sistemden kar elde edemezler.

Finansman  
Kullanım temelinde maliyetlerin dağılımı

Uygulama için itici güç  
Bkz. Finansman

Örnekler  
Bkz. EK 7.7.1.

Kaynak bilgi  
[183, Bovankovich, 2007] Schott glass: [127, TWG] Atrium Hospital, Heerleen, NL [179, Stijns, 2005]

## 2.10.4 Borulardaki Düşük Basıncılı inişin Hesaplanması

### Tanım

Sıvı veya gazlı ham maddeler, ürünler, (ham su, kazan ve proses suları gibi) ve buhar gibi akışkan maddelerde akış ölçümü yapılır. Akışlar genellikle yapay olarak uyarılmış basınç düşüşü karşısında akışkan debi ölçer , venturi, pitot tüpü ya da uyarılmış akış ölçer tarafından ölçülür. Bu durum akışkan debi ölçer ve venturi için kalıcı basınç düşüşüne neden olur(enerji sistemlerinde kayıp)

Yeni jenerasyon akış ölçüm cihazları doğruluk oranını artırarak basıncı önemli miktarda düşürür.

Ultrasonik ölçme; ultrasonik olarak iletken olan ve iyi biçimlendirilmiş akışa sahip (düzensiz olmayan) sıvılar için kullanılır. Bu ölçme cihazları kalıcı olabilir ya da boru tesisatına mengine ile sıkıştırılabilir. Bahsedilen bu fonksiyonlardan ikincisi mevcut akış ölçerleri kontrol etmek, pompalama sistemlerini ayarlamak için yararlı olabilir. Bunlar kesintisiz olduğu için, basınç düşüşü yaşamazlar. Ultrasonik ölçerler %0.5'lık ölçülen değerin %1- 3 oranında doğruluğunu yansıtabilir. (uygulamaya bağlı olarak proses ayarlama)

Elde edilen çevresel faydalar  
Yeni jenerasyon akış ölçerler ve pitot tüpleri yüksek oranda doğruluk sağlar ve olası basınç kayıplarını düşürür. (geleneksel akışkan debi ölçerin enerji kaybının %1 +/- 2'si ve geleneksel pitot tüpünün enerji kaybının %8'i)

Çapraz medya etkileri  
Yoktur .

## İşletimsel veri

| Temel veri                                                                                                  | Yüksek basınçlı<br>Buhara sahip güç tesisi | Çok ısıtılmış buharla<br>çöp yakma |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|
| Q maks (t/h)                                                                                                | 200                                        | 45                                 |
| T(°C)                                                                                                       | 545                                        | 400                                |
| P(bar abs)                                                                                                  | 255                                        | 40                                 |
| Boru ID (mm)                                                                                                | 157                                        | 130,7                              |
| mbar seviyesinde diferansiyel (yaklaşık olarak):                                                            |                                            |                                    |
| Akışkan debi ölçer                                                                                          | 2580                                       | 1850                               |
| Pitot tüpleri (şimdiye kadar)                                                                               | 1770                                       | 595                                |
| Pitot tüpleri (yeni jenerasyon)                                                                             | 1288                                       | 444                                |
| mbar seviyesinde kalıcı basınç düşüşü ve<br>mbar seviyesinde her bir ölçüm sistemi (yaklaşık olarak):       |                                            |                                    |
| Akışkan debi ölçer                                                                                          | 993                                        | 914                                |
| Pitot tüpleri (şimdiye kadar)                                                                               | 237                                        | 99                                 |
| Pitot tüpleri (yeni jenerasyon)                                                                             | 193                                        | 73                                 |
| kWh/s seviyesinde her bir ölçüm sistemi için Kinematik enerji<br>(100 mbar M 67,8 kWh/s) (yaklaşık olarak): |                                            |                                    |
| Akışkan debi ölçer                                                                                          | 673                                        | 620                                |
| Pitot tüpleri (şimdiye kadar)                                                                               | 161                                        | 67                                 |
| Pitot tüpleri (yeni jenerasyon)                                                                             | 13                                         | 5                                  |

Tablo 2.5: Farklı ölçüm sistemlerinden kaynaklanan basınç düşüşüne örnek

## Uygulanabilirlik

Yeni tesisler ya da önemli güncellemeler

Minimum düzeyde türbülansın olduğunu ve sıvı içerisinde diğer etkilerin ölçüldüğünü (tutulan partiküllerden karışma gibi) gösteren ultrasonik ölçümlere dikkat edilmesi gerekmektedir.

## Finansman

Yeni jenerasyon ölçüm cihazlarının maliyeti tesis de dahil olmak üzere yaklaşık 10000 Euro'dur. Bu kurulan tesislerin sayısına göre değişir. Yatırımın kredini amorti etmesi (ROI) bir yıldan az zamanı alır.

## Uygulama için itici güç

Maliyet kazancı. Proses kontrolü ve potansiyelin artırılması için veri doğrulama (bkz. Bölüm 2.6).

## Örnekler

- ☐ Yukarıda işletimsel veriye bakınız.
- ☐ tüm sektörlerde yaygın olarak kullanılır.
- ☐ diğer örnekler ultrasonik ölçerler ve (işletimsel veri yoktur) Poetter ve sensörleridir.

## Kaynak bilgi

[www.flowmeters.f2s.com/article.htm](http://www.flowmeters.f2s.com/article.htm).

## 2.11 Enerji denetlemeleri ve enerji teşhisleri

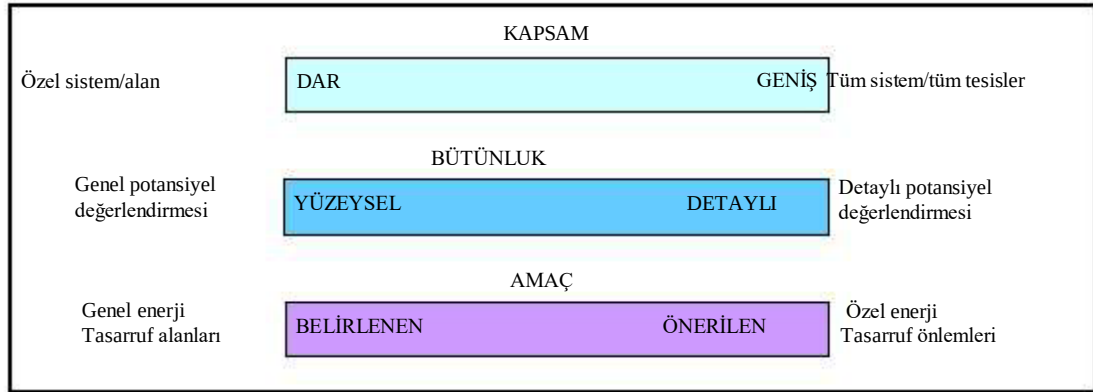
### Tanım

Genel olarak denetleme, bir kişinin, bir organizasyonun, sistemin, prosesin, projenin ya da ürünün değerlendirilmesidir. Denetimler geçerliliği ve güvenilirliği belirlemek, sistemin iç kontrolünün değerlendirilmesini sağlamak için yapılır. Geleneksel anlamda, denetimler finansal sistemlerin ve kayıtların değerlendirilmesiyle bağlantılıdır. Ancak günümüzde denetim çevresel denetimler de dahil olmak üzere sistem hakkında diğer bilgileri de elde etmek anlamında kullanılmaktadır.[182, Wikipedia]. Denetim işlemi numuneler almaya dayanmaktadır, ancak bu denetim sonuç belgelerinin hatadan uzak olduğuna işaret etmez. Burada amaç herhangi bir hatayı en aza indirmek ve böylece bilginin geçerli ve güvenilir olmasını sağlamaktır.

“Enerji denetimi terimi yaygın olarak kullanılmaktadır ve üzerinde çalışılan sistemin enerji dinamiklerinin anlaşılması amacıyla bir binada, proseste ya da sistemde enerji akışlarının sistematik olarak gözlemlenmesi, araştırılması ve analiz edilmesi olarak anlaşılmaktadır. Genel olarak, enerji denetimi verimi olumsuz yönde etkilemeden sisteme dahil olan enerji girdisinin miktarını düşürmek için fırsatların araştırılması amacıyla gerçekleştirilmektedir.

Enerji teşhisi ise iç denetim aracılığıyla olur ya da daha geniş kapsamda denetim için bir çerçeve çizilmesi ve kaynak oluşturulması üzerine fikir birliğine varmaktır: bir dizi metot, denetimin bağımsızlığı ve şeffaflığı, denetimin kalitesi ve profesyonel olarak yürütülmesi [250, ADEME, 2006] bkz. Aşağıdaki Tablo

Uygulamada enerji denetimlerinin çeşitli türleri ve karmaşık olanları vardır. Farklı türdeki denetimler enerji yönetiminin farklı aşamalarında ya da istasyonların birbirinden farklı olan karmaşık birimlerinde gerçekleştirilebilir. Birbirinden farklı kapsamlar, bütünlükler ve amaçlar aşağıdaki Şekil 2.9’da gösterilmiştir.



Şekil 2.9: enerji denetim modellerinin özellikleri [7, Lytras, 2005]

Enerji denetimlerini desteklemek ya da standardize etmek için kullanılan bazı araçlar 7.8’de gösterilmiştir.

Farklı enerji denetim modelleri kapsamlarına göre iki ana gruba ayrılırlar:

1. **Tarama denetim modelleri**
2. **Analitik modeller**

Bu iki tür dışında kapsamlarına ve bütünlüklerine göre belirlenen farklı modeller de bulunmaktadır. Ancak gerçekte denetim durum gereksinimlerine karşılık verebilmek için belirlenir.

Denetim şirketleri ve enerji tasarrufu programları dahilinde bazı standartlar bulunmaktadır. Enerji denetimleri için ilk ulusal standart belirlenmiştir. Bu standart enerji teşhisi kaynak çerçevesidir ve bu çerçevede:

- ☐ Enerji teşhislerinin yapılabilmesi için bir metot önerir.
- ☐ Objektiflik, bağlılık ve şeffaflık gibi genel ilkeler ve amaçlar belirler.
- ☐ Birinci sınıf hizmet alabilmek amacıyla gerekli durumlara ilişkin öneriler dile getirir.
- ☐

İşletmeci için referans çerçeve; tüm kapsayıcı metotların, temel diyalogların, zaman tasarrufunu sağlayacak araçların ve verime ilişkin örneklerin belirlenmesine yönelik avantajlardır. (ekipman listesi, dengeler, denetleme kampanyasının başlatılması gibi)

Özel türdeki denetimler ise enerji verimliliği için yapılacak yatırımlara ilişkin seçeneklerin değerlendirilmesini sağlayan denetimler gibi, yatırım kademeli denetimlerdir. Yatırım kademeli denetimlerde en önemli özelliklerden biri, enerji tasarrufu tahminleri için hataların değerlendirilmesidir: bir şirket enerji verimliliğinde 1 milyon EURO yatırım yapmayı öneriyorsa, tahmin edilen tasarruflarla bağlantılı riskleri ve bu riskleri en aza indirme yollarını bilmelidir. (örn. hesaplamalarda hataların bilinmemesi ve yatırımlardaki belirsizlikler )

Finansal denetimlere benzer olarak denetimin amacına, tesisin karmaşıklığına ve mevcut kaynaklara bağlı olarak enerji denetimleri iç ya da bağımsız kadro tarafından gerçekleştirilebilir. Bazı SME'lerin tesis içi denetimi ve kadrosu bulunmamaktadır, bu sebeple bağımsız danışmanlara başvurumaktadırlar. (özellikle bu, bir girişimin parçası olarak mevcutsa, Bkz. EK 7.12) Büyük oranlarda enerji kullananlar bu işin gerçekleştirilmesi için belirlenen kadroyu görevlendirebilirler ancak ek denetimler ya da bir kereliğe mahsus denetimler için bağımsız danışmanları görevlendirirler ya da diğer departmanlardan veya tesislerden geçici birtakım oluşturabilirler. (bkz. Bölüm 2.5 ve 2.6).

### 1. Tarama modelleri

Tarayıcı enerji denetim modellerinin amacı enerji tasarrufu olanaklarının bulunduğu (olabilir de olmayabilir de) alanları ve en belirgin tasarruf önlemlerini göstermektir. Tarayıcı denetimler belirlenen alanların karlılığını ya da önerilen önlemlerin detayını incelemeyi. Herhangi bir adım atılırken belirtilen alanların detaylı bir şekilde analiz edilmesi gerekir.

Tarayıcı denetim modeli denetim hacminin denetiminin kısa süre içinde gerçekleştirilmesi gerektiği durumlarda iyi bir seçenek olarak kabul edilebilir. Bunun gibi denetimler hem hesaplıdır hem de uygulama açısından kolaydır. Tarayıcı denetim işletmeci için beklenen sonuçları belirlemez, çünkü uygulama için halihazırda bulunan gerçek tasarruf önlemlerini sunmaz yalnızca önemli alanların detaylı olarak analiz edilmesini önerir. Tarayıcı modele yönelik aşağıda iki adet örnek bulunmaktadır:

- ☐ Gözden geçirilen enerji denetimleri
- ☐ ilk enerji denetimleri

#### Gözden geçirilen enerji denetimleri

Gözden geçirilen enerji denetimleri küçük ve orta ölçekli sanayi tesisleri için uygundur. Bu denetim; birincil ve ikincil enerji akışları, birbirine bağlı prosesler, daha düşük seviyedeki ısıнын tekrar kullanılması açısından üretim proseslerinin çok karmaşık olmadığı durumlarda kullanılabilir.

Gözden geçirilen enerji denetimleri tesisin enerji kullanımına dair bir fikir verir ve sonraki aşamalar için (ek "ikinci faz" denetimleri" gerekli koşullara vurgu yapar.

### İlk enerji denetimi

Büyük tesisler için tarayıcı enerji denetim modeli genellikle ilk enerji denetimi olarak adlandırılır. Bu tür denetimler proses sanayinde kullanılır. İlk enerji denetimi gözden geçirilen enerji denetim modeliyle aynı doğrultuda olsa da tesisin türü ve boyutu farklı yaklaşımların belirlenmesini gerektirir.

İlk enerji denetiminde yapılan çalışmaların çoğu halihazırdaki toplam enerji tüketiminin bir resmini çizer ve olası enerji tasarrufu önlemlerini ve önemli enerji tüketim alanlarını belirler. Ayrıca rapor tutma ek “ikinci faz” denetimlerinin gerekli olduğu alanları ve hedeflerinin belirlenmesine ilişkin yöntemleri ortaya koyar.

İlk enerji denetimleri genellikle uzmanlardan oluşan bir takım tarafından yürütülür.

Denetim prosedürleri ve üretim süreçleri için uzmanlık şarttır. İlk enerji denetimi tesisteki teknik elemanların katılımını gerektirir.

## 2. Analitik modeller

Analitik enerji denetimi modelleri, enerji tasarrufu önlemlerinin detaylı olarak belirlenmesini ve karar alma sürecinde denetime tabi tutulan müşteriye bilgilendirilmesini sağlar. Bu tarz denetimler daha masraflıdır, daha fazla çalışma ve program gerektirir ancak enerji tasarrufuna ilişkin daha somut önerileri de beraberinde getirir. İşletmeci potansiyel tasarrufların farkına varır ve daha detaylı araştırmalara gerek kalmaz.

Analitik modeller iki ana gruba ayrılabilir:

- Seçici enerji denetimleri (denetiminin ana ilgi alanlarını seçmesine olanak tanır)
- Hedeflenmiş enerji denetimleri (operatörün ana ilgi alanlarını seçmesine olanak tanır) Bunlar genellikle:
  - Sisteme özgü enerji denetimleri ve
  - Kapsamlı enerji denetimleridir.

### Seçici enerji denetimleri

Seçici enerji denetimi, ana tasarruflarla ilgilenir, basit tasarruf önlemlerini dikkate almaz. Bu denetim modeli uzman denetimler tarafından uygulandığında oldukça hesaplıdır fakat birçok durumda tabiri caizse “sabun köpüğü” gibidir. Önemli tasarruf önlemleri bulunduğu durumlarda her zaman risk vardır, geri kalanlar ise göz ardı edilir.

### Hedeflenmiş enerji denetimi

Hedeflenmiş enerji denetiminde işin içeriği, operatör tarafından hazırlanmış detaylı bir kılavuzla belirlenir. Bu da hedeflenmiş enerji denetimi tarafından kapsama alınacak sistemlerin birçoğunun daha önceden bilmesi anlamına gelir. Operatör tarafından hazırlanan kılavuz özellikle bazı alanları kapsamın dışında bırakabilir. Bazı alanların kapsam dışında bırakılmasının sebebi maliyetle bağlantılarının olmaması olabilir. (ya da daha kolay değerlendirilebilecek alanlar olması)

Hedeflenmiş enerji denetimleri genellikle tüketime ilişkin dökümler sunar, enerji tasarrufları ve yatırımları için detaylı hesaplamaları kapsar. Kılavuzlar yeterliyse, denetim sonucu standart bir rapor ortaya çıkar.

Operatörün perspektifinden bakıldığında, hedeflenmiş enerji denetiminin kalite kontrolü göz ardı edildiğinde birtakım risklerin ortaya çıkabileceği düşünülür: denetimler seçici enerji denetimleri için daha istekli olabilirler çünkü bu model her zaman daha az işi kapsar.

### Sisteme özgü enerji denetimleri

En basit ve en dar kapsamlı hedeflenmiş enerji denetimi, sisteme özgü enerji denetimidir. Bu tarz denetim tamamıyla sınırlı bir hedef belirler, (bir sistem, bir araç ya da bir proses) fakat iş bütünlüğü en üst seviyededir. Bu tarz denetimin faydası daha genel çerçeveden bakacak bir denetimciden daha iyi olan iş uzmanlığının belirlenmesine yönelik imkânlardır.

Sisteme özgü enerji denetimi sistemin detaylı bir tanımını sunar, özel sisteme yönelik seçenekler de dahil olmak üzere tüm enerji tasarrufu önlemlerini belirler ve hatta belirlenen seçeneğin maliyet kazançlarını sağlayabilir.

Bu tarz denetimin daha kapsamlı enerji modelleriyle birleştirilmesi( büyük derecede enerji tasarrufu imkanlarının belirlendiği özel denetim sistemleri ve ilk enerji denetimleri) oldukça mantıklı bir seçenek gibi görünmektedir. Enerji tasarrufu imkanları belirlenmiştir.

Sisteme özgü enerji denetimleri sistemin enerji kullanımı ile karşılaştırıldığında daha fazla tasarruf potansiyeli sağlar. Fakat sorun, tesisin tek bir bölümüne bakarken büyük resmi görmemek ve kısmi optimizasyonun var olduğunu unutmaktır. Örneğin, sıkıştırılmış havanın ya da soğutma sisteminin enerji verimliliği üzerine çalışırken, ısı geri kazanımının avantajları değerlendirilemeyebilir çünkü ısının en verimli şekilde nerede kullanılacağına ilişkin herhangi bir bilgi yoktur. Enerji sistemleri genellikle birbiriyle bağlantılıdır ve nadiren bağımsızdır.

### *Kapsamlı enerji denetimi*

Kapsamlı enerji denetimi, türünün en detaylı anlamda “hedeflenmiş enerji denetimi”dir. (bkz. Şekil 2.10). mekanik sistemler, elektrik sistemleri, proses tedariki sistemleri ve enerji kullanan tüm sistemleri kapsar. Bazı küçük sistemler, toplam enerji tüketimi ile bağlantılı olmadığı durumlarda kapsam dışı bırakılabilirler. (örneğin, elektrik motorlarıyla çalışan kapılar)

Kapsamlı enerji denetimi ile hedeflenmiş enerji denetimi arasındaki fark: Hedeflenmiş enerji denetimi özellikle daha önceden bilinen ve belirlenen alanları göz ardı eder. Kapsamlı enerji denetimi ise neredeyse tüm önemli enerji tüketimlerini ele alır.

Kapsamlı enerji denetiminde başlangıç noktası toplam tüketimin detaylı dökümünün analiz edilmesidir. Bu tarz denetim, tasarrufların belirlenmesinden bağımsız olarak enerji kullanan tüm sistemler üzerinde fikir yürütür. Muhtemel tasarruf önlemlerine vurgu yapar, enerji tasarrufları ve yatırım maliyetleri hakkında detaylı hesaplamaları kapsar.

Ayrıca bu model operatör için özellikle kalite kontrolü ve gözetim hakkında avantajlar sağlayacak standart ve detaylı bir rapor sunulması için temel oluşturur.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Enerji denetimi, başlıca alanları, işletimleri, birimde, proseste ya da tesiste kullanılan enerji türlerini belirler. Rapor edilen bulgular maliyet kazancı sağlayacak enerji tasarrufu fırsatlarının belirlenmesi ve bu fırsatlara öncelik verilmesi için kullanılabilir.

### **Çapraz medya etkileri**

Yoktur .

### **İşletimsel veri**

Yukarıdaki tanıma bakınız.

### **Uygulanabilirlik**

Yukarıdaki tanıma bakınız.

Enerji denetiminin türü ve uygulanma sıklığı tesise özgüdür. Gözden geçirme enerji denetimi küçük işletmeler için uygundur.

Enerji denetimi, ilk olarak bir işletmede ya da bir sistemde enerji verimliliğine ilişkin durumun belirlenmesi için yürütülebilir. Bunun ardından enerji üretimini ve/veya tüketimini değiştirecek ya da operasyon parametrelerinde önemli değişikliklere sebep olacak başlıca değişikliklerden sonra enerji denetimi uygulanabilir. Bu yaklaşım tüm enerji denetimlerinin kapsamlı olduğunu varsayar. Ancak, herhangi bir değişimin olmadığı dönemlerin ardından bile zaman zaman denetimler yapılmalıdır ve enerji verimliliği işleminden sapma olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Buna alternatif olarak, ENE tekniklerinin uygulanışının kolaylaştırılması ve ana sermaye gereksinimleri gibi faktörlere göre planlanmış daha yoğun denetimler için alanların belirlenmesi amacıyla ilk enerji denetimi gerçekleştirilebilir. (bkz. Bölüm 2.2.1). Bu sebeple bireysel sistem sıklıkla olmasa da tam olarak denetlenmeli, fakat denetimler işletme içerisinde birbirinden farklı sistemler arasında düzenli olarak uygulanmalıdır.

### Finansman

Yukarıdaki tanıma bakınız.

### Uygulama için itici güç

- ☐ maliyet tasarrufu
- ☐ enerji tasarrufu anlaşmalarına bağlılık

### Örnekler

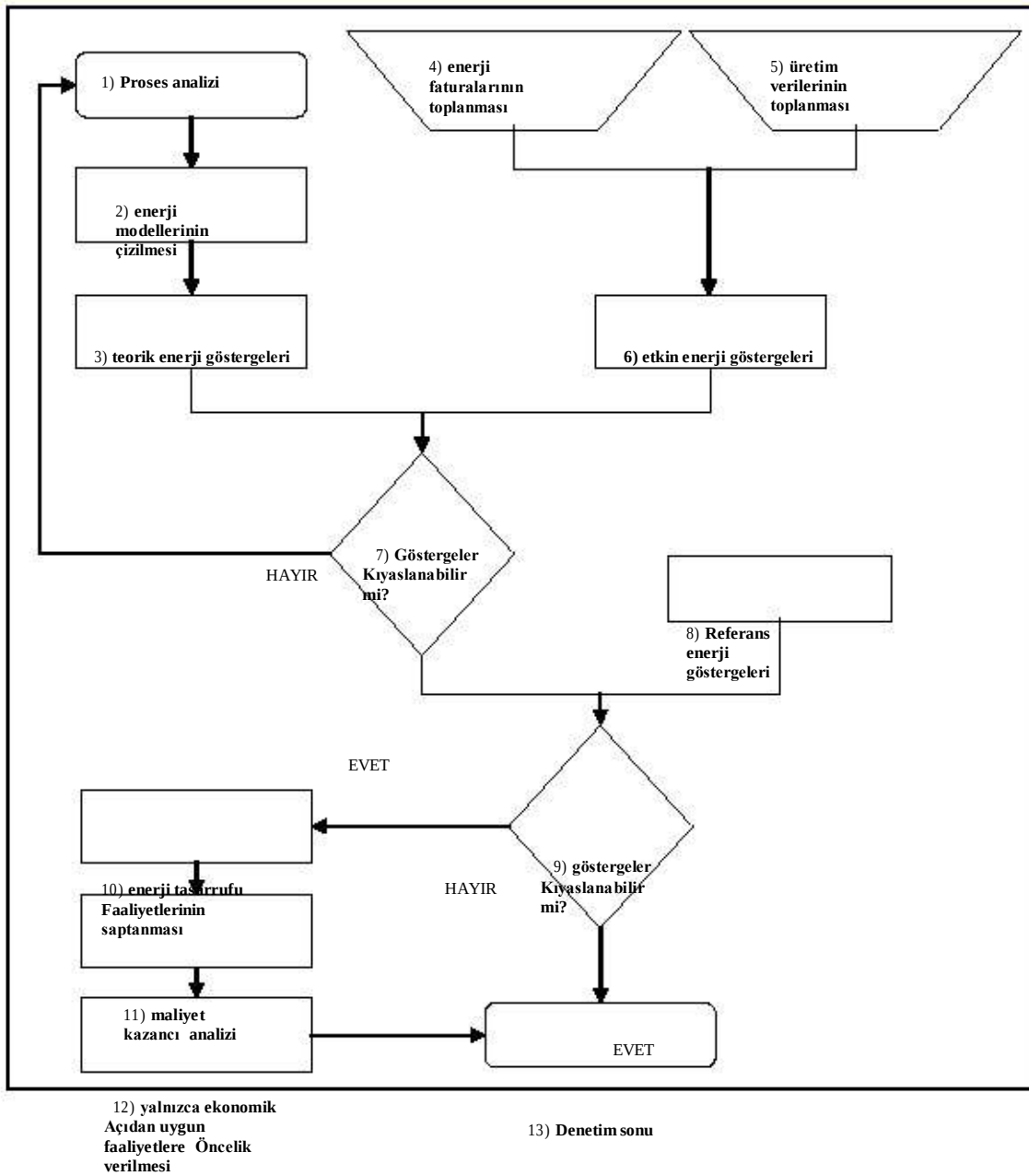
Yaygın olarak kullanılanlar. Belirli kuruluş için kapsamlı türdeki enerji denetimi Şekil 2.10'a göre gerçekleştirilebilir.

Fransa ulusal standardı: Sanayi için enerji teşhisi referans çerçeve AFNOR BP X 30 120.

### Kaynak bilgi

[7, Lytras, 2005, 31, Despretz, , 40, ADENE, 2005, 92, Motiva Oy, 2005, 165, BESS\_EIS, , 227, TWG, , 250, ADEME, 2006]





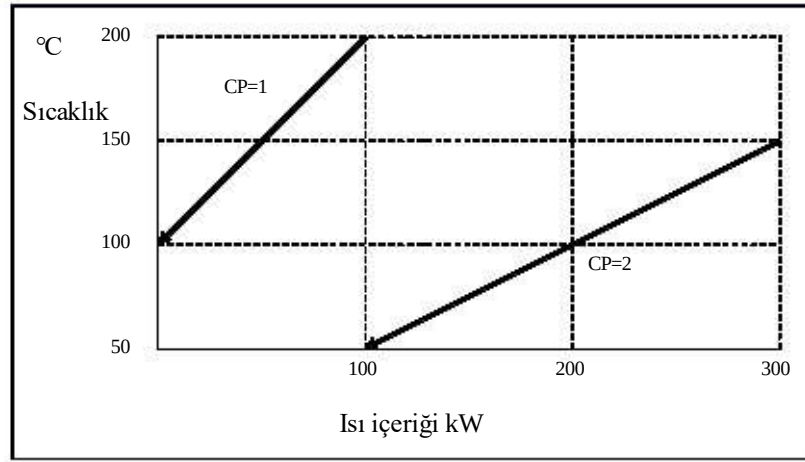
Şekil 2.10: Kapsamlı türde enerji denetimi şeması [11, Franco, 2005]

## 2.12 Pinç metodu

### Tanım

Pinç metodu, pinç teknolojisinin uygulanmasıdır. Isı geri kazanımı sistemlerinin, enerji tedarik metotlarının ve işletme koşullarının optimize edilmesi ile termodinamik olarak uygun enerji hedeflerinin belirlenmesi ve bu hedeflerin gerçekleştirilmesi sonucunda proseslerde enerji tüketimini en aza indirmek için uygulanan bir metottur. “proses entegrasyonu” ya da “enerji entegrasyonu” olarak bilinse de bunlar pinç metodunun uygulanmasının sonuçlarıdır. (bkz. Bölüm 2.4).

Tüm prosesler sıcak ve soğuk buharlardan oluşur. Sıcak buhar soğutmaya ihtiyaç duyar, soğuk buhar da ısıtılmaya ihtiyaç duyar. Herhangi bir proses için, prosesdeki tüm sıcak ve soğuk buharları gösteren sıcaklık-entalpi taslağı üzerinde tek bir hat çizilebilir. Tüm sıcak buharları ya da tüm soğuk buharları gösteren tek hat sıcak bileşim eğrisi, ya da yerine göre soğuk bileşim eğrisi olarak adlandırılır. Bileşim eğrisinin yapısı Şekil 2.11’de gösterilmiştir. Burada sıcaklık-entalpi diyagramında iki sıcak buhar bulunmaktadır.



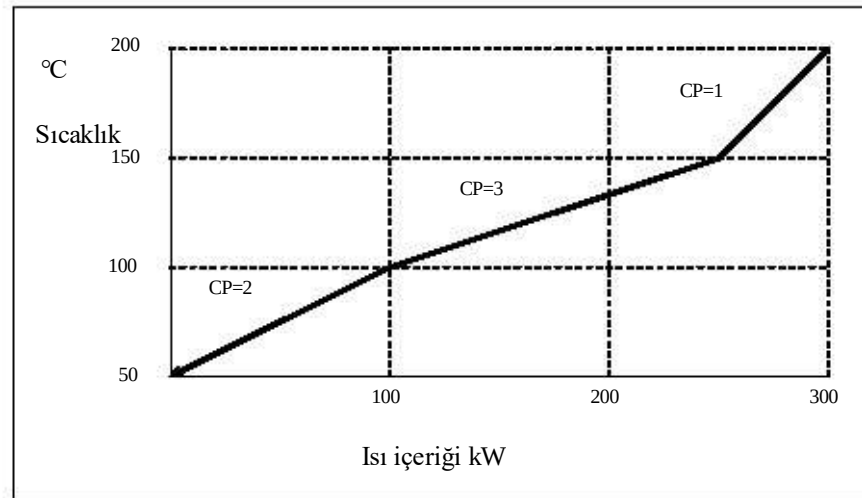
Şekil 2.11: iki sıcak buhar

Buhar, 200'den 100 °C'ye kadar soğutulmuştur. CP 1 (kütle akış oranı x özel ısı kapasitesi) ; bu nedenle, 100 kW ısı kaybetmektedir. İkinci buhar 150'den 50 °C'ye kadar soğutulmuştur CP 2; bu nedenle 200 kW ısı kaybetmiştir.

Sıcak bileşen eğrisi sıcaklığın üstüne ısı içeriklerinin eklenmesi ile ortaya çıkar.

- 200 ve 150 °C arasında, yalnızca bir buhar meydana gelmektedir, (CP 1). Bu yüzden bu sıcaklıkta ısı kaybı 50 kW'dır ve sıcaklığı ise 150 ile 100 °C arasındadır, toplamda 3 CP'ye sahip iki adet sıcak buhar bulunmaktadır. Toplam ısı kaybı 150 ile 100 °C ve 150 kW'dır. 150 ile 100 °C'den toplam CP 200 ile 150 °C'lik CP'den daha fazla olduğu için, sıcak bileşen eğrisi sıcaklık aralığında 150 ile 100 °C'den 100 ile 50 °C'ye doğru düzelme gösterir. 2 CP'ye sahip tek bir buhar bulunmaktadır, toplam ısı kaybı 100 kW'dır.
- 

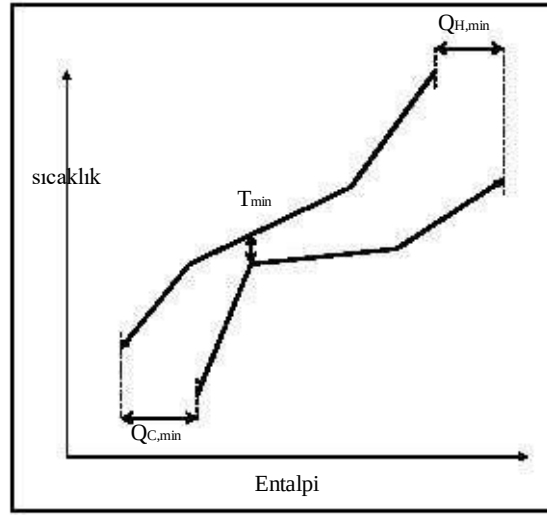
Şekil 2.12 sıcak bileşen eğrisini gösterir.



Şekil 2.12: Sıcak bileşen eğrisi

Soğuk bileşen eğrisi de aynı yolla oluşturulur. Uygulamada buhar sayısı daha fazladır fakat bu buharlar tamamen aynı yola oluşturulur.

Şekil 2.13, yanı sıcaklık- entalpi diyagramına yerleştirilmiş soğuk ve sıcak bileşen eğrileri görülmektedir. Diyagram, prosesim toplam ısıtma ve soğutma gereksinimlerini gösterir.

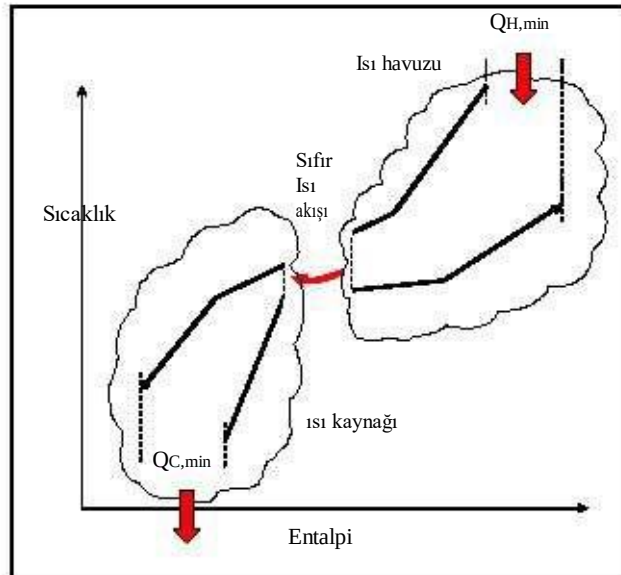


Şekil 2.13:Pinç ve enerji hedeflerini gösteren eğri

Entalpi ekseni boyunca prosessten prosese ısı değişimi ile sıcak bileşen eğrisi soğuk bileşen eğrisini ısıtmak için kullanılabilir. Soğuk bileşen eğrisinin dışarıdan ısı kaynağına ihtiyaç duyduğu en üst noktayı ( $Q_{H,min}$ ) aşan bir seviye vardır ve sıcak bileşen eğrisinin en alt noktası dışarıdan soğutma gerektirir. ( $Q_{C,min}$ ). Bunlar, sıcak ve soğuk yardımcı hedefler olarak bilinir.

Eğrilerin dokunmaya en yakın olduğu nokta pinç olarak bilinir. Pinçte eğriler, minimum yaklaşım sıcaklığı  $WT_{min}$  tarafından ayrılır. Bu değerde bir  $WT_{min}$  için kesişme bölgesi prosessten prosese ısı değişiminin (olası) maksimum miktarını gösterir Buna ek olarak  $Q_{H,min}$  ve  $Q_{C,min}$  minimum yardımcı ihtiyaçlardır.

Pinç ve proses hedefleri belirlendikten sonra, pincin “üç altın kuralı” uygulanabilir. Proses iki ayrı sistem olarak düşünülebilir (bkz. Bölüm 2.14): Pinç üzerindeki sistem, pinç altındaki sistem. Pinç üzerindeki sistem dış kaynaktan olumlu ısı miktarına ihtiyaç duyar, bu da ısı havuzudur. Pinç altındaki sistem ise dış havuzları kabul etmez ve bu yüzden ısı kaynağıdır.

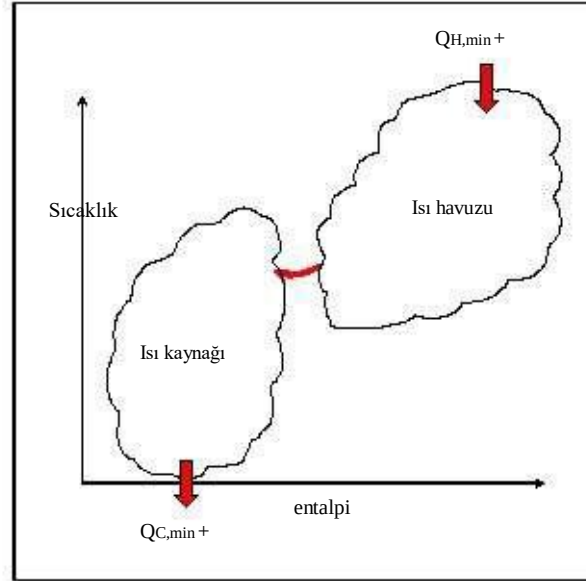


Şekil 2.14: Pinç altı ve piç üstü sistemlerinin şematik olarak gösterilmesi

Bu üç altın kural şunlardır:

- ☐ Isı pinç üzerinden transfer edilmemelidir.
- ☐ Pinç üzerinde dış soğutma olmayacak
- ☐ Pinç altında dış ısıtma olmayacak.

Pinç boyunca hareket eden ısı miktarı “b” ise, ek miktarda (b) sıcak yardımcı malzeme eklenmelidir ve ek miktarda soğuk yardımcı malzeme “b” gereklidir. (bkz. Bölüm 2.15). Buna benzer olarak, ısı havuzunun dışındaki ve ısı kaynağının dışındaki her şey enerji gereksinimlerini artırır.



Şekil 2.15: Pinç boyunca ısı havuzundan ısı kaynağına ısı transferi

Böylece:

$$T = A - \alpha \quad \text{Denklem 2.1}$$

T = hedef enerji tüketimi

A = gerçek enerji tüketimi

$\alpha$  = çapraz-pinç ısı akışı

Enerji hedeflerine ulaşmak için çapraz-pinç ısı akışları ortadan kaldırılmalıdır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Üretim tesisinde enerji dengesinin optimize edilmesi

#### Çapraz medya etkileri

Olması beklenmemektedir.

#### İşletimsel veri

Sürekli olmayan proseslerde pinç metodunun uygulanmasının anahtarı veri çıkarmadır. Kestirme yok yoktur, detaylı ölçümler ve tüm proses buharlarının zamanlanması maliyet tasarruflarının (enerji tasarrufu) elde edilmesi için önemlidir.

### Uygulanabilirlik

Pinç metodu farklı sıcaklık seviyelerinde proses buharlarıyla çeşitli sanayilerde uygulanabilir. Yeni tesislerin ya da ünitelerin tasarlanmasında, önemli güncellemelerde, detaylı araştırmalarda ve tesis performansının detaylı olarak araştırılmasında kullanılır. Örneğin:

- ☐ Proses birimlerinin enerji analizi
- ☐ Yardımcı malzeme artı ısı ve elektrik gücü sistemi analizi
- ☐ Isı değiştirici iletişim ağı tasarımı ve analizi
- ☐ Proses ve yardımcı malzeme entegrasyonunu optimize etmek için tesisin toplu olarak analiz edilmesi
- ☐ Hidrojen ve su sistemleri analizi

Pinç metodu daha önceleri enerji ve ana sermaye tasarruflarının mevcut olduğu yakıt rafinerilerinde, petrokimyasal sanayide ve dökme kimyasal tesislerinde kullanılmaktaydı. Ancak son zamanlarda bu metot, kojenerasyon, ilaç sanayi, kâğıt hamuru ve hamur, çimento, gıda, içecek ve süt sanayi gibi birçok sanayi dalında ve proseste kullanılmaktadır. (örn. Mayalama, kahve yapımı, dondurma ve süt ürünleri) Aşağıdaki örneklere bakınız.

Pinç metodu; çeşitli işletme parametrelerini birleştiren yığın işlemlerinde yarı devamlı ve devamlı işlemlerde kullanılır. Bu parametreler; farklı besleme stoğu, mevsimsel talep değişiklikleri, çeşitli yardımcı malzemeler, kalite kısıtlamaları ve çevresel kısıtlamalardır.

### Finansman

Tablo 2.6’da geri ödeme sürelerine bakınız.

Pinç metodunun genellikle zor ve masraflı olduğu düşünülür. Ancak basit sorular için elle hesaplama yapılabilir ya da yazılım araçları kullanılabilir (bazıları ücretsiz temin edilebilir). Projeler genellikle 5000 Euro’dan başlar. Analiz yapmak için gerekli veriler oldukça azdır ve pinç analizi, endüstri mühendisliği eğitiminde temel öğedir.

Daha karmaşık durumlar için, pinç analizinin, proses simülasyonunun, maliyet hesaplamalarının ve tesis operasyonunun tecrübeli bir takım tarafından değerlendirilmesi gerekmektedir.

### Uygulama için itici güç

İşletme ve ama sermaye masraflarından tasarruf edilmesi

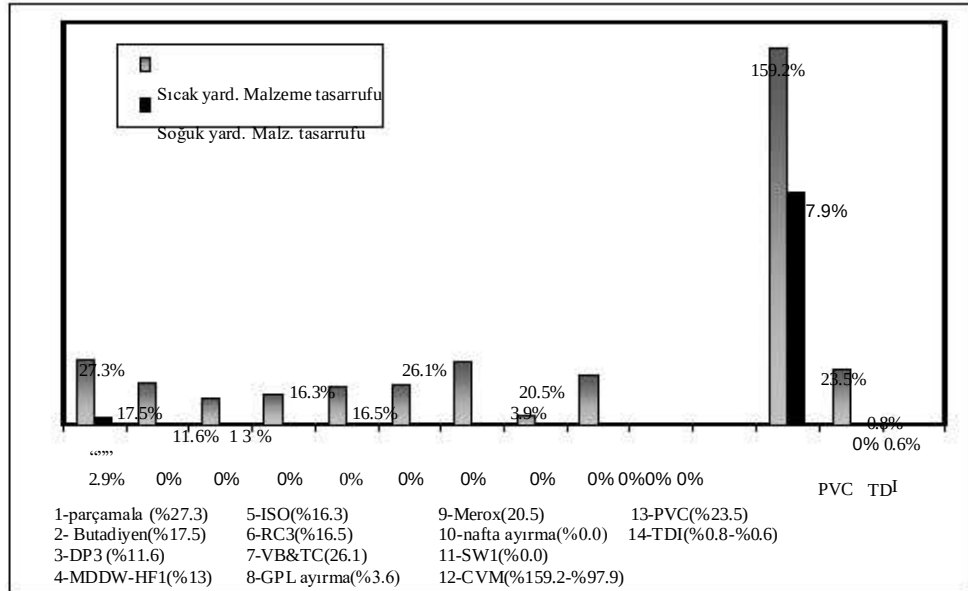
Mevcut işlemlerde kullanılmasının yanı sıra, proses karı sağlar. (tesis esnekliğinin artırılması, şirketin dar boğazdan kurtarılması, kapasitenin artırılması ve kirlilik etkilerinin azaltılması)

.

## Örnekler

| Pinç metodunun uygulanması sonucunda tasarruflar 1 (Masraf: USD <sub>2</sub> , Ullman's, 2000)             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proses tanımı                                                                                              | Tasarruf                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Ham petrol ünitesi                                                                                         | Tasarruf c. USD $1.75 \times 10^6$ 1.6 yıl geri ödeme                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Etilen, butadiyen, HDPE, LDPE ve propilen Üreten büyük petrokimyasal kompleksler                           | USD $7,00 \times 10^6$ 'nın üzerinde tasarruf, 12-20 ay arasında geri ödeme                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Talebe özgü kimyasallar, 30 reaktörle gerçekleştirilen yığın prosesi ve 300'den fazla ürün                 | Tasarruf c. USD $0,45 \times 10^6$ 3 ay ile 3 yıl arasında geri ödeme                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Sülfür bazlı özel kimyasallar, yığın                                                                       | Tesisteki toplam enerji faturasının %30'undan tasarruf (USD $0.18 \times 10^6$ (9 – 16 aylık geri ödeme süresi)                                                                                                                                                                                                                              |
| Yenilebilir yağ rafinerisi, yığın işlemi                                                                   | Proses enerjisinin % 70'inin tasarruf edilmesi (c. USD $0,79 \times 10^6$ 'ya denk gelir. 12-18 ay arasında geri ödeme, artan kapasitenin %15'ine denk gelen kemer sıkma politikası                                                                                                                                                          |
| Yüksek düzeyde besleme yığını Süt ürünlerinin yığın olarak işlenmesi ve kuru Meyvelerden yapılan içecekler | % 30 tasarruf (=USD $0,20 \times 10^6$ ) 1 yılında az sürede geri ödeme Enerji maliyetlerinden % 12 -25 oranında tasarruf (9 ay-2 yıl süreli geri ödeme                                                                                                                                                                                      |
| Bira sanayi                                                                                                | Kemer sıkma politikaları ve (USD $0.35 \times 10^6$ (8 ay 2 yıl arasında geri ödeme süresi)                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Modern viski damıtma tesisi                                                                                | Enerji faturalarından %8 – 20 oranında tasarruf, 1-3 yıl arasında Geri ödeme süresi                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Kâğıt fabrikası                                                                                            | Tasarruf miktarı (USD $0.28 \times 10^6$ ) 1 yıl geri ödeme süresi                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Sürekli selüloz asetat işleme                                                                              | büyük miktarda enerji tasarrufu                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Sürekli kuru çimento işleme                                                                                | Notlar: yukarıda yer alan tasarruflar ne başta enerji maliyetleriyle ilgilidir. Şirketlerin birçoğu yüksek verimden ve artan proses Esnekliğinden ve işletilebilirlikten yararlanmaktadırlar. Bu karların ekonomik değerleri tabloda yer almamaktadır. Verilerin ve 2Uygulamaların tarihi bilinmediğinden döviz kurlarına yer verilmemiştir. |

Tablo 2.6: Pinç metodu: bazı uygulamalara ve tasarruflara ilişkin örnekler [266, Ullmann's, 2000]



Şekil 2.16: Pinç metoduyla belirlenen enerji tasarrufları

Not: Kısaltmalar polimer ve organik kimyasal prosesine işaret eder.

[51, Pini, 2005]

Kaynak bilgi

[117, Linnhoff March], [118, KBC], [12, Pini, 2005, 51, Pini, 2005, 67, Marttila, 2005, 119, Neste Jacobs Oy]

Ücretsiz pinç yazılımı: Pinch2.0 from Fraunhofer ISI/Peter Radgen.

BREFlerde ele alınan bir yöntemdir: OFC, SIC, LVIC-S, REF, vb.

## 2.13 Entalpi ve ekserji analizleri

### Tanım

Enerji (ya da entalpi) analizi ya da ekserji analizleri, üzerinde çalışılan termal sistemin akışının ekserjisinin ya da enerjisinin belirlenmesine ya da bu akışlarla bağlantılı olan öğelerin enerji ve ekserji dengesinin saptanmasına dayanan bir tekniktir.

Bu analizleri gerçekleştirmek için aşağıdaki adımlar uygulanmalıdır:

1. Analiz edilen sistemin sınırları tam olarak belirlenmelidir. (tüm tesis ya da bir parçası)
2. Tüm sistem parçalara bölünmelidir ve enerji akışlarıyla bağlanmalıdır. Bu parçalanmanın ayrıntıları gerekli analizin derinliğine ve uygun bilgiye dayanmaktadır.
3. Akışları belirleyen termodinamik özellikler belirlenmelidir: kütle akışı, basınç, sıcaklık, bileşen, shaft gücü, ısı akışı vb.
4. **Gerçek sistem analiz edildiğinde, ölçümler sonucunda bu bilgilere ulaşılmaktadır. inşa edilecek işletme için analiz yapıldığında simülasyon kullanır. Belirlenen tüm akışlar nitelendirildiğinde, entalpilerini ve ekserjilerini belirlemek mümkündür.** (bkz. Bölüm 1.2.2 ve EK 7.1).
5. **Entalpi ve ekserji, bileşimlerdeki enerji kayıpları, geri dönüşümsüzlük ve verimlilik gibi diğer parametreleri belirlemek ve göstermek için kullanılabilir.** (örn.Sankey(enerji) diyagramları ve Grassmann (ekserji) diyagramları).
6. Bu dengeler ve analizler belirli zaman aralıklarında gerçekleştirilir, belirlenen akış için ekserji kaynaklarının miktarı gibi “ekserji masrafları” hakkında bilgiye ihtiyaç vardır. Bu analizler tesisin performansının üzerinde anlaşılan durumdan sapmasına ilişkin belirlemeler yapmak için kullanılabilir.
7. Son olarak , termodinamikler ile finansman arasındaki ilişki belirlenebilir, çünkü tesisteki bir alt sistemin verimsizliği ya da işlev bozukluğunun maliyetinin iki bileşeni vardır: birincisi malzeme kaynaklarının miktarı ve ikincisi bunu telafi etmek için harcanan para. Bu tekniğin temellerini açıklayan teori termoeкономи olarak adlandırılır. (bkz. Bölüm 2.14).

Görüldüğü gibi, enerji ve ekserji analizleri birbirine paralel olarak gerçekleştirilebilir ve aynı birimde ölçülür. Ancak ekserji analizi daha az kullanılmasına ve daha karışık olmasına rağmen daha kullanışlıdır çünkü enerjiden tasarruf edilecek alanları doğrudan bildirir.

Enerji bir servettir: Yaratılan ya da yok edilen bir yapıya sahip değildir. Bu yüzden enerji analizi, sistem sınırları içerisinde kaybolan enerjiyi dikkate alır. (ısı kayıpları, bacaya giden gazlar vb.) Ancak her enerji dönüşümü enerji kalitesinin düşmesine neden olur. Enerji korunur yalnız kullanımı azalır. Bu çerçevede ekserji, enerji kalitesini dikkate almak amacıyla belirlenen bir ölçüttür. Elektrik işleri ya da mekanik işler, en yüksek kalitede enerji türleridir bu yüzden enerjileri ve ekserjileri tamamıyla yanındır. Diğer yandan çevre sıcaklığından 20 derece daha fazla ısıtılan su kütlesi enerjiye sahiptir, fakat ekserji içeriği göz ardı edilebilir. Ekserji içeriği, belirlenen akışın diğer enerji türlerine maksimum düzeyde dönüştürülebilme (enerji birimlerinde) olasılığını inceler Ekserji bu yüzden bir servet değildir. Kararlı durumlardaki proseslerde, giren akışların ekserjisi çıkan akışların ekserjisinden daha yüksektir. Bu farklılık geri dönüşümsüzlük olarak adlandırılır ve ekserji analiziyle ölçülmesi enerji kayıplarının nerede yaşadığının belirlenmesini sağlar.

(diğer bir deyişle, enerjiden nerede tasarruf edilebilir. ) Bu konular EK 7.1’de daha detaylı olarak açıklanmıştır.

Örnek olarak, belirlenen proses için düşük basınç üretecek bir kazan düşünün. Enerji analizi yapıldığında, bu kazanın enerji verimliliği %85 kadar yüksek olacaktır ve böylece verimli bir araç olduğu kabul edilecektir. Ancak buhardaki enerjinin kalitesi düşüktür, bu yüzden kazanın ekserji verimliliği yaklaşık %25 olabilir. Bu düşük gösterge; kazanın kojenerasyon sisteminin ısı geri kazanımı buhar jeneratörüyle değiştirildiğinde büyük enerji tasarrufları yapılabileceğini gösterir. Bu kojenerasyon sisteminde girdi sıcak gazları yüksek kalitede enerjiyi yakalayan bir türbini çalıştırmak için kullanılmaktadır. Sezgiye karşı çıktının kalitesi ne kadar düşük olursa, kazanın enerji verimliliği de o kadar az olur. Ancak ekserji verimliliği göstergesi sağduyu eğilimlerini takip eder.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Bu analizleri enerjinin ve ekserjinin nerde kayba uğradığını belirlemeyi sağlar. Ayrıca bu analizler enerji tasarrufunu sağlama potansiyelinin en yüksek olduğu durumları saptamaya da yardımcı olur. Ekserji, akışı belirleyen özelliklerin tümüne bağlı olduğundan, tesis içerisinde kirleticilerin üretildiği alanları ve bunların miktarlarını takip etmek için de kullanılabilir.

#### Çapraz medya etkileri

Olması beklenmemektedir.

#### İşletimsel veri

Bu tekniklerin uygulanmasındaki başlıca nokta enerji sisteminin akışları hakkında bilginin mevcut olmasıdır. Bu bilgi çalışan tesislerdeki ölçümler neticesinde ve tasarım aşamasındaki simülasyonlarla elde edilir. Analizin derinliği bu koşullarla sınırlıdır.

#### Uygulanabilirlik

Birçok tesiste ekserji konsepti doğal kaynakların nerede kayba uğradığını belirlemek için kullanılır. (bkz. aşağıdaki Kaynak Bilgi)

Teknikler herhangi bir termal sisteme uygulanabilir. En büyük avantajı farklı tesislerin doğrudan kıyaslanmasıdır. Bunun yanı sıra ekserji analizi tam bir kaynak sağlar: geri dönüşümsüzlüğe sahip tek ideal sistem

Uygun ölçütlerin kullanılmasıyla bir işletmenin durumunun belirlenmesi ve bunların tasarım değerleriyle kıyaslanması için bu analizler kullanılabilir. Bunun yanı sıra alternatiflerin ve tasarım aşamasında gelişim imkânlarının analiz edilmesi açısından faydalıdır.

Ancak, ekserjinin şirketlerde kullanımı sınırlıdır. Örneğin Hollanda’da ekserji konsepti; Shell, Dow Chemical, Unilever, DSM, AKZO NOBEL gibi büyük şirketlerin mühendislik departmanları ve büyük mühendislik firmaları tarafından kullanılır. Çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar, ekserji analizlerinin değerli bilgiler sağladığı sonucuna ulaştırmaktadır fakat analizler zaman alır ve sonuçların karşılaştırılacağı kadar veri bulunmamaktadır. Örneğin ekserjik verimliliklerin temeline yönelik kıyaslamalar basit değildir çünkü yeteri miktarda veri bulunmamaktadır. Ekserji analizlerini kolaylaştırmak için ekserji hesaplama programları geliştirilmiştir. Bu programla akışların ekserjisi özel akış diyagramlarıyla hesaplanır. (ekserji analizlerinin yapılması için gerekli süreyi azaltır) Ancak akış diyagramları pahalıdır ve yalnızca birkaç şirket masraflarının ayarlamak için verimli bir şekilde kullanır.

Küçük ve orta ölçekli birçok şirket; yüksek maliyet, eğitilmiş kadronun yetersiz olması ve bu programlara veri girdisinin sağlanması için gerekli doğruluk seviyesine ulaşılamaması sebebiyle bunun gibi yazılımları kullanmaz. Bu şirketler için yeni bir metot belirlenmiştir ve bu metot geliştirilmektedir.



### Finansman

Ekserji analizleri zor ve pahalı özellikleriyle bilinir. Ancak, akış özellikleriyle ilgili bilgi mevcutsa, (normal bir durumdur) entalpi ve ekserji analizleri düşük masrafla gerçekleştirilebilir. Akış diyagramı paketi ile bağlantılı olarak analiz yapmak için sınırlı sayıda araç mevcuttur. Bu yola, analizler hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirilir. Ekserji kayıpları en fazla tasarrufun (malzemelerde, enerjide ve parada) yapılacağı yerleri tam olarak belirler. Bir ekserji analizinin maliyeti 5000 Euro'dan başlar.

Buna ek olarak, daha küçük projelerde analizler elle yapılabilir. Burada ekserji analizi çok sınırlı bir şekilde kullanılmaktadır. Ekserji tarama adlı yeni metod faydalı bir araç sağlamak için yapım aşamasındadır.

### Uygulama için itici güç

Tesis ölçütlerine değer katan düşük maliyetli bir tekniktir. Ayrıca, enerji tasarruflarının sağlanacağı bileşenleri ele alır. Bu analizlerden elde edilen bilgiler Sankey diyagramları gibi araçlar tarafından kullanılabilir. (bkz. Bölüm 2.7.1).

### Örnekler

Enerji (ya da entalpi) analizi hem tasarım hem de işletmede termal sistemin analiz edilmesinde yaygın olarak kullanılır. Ekserji kullanımı geniş kapsamlı değildir ancak kullanımı her geçen gün artmaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi: Shell, Dow Chemical, Unilever, DSM, AKZO NOBEL ve büyük mühendislik firmaları tarafından kullanılır.

### Kaynak bilgi

[227, TWG]

Entalpi ve ekserji analizlerine ilişkin örnekler ve bilgiler termodinamiklere ilişkin kitaplarda bulunabilir. Ekserji analizine ilişkin daha detaylı örnekler için:

- ☐ T. J. KOTAS. Krieger, The Exergy Method of Thermal Plant Analysis, Florida, 1996
- ☐ Kotas, T.J., The Exergy Method of thermal and chemical processes, Krieger Publishing Company, Melbourne, USA, 1999
- ☐ Szargut J., Morris D.R., Steward F.R., Exergy Analysis of Thermal, Chemical and Metallurgical Processes, Hemisphere, New York, 1988
- ☐ Cornelissen, R.L., 1997, Thermodynamics and sustainable development, The use of exergy analysis and the reduction of irreversibility, Ph.D. thesis, University of Twente, <http://www.ub.utwente.nl/webdocs/wb/1/t0000003.pdf>
- ☐ Cornelissen, R.L., and Boerema C. 2001, Exergy Scan the new method for cost effective fuel saving, Proceedings of ECOS 2001, p.p. 725-731, Istanbul.

### Araçlar:

- ☐ Ekserji ölçer: <http://www.exergoecology.com/excalc>
- ☐ exerCom and exergy scan: more information on both at [www.exergie.nl](http://www.exergie.nl)

## 2.14 Termoekonomi

### Tanım

Termoekonomi analiz teknikleri sistem düzeyinde uygulanan bilginin maliyeti ile, termodinamiklerin birinci ve ikinci yasasını birleştirir. Bu teknikler, formasyon işleminin maliyetinin anlaşılmasına yardımcı olur ve üretime ilişkin tüm masrafları düşürür, aynı işlem tarafından üretilen birden fazla ürüne maliyet yükler.

Bölüm 1.2’de belirtildiği gibi, enerji proseste tüketilmez, fakat yararlı enerji, faydası daha az olan formlara indirgenebilir. Yakma, ısı transferi, kısıtlama gibi yüksek oranda geri dönüşümsüz prosesler yalnızca ekserji analizleriyle (bkz. Bölüm 2.13) analiz edilebilir. Ekserji bir amaçtır ve değişimin evrensel ölçütleri termodinamikler ve maliyet hesaplama metodları arasında köprü kurar. Basınç, sıcaklık, enerji gibi ölçülebilen yoğun özelliklerle alakalıdır. Ekonomik analiz; yakıt masraflarını, yatırımı, tesisin işletme ve bakım giderlerini hesaplayabilir.

Bu sebeple, termoekonomi tüketilen kaynakların maliyetlerini, para ve sistem geri dönüşümsüzlüğünü, üretim prosesi açısından değerlendirir. Termoekonomi, kaynakların korunması için (kaynakların) en verimli şekilde nasıl kullanılabilceğine dair belirlemeler yapmayı sağlar. Masraflar, verimsizliklerin ekonomik etkilerini vurgular ve üretim proseslerinin maliyet etkinliğini artırmak için kullanılır. Akış buharlarının ve bir tesisteki proseslerin maliyetini değerlendirmek, maliyet oluşumunun girdi kaynaklarından son ürünlere kadar anlaşılmasını sağlar.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Öncelikle enerji tasarrufu sağlar, bunun yanı sıra malzeme kullanımında, atık maddelerde ya da salınan malzemelerde düşüşü sağlar.

### **Çapraz medya etkileri**

Hesaplama teknikleri sonucunda olması beklenmemektedir.

### **İşletimsel veri**

Bu analizler konvansiyonel enerji analizlerinin kullanılmasıyla çözülemeyen karmaşık enerji sistemlerine ilişkin sorunları çözebilir. Diğer uygulamalar içerisinde termoekonomilerin kullanım nedenleri:

- ☐ Tesis ürünlerinin fiziksel kriterlere göre fiyat değerlendirmesi (Küresel ve ulusal optimizasyon gibi) son ürünlerin maliyetlerini azaltmak için özel proses birimi değişkenlerinin optimizasyonu
- ☐ Verimsizliklerin tespit edilmesi ve işletim tesislerindeki ekonomik etkilerinin hesaplanması (örn. tesis işletiminin termoekonomik olarak teşhis edilmesi)
- ☐ Çeşitli tasarım alternatiflerinin ya da operasyon kararlarının ve kar oranlarının değerlendirilmesi enerji denetimlerinin en üst seviyeye çıkarılması
- ☐

### **Uygulanabilirlik**

Veri yok.



### **Finansman**

Duruma bağlı

### **Uygulama için itici güç**

Maliyet kazancı ve malzeme tasarrufu

### **Örnekler**

Çeşitli elektrik gücü tesisleri (gazlaştırma-kombine döngü dahil) rafineriler, kimyasal tesisler, şeker işleme tesisleri, kombine güç ve tuzdan arındırma tesisleri, bölge ısıtma sistemleri vb.

### **Kaynak bilgi**

[258, Tsatsaronis and Valero, 1989] [284, Valero, , 285, Valero, 1989]

Tesislere ilişkin daha detaylı bilgi için : [286, Frangopoulos]

## 2.15 Enerji modelleri

### 2.15.1 Enerji modelleri, veri tabanları ve dengeler

#### Tanım

Enerji modelleri, veri tabanları ve dengeler, tam ve derinlemesine enerji analizlerinin yürütülmesi için uygun araçlardır. Bu modeller, veri tabanları ve dengeler; analitik ve kapsamlı enerji denetimlerinin bir parçası olabilir. (bkz. bölüm2.11). Model; enerjinin bir tesiste ya da işletmede nasıl ve nerede kullanıldığını göstermek için yapılan planlardır. (örn. veri tabanı) Bu sebeple model; bir tesis, işletme ya da birim hakkında teknik bilgileri kaydetmeyi amaçlamaktadır. Bu model, ekipman türünü, enerji tüketimini ve çalışma süresi gibi işleme ilişkin bilgileri kaydedecektir. Bu görev için yeterince donanımlı olması gerekmektedir (çok değil), operasyon, enerji yönetimi, bakım, satın alma, muhasebe gibi departmanlarda çeşitli kullanıcılara ulaşabilmelidir. Motor yenileme ve kalibrasyon tarihleri gibi kayıt güncellemeyi kolaylaştıracak bakım sistemlerine bağlı olabilir ya da bunların bir parçası olabilir. (bkz. Bölüm 2.9).

Bir enerji modeli, denge ya da veri tabanı kullanılırken, sistem sınırlarına göre inşa edilebilir. (bkz. Bölüm 1.5.1). Örneğin:

- ☐ Birimler (departman, üretim hattı vb..)
  - ☐ sistem
    - bireysel ekipman (pompalar ya da motorlar gibi.)
    - yardımcı sistemler (sıkıştırılmış hava, pompalama, vakum, dış aydınlatma gibi.)
  - ☐ bireysel ekipmanlar (pompalar, motorlar vb.).

Denetim uzmanı (ya da veri toplayıcı) kaydedilen verimliliğin gerçek sistem verimliliği olduğunu garanti etmek için dikkatli davranmalıdır. (bölüm 1.5.1’de belirtildiği gibi).

Bir enerji modeli ya da veri tabanı enerji denetimlerini gerçekleştirecek stratejik bir araç olduğundan, öncelikle bir denge kurularak denenmesi, geçerliliğinin sağlanması gerekmektedir. Buna yönelik ilk adım hesaplamalardan yola çıkarak tüketilen toplam enerji miktarını tedarikine göre ölçülen enerji tüketilen miktarla kıyaslamaktır. İşletmenin karmaşık bir yapıya sahip olduğu durumlarda bu yöntem birim ya da sistem seviyesinde uygulanabilir. (Bkz. sistem sınırları, Bölüm 1.5.1 ve ölçme, Bölüm 2.10.3). Hesaplanan ve ölçülen tüketimler arasında denge sağlanmamışsa, model kapsamındaki veriler tekrar kontrol edilmelidir. (özellikle yük faktörlerinin ve çalışma saatlerinin hesaplanması) Gerekli görüldüğü yerlerde bunların tam olarak doğruluğunun sağlanması ve sonrasında uygulanması daha doğrudur. Hataların bir başka nedeni de enerji kullanan ekipmanların bir kısmının belirlenmemesidir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Enerjinin tüketildiği alanların öğrenilmesi sonucunda yapılacak planlar

#### Çapraz medya etkileri

Beklenmemektedir.

#### İşletimsel veri

Elektrik enerjisi

Elektrik modeli, veri tabanı ya da denge için, elektrikle çalışan her bir araç için toplanabilecek veriler aşağıda yer almaktadır. (motorlar ve sürücüler, pompalar, kompresörler, elektrikli kazanlar):

- ☐ Oranı belirlenmiş güç Oranı
- ☐ belirlenmiş verimlilik Yük
- ☐ faktörü
- ☐ Yıllık çalışma saatleri
- ☐

Güç ve enerji verimliliğini saptamak kolaydır çünkü normalde aracın üzerine damgalanmışlardır ancak güç faktörü ve yıllık çalışma saatleri hesaplanır.

Basit elektrik enerjisi modeli için toplanan verilerin bir örneği EK 7.7.3'te yer almaktadır.

Yük faktörü %50 den fazla olarak hesaplanmışsa o halde yük faktörünün kendisi=

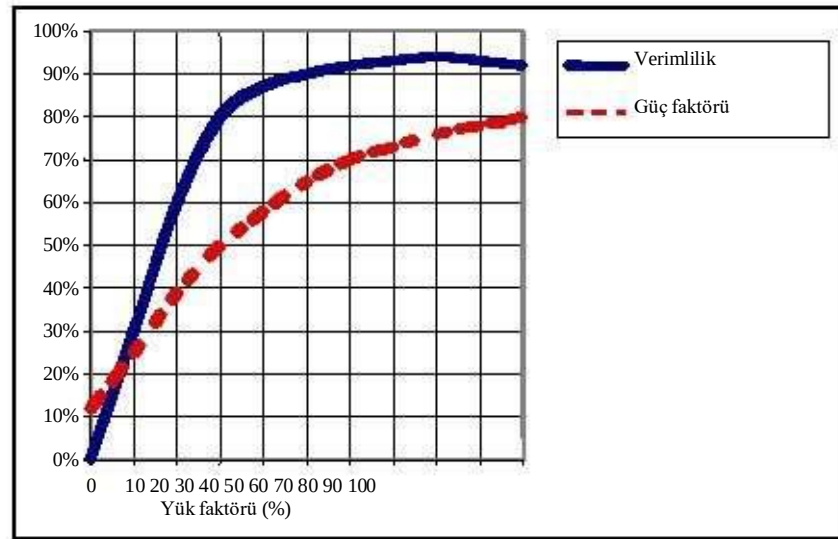
$$LF = \frac{P_{(eff)} \times}{P_{(rated)}}$$

- ☐ LF, yük faktörü
- ☐  $P_{(eff)}$ , aracın çalışma süresi boyunca emdiği elektrik gücünün etkin bir şekilde hesaplanması (kW)
- ☐  $P_{(rated)}$  oranı belirlenmiş güç (kW)
- ☐ e aracın oranı belirlenmiş verimliliği (tam yüklemde).
- ☐

Gerekli görüldüğünde, elektrik gücüyle çalışan ölçerlerle  $P_{eff}$  hesaplanabilir.

Bir aracın verimliliğinin ve güç faktörünün yük faktörüne bağlı olduğu belirtilmelidir.

Şekil 2.17, (motor)



Şekil 2.17: yük faktörüne bağlı olan bir aracın güç faktörü [11, Franco, 2005]

### Termal enerji

Termal enerji modelinin, veri tabanının ya da dengesinin tablo biçimde gösterilmesi elektrik modelinden daha karmaşıktır. Termal tüketimin kapsamlı olarak gösterilmesi için iki modelin (veri tabanının ya da dengenin) bir araya getirilmesi gerekmektedir: birinci düzey ve ikinci düzey

Birinci düzey enerji modelini derlemek için yakıt türlerini kullananların sayılmasına ihtiyaç vardır. Yakıt tüketicisi için (kazan ya da ocaklar gibi) aşağıdaki veriler kaydedilebilir:

- ☐ Belirli zaman aralığında, özellikle yıllık olarak, tedarik edilen yakıtın cinsi
- ☐ Ocağa giren termal taşıyıcının türü: (öm. basınçlı su): akış oranı, sıcaklık, basınç
- ☐ kondensat: geri kazanım yüzdesi, sıcaklık, basınç
- ☐

- ☐ Ocak gövdesi: üretici, model, kurulum yılı, termal güç, oranı belirlenmiş verimlilik, değişim zemin alanı, yıl içerisindeki çalışma saatleri, gövde ısısı, ortalama yük faktörü ,
- ☐ kazan: üretici, model, kurulum yılı, termal güç
- ☐ egzoz: akış oranı, ortalama karbon dioksit oranı içeriği
- ☐ ocaktan ayrılan termal taşıyıcının cinsi (örn. buhar): sıcaklık, basınç
- ☐

Bunun gibi verilerin toplanmasına karşın ilk düzey termal modelinde (jeneratör kısmı) yalnızca başlıca enerji kullanıcılar dikkate alınmalıdır. (bkz. Tablo 7.9) Tüm enerjileri birincil enerjiye ya da sanayide kullanılan özel enerji türlerine dönüştürmek daha sonra yapılacak kıyaslamalar için yararlı olmaktadır.(bkz. Bölüm 1.3.6.1).

İkinci düzey modeller (kullanıcı kısmı) herhangi bir formda (sıcak su, sıcak hava, buhar vb.) termal enerjiye ihtiyaç duyan tüm makinelerin sayımının dikkate alınmasıyla gerçekleştirilir. Termal enerji kullanan ekipmanların her bir parçası için aşağıda belirtilen veriler bir araya getirilmelidir:

- ☐ Kullanılan termal taşıyıcının cinsi
- ☐ Saatlik/yıllık termal ihtiyacı
- ☐ Termal enerjinin kullanıldığı yük faktörleri
- ☐ Oranı belirlenmiş termal güç

Verilerin düzenlenmesine ilişkin örnekler EK 7.7.3'te Tablo 7.9'da gösterilmiştir.

İkinci düzey model (kullanıcı kısmı) yardımcı malzemeler tarafından (kazanlar, ısı jeneratörleri) tedarik edilen ısı ile kullanıcıların talep ettiği ısısın eşleştirilme işleminin gerçekleştirilmesi için uygundur.

Bu iki model arasındaki farklılık kabul edilebilir düzeydeyse geçerlilikleri kabul edilir. Ancak bu farklılık kabul edilemeyecek düzeydeyse daha fazla araştırma yapılmalı ya da hesaplamalar yeniden gözden geçirilmelidir.

İki miktar arasındaki farklılığın büyük olması farklı taşıyıcıların (buhar, sıcak su) üretim-dağıtım-kullanım sırasında büyük kayıpların varlığına işaret eder. Bu durumda enerji verimliliğini artırmak için birtakım adımların atılması gerekir.

### Uygulanabilirlik

Modelin türü ve toplanan bilgilerin detayı işletmeye bağlıdır.

Enerji tüketen ekipmanın her bir parçasının analiz edilmesi pek uygun değildir ya da gerekli değildir. Elektrik enerjisi modelleri küçük işletmeler için daha uygundur. Elektrik enerjisinin ve termal güç tüketiminin de dahil olduğu proseslerin detaylı olarak analiz edilmesi büyük işletmeler için daha uygundur.

Veri toplamanın maliyet kazancını artırmak için öncelikler belirlenebilir (örn. belirli güç tüketimini aşan ekipmanlar hakkında veri toplama) . Bunun dışında örneğin gücün (buhar, elektrik) %80'ini kullanan ekipmanın %20'si hakkında veri toplanarak kılavuzlar oluşturulabilir. Model kullanıldığı için ve ENE kazanıldığı için geri kalan ekipmanlar planlı bir yöntemle eklenebilir.

### Finansman

Tesise bağlı

### Uygulama için itici güç

Maliyet kazancı

### Örnekler

Veri listeleri ve denge hesaplamalarına ilişkin örnekler EK 7.7.3'te yer almaktadır.

Kaynak bilgi  
[127, TWG] [11, Franco, 2005]

### 2.15.2 Yardımcı malzeme kullanan modellerin yönetimi ve optimizasyonu

#### Tanım

Bu yöntem, Bölüm 2.10.3 ve 2.15'te belirtilen teknikleri bir araya getirir, yazılım örnekleme ve/veya kontrol sistemlerini ekler.

Basit işletmeler için daha ucuz ve daha kolay denetimin varlığı ve elektronik veri yakalama ve kontrol etme işletmeciler tarafından verilerin toplanmasına, prosesin enerji ihtiyaçlarının belirlenmesine ve prosesin kontrol edilmesine yardımcı olur. Bu işlem basit zamanlama ile, açma-kapama, sıcaklık, basınç kontrolü ve veri yazıcılarla başlayabilir. Daha iyi kontrol için yazılım modellerinin kullanılması süreci kolaylaştırır.

Daha karmaşık düzeylerde, büyük işletmeler bilgi yönetim sistemine, (üretim ve uygulama sistemleri) tüm proses şartlarının kontrolüne ve kayıtlara hâkim olabilir.

Enerjinin alınması ve tedarik (tedarik tarafı enerji yönetimi, dağıtım yönetimi veya yardımcı malzeme yönetimi) edilmesine ilişkin yöntemler için özel bir uygulama bulunmaktadır. Bu uygulama enerji yardımcılarının (elektrikli buhar, soğutma) idare edilmesi ve optimize edilmesi için kontrol sistemlerine bağlı yazılım modelini kullanır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Enerji kullanımının ve bununla ilgili salınımların azaltılması. Aşağıdaki örneklere bakınız.

#### Çapraz medya etkileri

Verimliliğe ek yapılabilir yalnız bazı durumlarda tedarik/yardımcı malzeme dağıtım tarafı göz önünde bulundurulmuyorsa, talebin düşürülmesinin sağlayacağı karlar elde edilemez. Örneğin buhar yeniden dengelenmiyorsa bir proses biriminde buhar tasarrufu havalandırmaya neden olur

#### İşletimsel veri

Karmaşıklığın artmasıyla birlikte optimum düzeyde ve enerji tasarrufu sağlayacak işlemde doğru araçların kullanılması işe yarayabilir. Bu araçlar, basit hesap tablosuna dayanan simülasyon araçları ya da tesisteki diğer uygulama ve üretim sistemleriyle entegre edilebilecek optimizasyon sistemleri ve daha güçlü model temelli yardımcı malzeme yönetimi için planlanan dağıtılmış kontrol sistemleridir.(DCS)

Yardımcı malzemelerin optimizasyonuna yönelik sistem çeşitli hedeflere ve altyapılara sahip kadro(mühendisler, operatörler, tesis yöneticileri, satın alma elemanları, muhasebe elemanları) tarafından uygulanacaktır. Genel şartlar ise aşağıdaki gibidir:

- ☐ Kullanım kolaylığı: farklı kullanıcıların sisteme girmesi gerekebilir. sistem farklı kullanıcı arayüzlerine sahip olmak zorundadır. Ayrıca verinin tekrar girilmesini engelleyecek biçimde diğer bilgi sistemleriyle veri entegrasyonu yapılmalıdır. (kurumsal kaynak planlaması (ERP), üretim planlama, veri geçmişi)
- ☐ Güvenilirlik: kullanıcılar tarafından kabul edilebilecek kadar güvenilir ve tutarlı öneriler sunmalı
- ☐ Gerçeğe yakınlık: gerçekleştirilemeyecek düzeyde detayların hariç tutulması ve tesisteki gerçek durumu açıkça göstermesi gerekir. (masraflar, ekipman, başlama süreleri)
- ☐ Esneklik: değişen tesis ortamındaki uyarlamaların daha kolay gerçekleştirilebilmesi için esnek olmalıdır. (geçici baskılar, güncelleme masrafları)
- ☐

Yardımcı malzeme optimizatörü ortaya çıkabilecek seçenekleri ve faydaları (çevrim içi ya da çevrim dışı ya da "varsayım" senaryoları) güvenilir bir şekilde değerlendirebilmeli ve gerekli değişikliklerin teşvik edilmesine katkı sağlamalıdır. Bkz. Bölüm 2.5

Model temelli optimizatör için gerekli araçlar:

- ☐ Yakıt tipi, buhar ve elektrik üretim prosesleri ve dağıtım sistemleri. Bu model en azından düşük ısıtma değeri ve bileşim de dahil olmak üzere yakıtların özelliklerini, tesisteki su ve buhar akışlarının termodinamik özelliklerini, yardımcı ekipmanların normal performans süresinden daha fazla çalışmalarını ortaya koyar.
- ☐ Yardımcı sistemlere uygulanabilecek al-sat sözleşmelerine ilişkin bir model
- ☐ Yardımcı malzemeleri açma-kapama kararları için karışık tam sayı optimizasyon yetkinliği ve sözleşme modelinde ve/veya yardımcı proses modelinde süreksizlik
- ☐ Çevrim içi verinin geçerliliğinin kabul edilmesi ve kaba hata belirleme
- ☐ Açık çember
- ☐ Çevrim içi optimizasyon
- ☐ Çevrim dışı çalışmalar için “varsayım” çalışmalarını sürdürme olasılığı (projelerin çalışma etkisi, farklı türdeki sözleşmelerin çalışma etkisi, örn. Elektrik, yakıt)
- ☐

### Uygulanabilirlik

Basit kontrol sistemleri küçük işletmelerde dahi uygulanabilir. Sistemin karmaşıklığı prosesin ve tesisin karmaşıklığıyla orantılı olarak artar.

Yardımcı malzeme optimizasyonu ve yönetim, enerjinin kaynaktan alınması için çeşitli seçeneklerin bulunduğu ve enerji kullanımının (buhar, soğutma) Enerji taşıyıcılar arasında ve /veya tesis içi üretimde (kojenerasyon ve trijenerasyon dahil, bkz. Bölüm 3.4)

Model temelli yardımcı malzemelerin optimizatörü için en önemli koşullar; yakıt modeli, buhar ve güç üretme prosesleri ve dağıtım sistemidir. Model en azından daha düşük ısıtma değerlerini, bileşenleri ve yakıtların tüm özelliklerini göstermelidir. Enerji ihracının optimize edilme olasılığını düşüren kentsel atık gibi çeşitli ve karmaşık yakıtlar söz konusu olduğunda bu işlemi uygulamak zor olabilir.

### Finansman

Örneklere bakınız

### Uygulama için itici güç

Maliyet, ana sürücüdür. Yardımcı malzeme piyasalarındaki kısıtlamaların kaldırılması, elektrik ve yakıt ticaretindeki, emisyon denetlemedeki, yönetim ve ticaretteki gümrük vergilerinden dolayı enerji kullanımındaki düşüşten kaynaklanan maliyet kazancı karmaşık bir hal almaktadır. (bkz. Bölüm 7.11) Tablo 2.7 başlıca iş prosesi sürücülerini ortaya koyar.

| İş prosesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Başlıca sürücü<br>(+ ile işaretlendiği yerlerde) |                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Enerji Verimliliği                               | enerji maliyeti / sözleşmeler |
| Talep tahmini: belirli bir süre içerisinde mevcut ve geleceğe yönelik tahmini yardımcı malzeme bilgisi (proses ve piyasa varyasyonlarına bağlı olarak günlük, haftalık, aylık, yıllık):<br><input type="checkbox"/> Favori yedeklerin kullanımının azaltılmasına (örn. kazanlar)<br><input type="checkbox"/> Aşırı buharın havalandırılmasının azaltılmasına<br><input type="checkbox"/> Yetersiz yedekleme ya da kontrolden kaynaklanan tedarik kaybının azaltılmasına<br><b>Yardımcı olur</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | +                                                |                               |
| Yardımcı malzeme üretiminin planlanması: tedarik profillerini alır ve yardımcı malzemelerin uygunluğuna göre optimize üretim planı geliştirir. Taktiksel (24saat) ya da stratejik (bakım için ekipmanın kapatılması-açılması)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | +                                                | +                             |
| Optimal tesis işletme (çevrim içi optimizasyon): bir plan önceden geliştirilecekse, (örn Her 24 saat için) işletimler farklılık gösterebilir ve bu planı geçersiz kılabilir. Yardımcı malz. optimizatörü, mevcut talep ve fiyata bağlı olarak sistemin en hesaplı biçimde işletilmesi için personele gerçek zamanlı öneriler sunar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | +                                                | +                             |
| Performans denetleme (yardımcı ekipman): yardımcı malzeme optimizatörü bireysel parçaların ve sistemlerin performansını izler. Bu işlem, bakım ve temizlik programlarını optimize etmede ve işletme sonuçlarına ilişkin uyarılarda kullanılır                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | +                                                |                               |
| Yatırım planlama: yardımcı malzeme optimizatörü yeni ekipmanlar için tasarım seçenekleminin değerlendirilmesi, proses sistemlerinde, yardımcı malzeme sistemlerinde yer alan ekipmanların uğradığı değişikliklerin gözden geçirilmesinde kullanılabilir.<br><input type="checkbox"/> proses ısısı kullanarak besleme suyu ısıtma işleminde hava alma<br><input type="checkbox"/> sürücünün seçilmesi (motor ya da buhar türbini) ya da buhar sistemini dengelemek için Esneklik sağlayan çift proses sürücüleri<br><input type="checkbox"/> kondensat dönüşünü artırmak<br><input type="checkbox"/> enerji tedarikini değiştirmek (örn. Orta basınçlı buhar kullanımını azaltmak için düşük Basınçlı buharın kullanılması)<br><input type="checkbox"/> kazanlara gidecek yakma havasının önceden ısıtılması için buhar kullanımı<br><input type="checkbox"/> tesiste yeni bir ünitenin inşa edilmesi durumunda ya da üniteler kapatıldığında mevcut iletişim ağının değişikliğe uğraması durumunda mevcut buhar ağı ile entegrasyon sağlamak | +                                                | +                             |
| Salınım gözlemleme, yönetim ve ticaret: bazı gaz salınımları (SO <sub>x</sub> ve CO <sub>2</sub> ) yakılan Yakıtlarla doğrudan bağlantılı olabilir. (yakıt tüketiminin ve varyasyonların tam olarak Bilindiği durumlarda) NO <sub>x</sub> öngörücü modelleri gerektirir., çünkü oluşumu yakıta, alev Sıcaklığına ve ekipmana bağlıdır. Yardımcı malzeme optimizatörü emisyon tahminini ve raporlamayı kapsar (izinler bunu gerektirirse) (örn. ELV'ye uygunluk). Optimizatör, emisyon yönetimi için karar alma işlemlerini, taleplerin tahmin edilmesi ve buna denk gelen salınımların ticaretinin yapılmasını destekler.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | +                                                | +                             |
| Sözleşme yönetimi(bkz. Bölüm 7.11): optimizatör operatöre veri sağlar ve en üst sınırdaki taleplerin en aza indirilmesine yardımcı olur.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | (+)                                              | +                             |
| Gümrük vergisi değerlendirme: yardımcı malzemelerin sınırlarının kaldırılması gümrük Vergisi seçeneklerinin şaşırtıcı biçimde sıralanmasına sebep olur. Elle hesaplama ve Seçenekler yeterince doğru ve hızlı değildir, bu işlem daha büyük kullanıcılar için otomatikleştirilmiştir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                  | +                             |
| Elektrik ve yakıt ticareti : proses sanayileri enerji ihracının gerçekleştirebilecek kojenerasyon ve trijenerasyona yatırım yapmaktadır. Bu durum gümrük vergisinin değerlendirilmesini zorlaştırır ve optimizatörler verimli enerji ticaretini destekler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                  | +                             |
| maliyet hesaplama: yardımcı malzeme optimizatörü gerçek zamanda tam maliyet dağılımı ve doğru marjinal maliyet sağlar. Bu durum çeşitli enerji kaynakları hakkında karar alma süreçlerini destekler.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                  | +                             |

Tablo 2.7: yardımcı malzeme optimizatörü kullanmak için iş prosesi sürücüleri

## Örnekler

## 1. Schott AG, DE. See Ek 7.7.1

**masraflar:**

- ☐ Yazılım : yaklaşık EUR 50 000
- ☐ Donanım : yaklaşık EUR 500/ölçü noktası



Yıllık tasarruf:

- ☐ Elektrik sevkiyatında üst sınırdaki yükün azaltılması : yaklaşık %3 -5
- ☐ Geri ödeme süresi: yaklaşık 09 -2 yıl (projeye bağlı).

## 2. Atrium Hospital, Heerleen, Hollanda. Bkz. Ek 7.7.2

Gerçek zamanlı yardımcı malzeme yönetim sistemi kurulmuştur. (iç ROI'nın % 49'u (yaklaşık EURO 75 000 – 95 000/yıl (yaklaşık 1.2 milyon Euro'luk değişken enerji masrafı)

Valero Energy Corporation, Refinery, Houston, Texas, US

2002 yılında Petrol sistemi için yardımcı malzeme optimizatörü kurulmuştur. ilk yılın karı 3.06 milyon Euro olarak belirlenmiştir (elektrik ve NG'ye ilişkin azaltılan ithalat dahil)

Karlar, yatırım getirisinin (ROI) >%, 25'i olarak belirlenir. Tesiste enerji masraflarının% 3 -4'ü oranında tasarruf , (enerji tasarrufları ve tedarikçilerle yapılan daha uygun sözleşmeler sonucunda)

Kaynak bilgi

- ☐ genel bilgi, Valero and DSM örnekler: [171, de Smedt P. Petela E., 2006]
- ☐ Schott glass:[127, TWG]
- ☐ Atrium hospital [179, Stijns, 2005].

## 2.16 Kıyaslama

### Tanım

En basit deyimle kıyaslama kaynak noktasıdır. iş alanında kıyaslama ise, kendi sektörleri içerisinde en iyi uygulamalara ilişkin kuruluşların proseslerini çeşitli açılardan değerlendirmeleri için kullandıkları proseslerdir. Bu proses şu şekilde tanımlanmaktadır:

- ☐ kıyaslama diğer şirketlerle karşılaştırma yapmakla ilişkilidir, sonrasında bu şirketlerin açığa çıkardığı derslerin alınmasıdır. (Avrupa Kıyaslama Tüzüğü)
- ☐ kıyaslama birinin diğerinden daha iyi olduğunu kabul edilebilecek kadar alçak gönüllü olmayı, onlar kadar iyi olmayı ya da onlardan daha iyi olmayı amaçlamayı kapsar. (Amerika Verimlilik ve Kalite Merkezi)

Kıyaslama, “paradigma körlüğü”nün aşılmasına yardımcı olabilmektedir. (bu terim şu şekilde ifade edilebilir: biz en iyisini yaparız, çünkü biz bunu her zaman bu şekilde yaparız.) bu yüzden sürekli gelişim sağlama ve ivme kazandırma işlemlerine yardımcı olmak için kullanılabilir. (bkz. Bölüm 2.2.1 ve 2.5).

Enerji kıyaslama, toplanan ve analiz edilen veriyi alır. (bkz. ölçüm, gözlem ve enerji denetimleri, Bölüm 2.10 ve 2.11) sonrasında enerji verimliliği göstergeleri; operatörün zaman içerisinde işletmenin performansını ya da aynı sektördeki performansı değerlendirebilmesi için oluşturulur. Bölüm 1.3, 1.4 ve 1.5 göstergelerin oluşturulması ve kullanılması hakkında bilgilere yer verir.

Veri toplamada ele alınan kriterlerin izlenebilmesi ve güncel tutulması önemlidir.

Veri gizliliği bazı durumlarda çok önemlidir. (örn. Enerjinin, üretim masraflarının önemli bir parçası olduğunda) Bu yüzden, şirket verilerinin gizliliğinin güvence altına alınması ve ekipmanların kullanıcı dostu olmasını sağlamak için sektör kuruluşlarının ve katılımcı şirketlerin fikirlerinin dikkate alınması gerekmektedir. Gizlilik şu şekilde korunur:

- ☐ anlaşma
- ☐ verinin, gizli veriyi koruyacak şekilde sunulması (veri sunumu ve hedefler, birçok işletme ve ürün için birleştirilmiştir)
- ☐ güvenilir bir üçüncü tarafça harmanlanan verileri almak (örneğin: ticaret örgütü, hükümet ajansı)

Prosesler ve çalışma metotları için kıyaslamalar uygulanabilir. (bkz. işletimsel mükemmeliyet, Bölüm 2.5 ve aşağıdaki örnekler)

Enerji verileri dikkatli bir şekilde toplanmalıdır ve veriler kıyaslanabilir olmalıdır. Bazı durumlarda, veriler düzeltici faktörlere gereksinim duyarlar. (normalleştirme). Örneğin, ekipmanın yaşının ve besleme stoğunun dikkate alınması gibi (bkz. cam sanayi kıyaslama). Bu koşullar ulusal ve uluslararası düzeyde kabul edilmelidir. İlk enerji gibi enerjinin daha düşük kalorifik değerlerde, uygun bir temelde kıyaslanmasını sağlamaya ilişkin örnekler için bkz. Bölüm 1.3, 1.4 ve 1.5

Zaman dizisi temelinde değerlendirme yapılabilir. Bu:

- ☐ Genel enerji tüketimi için ölçümün (ya da bir grup ölçümlerin) faydasını gösterir. (tesis içi ya da sektör ya da bölge)
- ☐ Gerekli referans verilerinin bulunduğu durumlarda ve dış kıyaslamaların belirlenmesinin zor olduğu koşullar altında özel bir metot kullanılabilir.

Zaman dizisinin kıyaslanmasına ilişkin başlıca dezavantaj, arka plandaki koşulların enerji verimliliğinin değerlendirilmesi sırasında aynı kalması zorunluluğudur.

Teorik enerji ve entalpi talebi için de bir değerlendirme yapılabilir (bkz. örneklerde cam sanayi kıyaslama) Bunlar, termal enerjiden, ertitme enerjisinden, kinetik ya da potansiyel enerjiden hesaplanır. Bunlar:

- ☐ İlk hesaplamalar için iyi bir yaklaşım belirler.
- ☐ Tecrübelerle uygun olarak kullanılmalıdır.
- ☐ Gerçek enerji kullanımı ile teorik talep arasındaki mesafeyi gösterir (bu, maliyet kazancı ve detaylı ölçümlerin belirlenmesine katkı sağlamak amacıyla zaman dizisinin kıyaslanmasına eklenebilir)

En büyük dezavantajı ise hesaplamanın, operasyonun tüm özel niteliklerini kapsayamamasıdır.

### **Elde edilen çevresel faydalar**

Enerji verimliliği önlemlerinin devam eden bir temelde uygulanması için güçlü bir araçtır.

### **Çapraz medya etkileri**

Bilinmemektedir.

### **İşletimsel veri**

Bkz. Tanım

### **Uygulanabilirlik**

Kıyaslamalar, bir kuruluş, şirketler grubu ya da ticaret örgütleri tarafından uygulanabilir. Ayrıca bireysel birimlerin, proseslerin ya da yardımcı malzemelerin kıyaslanması hem faydalı hem de gereklidir.(bölüm 3'te belirtildiği gibi) (bkz. Bölüm 1.3, 1.4 ve 1.5).

Geçerliliği kabul edilmiş veriler dikey sektör BREF'lerinde yer alan verileri ya da üçüncü taraflarca doğrulanmış olanları kapsar.

Kıyaslamalar arasındaki süre sektöre özgüdür ve genellikle uzundur (yıllar), çünkü kıyaslama verileri kısa süre içerisinde hızlı bir şekilde ve önemli ölçüde değişebilmektedir.

Ele alınması gereken rekabet konuları bulunmaktadır. Bu sebeple verilerin gizliliği mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, kıyaslama sonuçları gizli kalabilir. AB içerisindeki birkaç tesiste ya da aynı ürünü üreten tesislerde kıyaslama yapmak mümkün değildir.

### Finansman

Başlıca masraflar, veri toplamada ortaya çıkabilir. Ancak verinin daha geniş temelde oluşturulması, verinin toplanmasında, modellenmesinde ve normalleştirilmesinde daha fazla masraf ortaya çıkmaktadır.

### Uygulama için itici güç

Maliyet kazancı

### Örnekler

Bu kıyaslama faaliyetlerinin detayları EK 7.9'da yer almaktadır.

#### Avusturya Enerji Ajansı

Avusturya Enerji Ajansı'nın (AEA) şirket düzeyinde enerji kıyaslamalarının yapılması ve şirket raporlarına ilişkin günlükler konulu projesi, özel enerji tüketiminin haricinde kıyaslama faktörlerine yer vermektedir.

#### Norveç'teki SME'ler için program

Norveç, SME'ler için web tabanlı kıyaslama programına sahiptir.

#### Kıyaslama mukavelesi

Hollanda'da, hükümet ve büyük şirketler (yılıda 0.5 PJ'den fazla tüketen) arasında uzun süreli anlaşmalar (mukaveleler;) kıyaslamaya dayanmaktadır. Buna benzer bir program Belçika'da Flandre vilayeti'nde uygulanmaktadır.

#### Cam sanayi kıyaslama

Cam sanayi, en verimli cam eritme işlemlerini belirleyen çeşitli metotları araştırmaktadır. Buna ilişkin bazı sonuçlar aşağıda yer almaktadır:

- ☐ En iyi uygulama metotları ve enerji dengelerinin uygulanması
- ☐ Teorik enerjinin, enerji tüketiminin uygulanabilir en düşük seviyesinin ya da entalpi talebinin belirlenmesi
- ☐ Endüstriyel cam kazanlarının özel tüketimlerinin kıyaslanması
- ☐ Yeni eritme ve saflaştırma tekniklerinin geliştirilmesi
- ☐

Birbirini izleyen aşamaların bulunduğu karmaşık prosesler içerisinde farklı ürünler arasında enerjinin/ CO<sub>2</sub> salınımlarının dağılımı, Fransa

Fransa'daki nişasta sanayi, danışmanlık desteğiyle birlikte, nişasta ve türevlerinin üretilmesinde enerjinin dağılımı/değerlendirilmesi için bir metot geliştirmiştir. Bu metot şu amaçlar için kullanılmaktadır:

- ☐ Farklı işleme aşamalarında ve farklı türdeki ürünlerde enerji kullanımının dağılımı
- ☐ Farklı işleme aşamalarında ve farklı türdeki ürünlerde CO<sub>2</sub> salınımlarının dağılımı
- ☐ Enerji kullanımındaki gelişmeleri belirlemek
- ☐

Bu yüzden kıyaslama aracı olarak kullanılabilir.

### Kaynak bilgi

[10, Laver, 1999, 13, Dijkstra, , 108, Intelligent Energy - Europe, 2005, 127, TWG, , 156, Beerens, 2004, 157, Beerens R.G.C. , 2006, 163, Dow, 2005, 227, TWG]

## 2.17 Diğer araçlar

Denetim ve enerji yönetimi için tesis düzeyinde kullanılabilecek diğer araçlar EK 7.8’de yer almaktadır.



### 3 ENERJİ KULLANAN SİSTEMLERDE, PROSESLERDE YA DA FAALİYETLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ SAĞLAYACAK TEKNİKLER

Bölüm 2. ve 3 için hiyerarşik yaklaşım benimsenir:

- Bölüm 2, optimum enerji verimliliği sağlama imkanına sahip tesisin tüm düzeylerinde ele alınabilecek tekniklerin tanımını yapar.
- Bölüm 3 tesis seviyesinin altında düşünülebilecek teknikleri belirler: öncelikle enerji kullanan sistemler (örn. Sıkıştırılmış hava, buhar) ya da faaliyetler (yakma) ve ardından enerji kullanan tamamlayıcı parçalar ya da ekipmanlar için daha düşük seviyedeki faaliyetler

Yönetim sistemleri, prosesle entegre edilmiş teknikler ve özel teknik ölçütleri iki bölümde de ele alınmıştır. Ancak optimum sonuçları hedeflerken bu üç ölçüt çakışabilir. Entegre yaklaşıma yönelik birçok ömekte üç ölçüt de yer almaktadır. Bu da tekniklerin tanımlanması için birbirinden ayrılmasını zorlaştırır ve bu ayrımların keyfi olarak yapılmasına neden olur.

Bu bölüm ve 2. Bölüm tekniklerin ya da araçların bir listesini içermez, IPPC ve MET çerçevesinde eşit derecede geçerli olacak tekniklerin mevcudiyetine ya da geliştirilmesine yer vermez. Teknikler tek başlarına ya da kombine olarak kullanılabilirler (bu bölümdeki ve 2. Bölümdeki teknikler) ve IPPC amaçlarının gerçekleştirilmesi için Bölüm 1’de yer alan bilgilerle desteklenirler.

Uygun görüldüğü takdirde, bu bölümdeki, Bölüm 2 ve Bölüm 3’teki her bir tekniğin taslağının çıkarılması için standart yapı kullanılabilir. Bu yapı, (tesis düzeyinde) enerji yönetimi, sıkıştırılmış hava (daha düşük seviyede) ve yakma gibi dikkate alınan sistemlerin tanımlanması için kullanılır.

| Ele alınan Bilginin türü      | Dahil edilen bilgi türü                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tanım                         | Enerji verimliliğine ilişkin kısa tanımlar, tekniklerin resimler, fotoğraflar, akış şemaları ile gösterilmesi<br>Ölçülen salınımları ve tüketim verileri ile desteklenen başlıca çevresel faydalar. Bu belgede                                                     |
| Elde edilen çevresel faydalar | Özellikle enerji verimliliği artışı ele alınır ancak tüketim seviyeleri ve diğer kirleticilerin Azaltılmasına ilişkin bilgiler de yer almaktadır.                                                                                                                  |
| çapraz medya etkileri         | Tekniğin uygulanmasından kaynaklanan olumsuz herhangi bir çevresel etki. Tekniğin diğer Tekniklere oranla oluşturabileceği çevresel sorunların detayı                                                                                                              |
| işletimsel veri               | <u>Enerji, tüketim (ham madde ve su), emisyon/su ile ilgili performans verileri. Güvenlik konuları.</u><br>Tekniğin işletimsel kısıtlamaları ve verim kalitesi dahil olmak üzere, tekniğin işletilmesi, sür Dürülmesi ve kontrol edilmesine ilişkin uygun bilgiler |
| Uygulanabilirlik              | Tekniğin uygulanması ve yenilenmesiyle ilgili faktörlerin göz önünde bulundurulması (uygun yer, prosese özel durumlar, teknikle ilgili diğer kısıtlamalar ve dezavantajlar)                                                                                        |
| Finansman                     | Masraflara ilişkin bilgiler (yatırım ve işletme) ilgili enerji tasarrufları, EUR kWh (termal ve/veya elektrik) olası diğer tasarruflar (ham madde tüketiminin azaltılması, su tahliyesi) ayrıca tekniğin kapasitesine ilişkin bilgiler                             |
| Uygulama için itici Güç       | Tekniğin uygulanmasının sebepleri ( IPPC Direktifi dışında) (örn. Tüzük, gönüllü taahhütler, ekonomik sebepler)                                                                                                                                                    |
| Örnekler                      | Tekniğin uygulandığı alanları en az birinin kaynak gösterilmesi                                                                                                                                                                                                    |
| Kaynak bilgi                  | Bölümün yazılmasında ve/veya daha fazla detayın ele alınmasında kullanılan bilgi                                                                                                                                                                                   |
|                               | Kaynağı                                                                                                                                                                                                                                                            |

Tablo 3.1: Bölüm 2 ve 3’te yer alan teknikler ve sistemler için bilgi analizleri

### 3.1 Yakma

#### Tanım

Yakma, yakıt ve oksidan arasında egzotermik kimyasal reaksiyonların karmaşık dizilimidir. Oksidana ısı ya da hem ısı hem de ışık üretimi dahil olur. Bu ışık alev ya da parıltı şeklinde olabilir.

Tam bir yakma reaksiyonunda bileşen oksitleyici elementle tepkimeye girer ve ürünler oksitleyici elementlerle birlikte yakıttaki her bir elementin bileşeni olur. Gerçekte yakma prosesleri hiçbir zaman tam ya da mükemmel olmaz. Karbonun yakılmasından (kömür yakma) ya da karbon bileşenlerinden (hidrokarbonlar, tahta) gelen uçucu gazlar, yakılmayan karbonlar (kurum) ve karbon bileşenleri (CO ve diğerleri) mevcuttur. Ayrıca hava oksitleyici olduğunda nitrojenin bir kısmı çeşitli nitrojen oksitlerine oksidize olur( $\text{NO}_x$ ) ve çevre üzerinde etkilere neden olur. [122, Wikipedia\_Combustion, 2007].

#### Yakma tesisleri

Bu bölümde ele alınan yakma tesisleri; ısıtma araçları ve belirli proses için ısı üretimi ve transfer edilmesi amacıyla ya da yakıt yakılmasıyla (atık dahil) çalışan tesislerdir. Bu, aşağıdaki uygulamaları kapsar :

- ☐ Buhar ya da sıcak su üreten kazanlar (bkz. Bölüm 3.2)
- ☐ Petrokimyasal tesislerde buhar dağıtımı için damıtılan birimlerinde ham petrolü ısıtma amacıyla proses ısıtıcılar
- ☐ Kimyasal dönüşümü tetiklemek için yükseltilmiş sıcaklıkta malzemelerin ısıtıldığı kazanlar ya da birimler (çimento fırını ya da metal üretiminde yer alan ocaklar )

Bu uygulamaların tümünde enerji, proses parametrelerinin ve yakma bölümünün kontrol edilmesiyle idare edilir. Prosesle bağlantısı olan enerji yönetim stratejileri prosesin kendisine bağlıdır ve sektör BREF'leriyle ilgilidir.

#### Yakma prosesindeki kayıplar

Yakıtların yakılması neticesinde ortaya çıkan ısı enerjisi çalışan araca transfer edilir. Isı kayıpları aşağıdaki şekilde kategorize edilebilir:

[125, EIPPCB]:

- ☐ yan gazlar sebebiyle ortaya çıkan kayıplar. Bunlar uçucu gaz sıcaklığına, hava karışımına, kazanın içindeki tortuların seviyesine ve bileşenlerine bağlıdır.
- ☐ dönüştürülemeyen maddelerin kimyasal enerjisi ve yakılmayan yakıtlardaki kayıplar tamamlanmamış yakma işlemi, CO ve hidrokarbonların uçucu gazlarda ortaya çıkmasına neden olur.
- ☐ Uygulama ve radyasyon sebebiyle ortaya çıkan kayıplar. Buhar üretiminde bunlar genellikle buhar jeneratörünün ve buhar borularının yalıtım kalitesine bağlıdır.
- ☐ Sıvı cürufllu kazandan çıkan(WBB) uçucu kül ve kuru cürufllu kazandan (DBB) çıkan kül ve cüruf aracılığıyla yakılmayan karbonun neden olduğu kayıpların yanı sıra kalıntılarda bulunan yakılmamış maddeler nedeniyle oluşan kayıplar
- ☐ buhar üretimi için kazanların gaz bırakmasının neden olduğu kayıplar
- ☐

Isı kayıplarının yanı sıra yedek makinanın (yakıt ikmal ekipmanı, kömür değirmenleri, pompalar ve fanlar, kül giderme sistemleri, ısıtma zeminlerinin temizlenmesi) çalışması için gerekli enerji tüketimi de dikkate alınmalıdır.

#### Yakma tekniklerinin seçilmesi

Büyük yakma tesislerinde farklı yakıtların (biyokütle ve turba, sıvı ya da gaz yakıt) kullanılmasıyla (>50 MW termal güç) üretilecek enerji için uygun teknikler LCP BREF'de ele alınmıştır. LCP BREF, elde edilen bilginin küçük tesisler(>50 MW'lık termal güç birden fazla küçük birimleri kapsayabilir) için de geçerli olduğunu belirtmektedir.

Okuyucuya yardımcı olması açısından tekniklerin hem bu belgede hem de yakma esnasında enerji verimliliğine katkıda bulunan LCP BREF<sup>19</sup>'deki tekniklerin gözden geçirilmesine ilişkin bilgiler Tablo 3.2'de yer almaktadır. Daha önce ele alınan bilgilerin tekrar edilmemesi için LCP BREF'de yer alan yakma teknikleri bu belgenin kapsamına alınmamıştır. Okuyucunun dikkati burada tekniklere ilişkin LCP BREF'e çekilmiştir. Ancak bazı durumlarda LCP BREF'te yer alan tekniklere ilişkin bilgilere bu belgede de yer verilmiştir. LCP BREF, kullanılan yakıtın çeşidine göre MET'in belirlenmesinde ele alınacak yakma tekniklerini sınıflandırır. Tekniklerin uygulanabilirliği tesise göre değişmektedir.

Yakma, IPPC prosesinin önemli bir parçasıdır (eritme kazanları gibi). Kullanılan teknikler ise uygun dikey BREF'lerde ele alınır.

| Dikey BREF'lerde yer almayan yakmaya ilişkin faaliyetler ve sektörler için teknikler                              |                                                      |                     |                                |                                                 |                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                   | Yakıt türü ve bölümlere Göre Haziran 2006 LCP BREF'i |                     |                                |                                                 | Kısımlara göre bu belgedeki teknikler                                        |
|                                                                                                                   | Kömür ve linyit                                      | Biyokütle ve turba  | Sıvı yakıtlar                  | gaz yakıtlar                                    |                                                                              |
| liniyit ön kurutma                                                                                                | 4.4.2                                                |                     |                                |                                                 |                                                                              |
| kömür gazlaştırma                                                                                                 | 4.1.9.1, 4.4.2 ve 7.1.2                              |                     |                                |                                                 |                                                                              |
| Yakıt kurutma                                                                                                     |                                                      | 5.1.2, 5.4.2, 5.4.4 |                                |                                                 |                                                                              |
| Biyokütle gazlaştırma                                                                                             |                                                      | 5.4.2, 7.1.2        |                                |                                                 |                                                                              |
| Kabuk sıkıştırma                                                                                                  |                                                      | 5.4.2, 5.4.4        |                                |                                                 |                                                                              |
| Basınçlı gazların enerji içeriğinin geri kazanılması için genleştirme türbini                                     |                                                      |                     |                                | 7.1.1, 7.1.2, 7.4.1, 7.5.1, 7.1.6, 7.5.2, 7.4.2 |                                                                              |
| Kojenerasyon                                                                                                      | 4.5.5, 6.1.8                                         | 5.3.3, 5.5.4        | 4.5.5, 6.1.8                   | 7.5.2, 7.4.2                                    | 3.4 Kojenerasyon                                                             |
| Salınım azaltma ve Kazan performansı için Yakma koşullarının ileri düzeyde bilgisayarlı sistemle kontrol edilmesi | 4.2.1, 4.2.1.9, 4.4.3, 4.5.4                         | 5.5.3               | 6.2.1, 6.2.1.1, 6.4.2, 6.5.3.1 | 7.5.2                                           |                                                                              |
| Bölge ısıtma için uçucu Gazın ısı içeriğinin Kullanılması                                                         | 4.4.3                                                |                     |                                |                                                 |                                                                              |
| Aşırı havanın azaltılması                                                                                         | 4.4.3, 4.4.6                                         | 5.4.7               | 6.4.2, 6.4.5                   | 7.4.3                                           | 3.1.3 Aşırı havanın azaltılmasıyla uçucu Gazların kütle akışının azaltılması |

<sup>19</sup> R e f e r a n s Haziran 2006 tarihli LCP BREF ile ilgilidir.



|                                                           | Dikey BREF'lerin yakma işlemlerini kapsamadığı faaliyetler ve Sektörler için teknikler |                    |               |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                           | Yakıt türü ve bölümlere Göre Haziran 2006 LCP BREF'i                                   |                    |               |              | Kısımlara göre bu belgedeki teknikler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                           | Kömür ve linyit                                                                        | Biyokütle ve turba | Sıvı yakıtlar | gaz yakıtlar |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Egzoz gazı sıcaklığının düşürülmesi                       | 4.4.3                                                                                  |                    | 6.4.2         |              | <p>3.1.1:uçucu gaz ısısının düşürülmesi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>□ maksimum performans için Boyutlama ve ek yükler için hesaplanmış güvenlik faktörleri</li> <li>□ ısı transfer oranını ya da ısı transfer Zeminlerini artırarak ısının prosese Daha fazla transfer edilmesi</li> <li>□ uçucu gazlardaki atık ısının geri kazanılması için ek proseslerin birleştirilmesiyle ısı geri kazanımı (örn. Ekonomizörlerin kullanılmasıyla buhar üretimi)</li> <li>□ hava ya da su ön ısıtıcısının kurulması (bkz. 3.1.1.1) veya ısının uçucu gazlarla Değiştirilmesiyle yakıtın önceden ısıtılması(Bkz. 3.1.1). yüksek alev sıcaklığı gerektiğinde prosesin havanın önceden ısıtılmasına gerek duyduğu unutulmamalıdır. (cam, çimento vb.)</li> <li>□ yüksek düzeyde ısı transferi Verimliliği sağlamak için küllerle ya da Karbonlu partiküllerle kaplanan Zeminlerin temizlenmesi. Periyodik Olarak çalışan kurum üfleyiciler Konveksiyon bölgelerini temiz tutabilir. Yakma bölgesindeki ısı transfer zeminlerinin temizlenmesi genellikle denetim ve Bakım için kapatma esnasında gerçekleşir fakat bazı durumlarda çevrim içi Temizlik yapılabilir. (rafineri ısıtıcıları)</li> </ul> |
| uçucu gazlardaki düşük CO konsantrasyonu                  | 4.4.3                                                                                  |                    | 6.4.2         |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ısı Birikimi                                              |                                                                                        |                    | 6.4.2         | 7.4.2        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| soğutma kulesinin tahliye edilmesi                        | 4.4.3                                                                                  |                    | 6.4.2         |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| soğutma sistemleri için çeşitli teknikler (bkz. ICS BREF) | 4.4.3                                                                                  |                    | 6.4.2         |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| Dikey BREF'lerin yakma işlemlerini kapsamadığı faaliyetler ve Sektörler için teknikler |                 |                    |               |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------|---------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yakıt türü ve bölümlere Göre Haziran 2006 LCP BREF'i                                   |                 |                    |               | Kısımlara göre bu belgedeki teknikler |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                        | Kömür ve linyit | biyokütle ve turba | sıvı yakıtlar | gaz yakıtlar                          |                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Yakıt gazının atık gaz kullanılarak önceden ısıtılması                                 |                 |                    |               | 7.4.2                                 | 3.1.1 uçucu gaz sıcaklığının düşürülmesi<br>□ ısının uçucu gazlar ile değiştirilmesi neticesinde yakıtın önceden ısıtılması (bkz. Bölüm 3.1.1). yüksek alev sıcaklığı gerektiğinde, prosesin havanın önceden ısıtılmasına gerek duyduğu unutulmamalıdır. (cam, çimento vb.)  |
| Yakma havasının Önceden ısıtılması                                                     |                 |                    |               | 7.4.2                                 | 3.1. uçucu gaz sıcaklığının düşürülmesi<br>□ ısının uçucu gazlarla değiştirilmesi neticesinde hava ön ısıtıcının kurulması (bkz. Bölüm 3.1.1.1). yüksek alev sıcaklığı gerektiğinde, prosesin havanın önceden ısıtılmasına gerek duyduğu unutulmamalıdır. (cam, çimento vb.) |
| iyileştirici ve yenileyici Kazanlar                                                    |                 |                    |               |                                       | 3.1.2                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Kazanların düzenlenmesi ve kontrolü                                                    |                 |                    |               |                                       | 3.1.4                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Yakıt seçimi                                                                           |                 |                    |               |                                       | 3.1.5                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Oksijen yakma (oxyfuel)                                                                |                 |                    |               |                                       | 3.1.6                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Yakıtın ısı kayıplarının azaltılması                                                   |                 |                    |               |                                       | 3.1.7                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| kazan kapakları ile kayıpların önlenmesi                                               |                 |                    |               |                                       | 3.1.8                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| akışkan yatak yakma                                                                    | 4.1.4.2         | 5.2.3              |               |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                              |

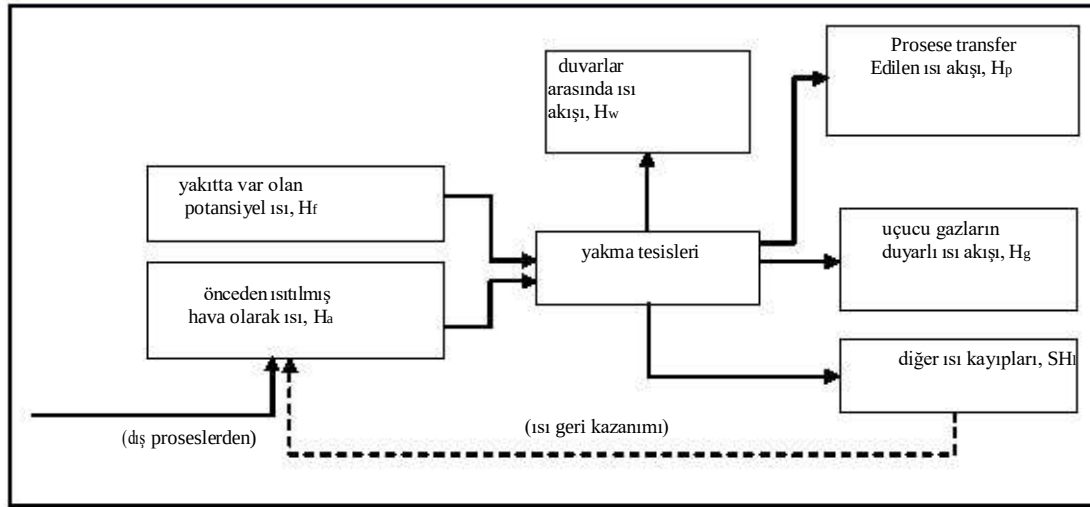
Tablo 3.2: LCP ve ENE BREF'lerinde enerji verimliliğine katkı sağlayan yakma tekniklerinin gözden geçirilmesi [236, Fernández-Ramos, 2007]

Buhar kısmına ilişkin konular bölüm 3.2'de yer almaktadır. Bu bölümle ilgili burada daha fazla yorum yapılmamaktadır.

### Genel enerji dengesi

Aşağıda yer alan bilgiler hem alev yakma (ocak kullanarak) hem de akışkan yatakta yakma işlemleriyle alakalıdır. Bu durum, yalnızca yakma kısmındaki enerji verimliliğiyle ilgilidir. (yakıttan ve hava girişinden başlayıp uçucu gazların yığında tüketilmesine kadar geçen süreç)

Proses ısısının düşük olduğu yakma tesisinin genel enerji dengesi Şekil 1.1'de yer almaktadır.



Şekil 3.1: Yakma tesisinin enerji dengesi [91, CEFIC, 2005]

#### Farklı enerji akışlarına ilişkin açıklamalar

Yakıtta  $H_f$  bulunan potansiyel ısı kendi kütle akış oranına ve kalorifik değerine bağlıdır. (özel yakıt kütlelerinin yakılmasıyla serbest bırakılan enerji miktarı) Kalorifik değer MJ/kg olarak gösterilir. Bir yakıtın yüksek ısıtma değeri (HHV, ya da HCV'nin yüksek kalorifik değeri) yakma sonucunda ortaya çıkan ürünlerin orijinal yakıt sıcaklığına geri döndürülmesinden sonra geliştirilen toplam ısıdır. En düşük ısıtma değeri ise (LHV), yoğunlaştırılmayan su buharı dahil olmak üzere yakma sonucunda soğutulmayan ürünlerdeki daha az enerji sonucunda yakma bölümünde üretilen toplam ısıdır. Bir yakıtın LCV'si HCV'den %5-10 daha azdır. (daha detaylı bilgi ve bazı değerler için bkz. bölüm 1.3.6.2)

Proses transfer edilen ısı  $H_p$  yakma sisteminin yakma prosesinden çıkan enerjidir. Duyarlı havadan (sıcaklık artışı), buharlaştırmanın gizli ısısından (ısıtılan ısı kısmen ya da tam olarak buharlaştıysa) ve kimyasal ısıdan (endotermik kimyasal reaksiyon oluşursa) oluşur.

Uçucu gazların atık ısı akışı  $H_g$  havaya karışır ve kaybolur. Bu, uçucu gazların akış oranına, ısı kapasitesine, yakma ile oluşan suyun gizli ısısına, uçucu gazlardaki gizli ısıya ve sıcaklığına bağlıdır. Uçucu gazların akış oranı ikiye ayrılabilir:

- ☐ Yakma reaksiyonlarından, nitrojenden ve aşırı hava akışından kaynaklanan  $\text{CO}_2$  ve  $\text{H}_2\text{O}$ 'nin stokiyometrik akışı Aşırı hava akışı tam bir yakma performansı için stokiyometrik akışlara aşırı olarak yüklenen miktardır.
- ☐ Aşırı hava ile uçucu gazların oksijen konsantrasyonu arasında doğrudan bir ilişki vardır.

Duvarlar arasındaki ısı akışı  $H_w$  kazan/ocak dış zemininden ortam havasında transfer edilen hava sonucunda çevredeki havada ortaya çıkan enerji kaybıdır. Diğer ısı kayıpları  $\sum H_i$  olarak bir arada gösterilmiştir: Bu,

- ☐ Karbon, CO gibi oksidize olmayan ya da kısmen oksidize edilmiş kalıntıları katı
- ☐ kalıntıların (küller) ısı içeriğini kapsar.

Enerjinin korunması aşağıdaki denklemde gösterilmiştir:

$$H_f + H_a = H_p + H_g + H_w + \sum H_i$$

Denklem 3.1

Bu,  $H_a$  ve  $\Sigma H_i$  ile aşama aşama adapte edilebilecek genel bir dengedir.

- Şekle bağlı olarak diğer enerji akışları dengeye dahil edilebilir. Bu, diğer malzemeler kazana eklendiğinde ya da kazanda bu malzemeler kaybolduğunda ortaya çıkan durumdur. Örneğin:
  - Kömür yakma işlemindeki sıcak küller
  - Salınımların kontrol edilmesi amacıyla yakma haznesine enjekte edilen su
  - Yakma havasının enerji içeriği
 Bu denge yakma işleminin tamamlandığını varsayar: karbonmonoksit ve karbon partikülleri gibi yanmayan bileşenlerin uçucu gazlarda miktarda bulunduğu durumlarda bu varsayım kabul edilebilir. (tesisin, emisyon limitlerine<sup>20</sup> uygun olarak performans gösterdiği durumlar)

#### Yakma tesisinin enerji verimliliği

Temel olarak bir yakma tesisinin enerji verimliliği yakma işlemi sonucunda ortaya çıkan enerjinin, yakıttaki enerji girdisine oranıdır.

$$\eta = \frac{H_p}{H_f} \quad \text{Denklem 3.2}$$

**3.1 denkleminde de kombine edilebilir:**

$$\eta = \frac{H_g + H_w}{H_f} \quad \text{Denklem 3.3}$$

Her iki formül de kullanılabilir ancak kaybedilen enerjinin miktarını ve tasarruf edilebilecek durumları belirleyen 3.3 Denklemini kullanmak daha mantıklıdır. Enerji verimliliğine ilişkin stratejiler duvarlar arasında ya da uçucu gazlarda kaybolan ısı akışlarının azaltılmasını temel alır.

Bir yakma tesisinin enerji verimliliğinin geliştirilmesi CO<sub>2</sub> salınımlarına ilişkin faydalar sağlar (yakıt tüketiminde azalma sağlıyorsa). Bu durumda CO<sub>2</sub>, tasarruf edilen yakıtın karbon içeriğiyle orantılı olur. Ancak enerji, yakıt akış oranını (3.2'deki denklemden aynı  $H_f$  için daha yüksek  $H_p$ ) aynı seviyede tutarak yakma prosesinden çıkan enerjinin artırılması amacıyla da geliştirilebilir. Bu durum enerji verimliliği artarken üretim biriminin kapasitesini de artırır. Bu durumda CO<sub>2</sub> ye yönelik özel salınımların azalır (üretim düzeyine atıfta bulunmaktadır) ancak gerçek değerlerde ise özel CO<sub>2</sub> salınımları azalmaz. (bkz. Bölüm 1.4.1).

Çeşitli yakma proseslerine ilişkin enerji verimliliği değerleri sektör BREF'lerinden ve diğer kaynaklardan elde edilebilir. Örneğin, su borusu buhar kazanlarının ve yedek tesislerin enerji verimliliğinin hesaplanmasına ilişkin EN 12952-15 ve silindirik kazanlara ilişkin EN 12953-11

<sup>20</sup> Tozlaştırılmış kömür gücü tesislerinde normal şartlar altında uçan küldeki yanmamış karbonlar %5'in altındadır.

### 3.1.1 Uçucu gaz sıcaklığının azaltılması

#### Tanım

Bir yakma prosesinde olası ısı kayıplarını azaltmak için tercih edilecek seçeneklerden biri bacadan çıkan uçucu gazların sıcaklığını azaltmaktır. Bunun gerçekleştirilmesi için aşağıda yer alan maddeler uygulanabilir:

- ☐ Maksimum performans için boyutlandırma ve ek yükler için hesaplanmış güvenlik faktörü
- ☐ Isı transfer oranının (sıvıların ve değişen ısının türbülansını tetikleyecek diğer araçların ve turbülatorlerin kurulması) artırılması ya da ısı transfer alanlarının genişletilmesi sonucunda prodesteki ısı transferini artırmak
- ☐ Uçucu gazlardaki artık ısının geri kazanılması için ısı geri kazanımının ek proseslerle birleştirilmesi (örneğin, ekonomizörlerin kullanılmasıyla buhar üretimi bkz. Bölüm 3.2.5)
- ☐ hava ya da su ön ısıtıcısının kurulması (bkz. 3.1.1.1) veya ısının uçucu gazlarla değiştirilmesiyle yakıtın önceden ısıtılması (Bkz. 3.1.1). yüksek alev sıcaklığı gerektiğinde prosesin havanın önceden ısıtılmasına gerek duyduğu unutulmamalıdır. (cam, çimento vb.) Önceden ısıtılmış su kazan besleyici olarak ya da sıcak su sistemlerinde kullanılabilir (bölge programları)
- ☐ yüksek düzeyde ısı transferi
- ☐ Verimliliği sağlamak için küllerle ya da karbonlu partiküllerle kaplanan zeminlerin temizlenmesi. Periyodik olarak çalışan kurum üfleyciler konveksiyon bölgelerini temiz tutabilir. Yakma bölgesindeki ısı transfer zeminlerinin temizlenmesi genellikle denetim ve bakım için kapatma esnasında gerçekleşir, fakat bazı durumlarda çevrim içi temizlik yapılabilir. (rafineri ısıtıcıları)
- ☐ yakma çıktılarının, ısı ihtiyaçlarıyla örtüşmesi (aşırı olmamalı). Bu durum, yakıt akış oranının azaltılması, sıvı yakıtlar için daha az güce sahip püskürtücünün kurulması ya da gaz yakıtlar için besleme basıncının azaltılması sonucunda kazanın termal gücünün azaltılmasıyla kontrol edilebilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Enerji tasarrufu

#### Çapraz medya etkileri

Uçucu gaz sıcaklığının azaltılması hava kalitesiyle ilgili sorunların ortaya çıkmasına ya da aşağıda belirtilen durumlarla karşılaşılmasına neden olabilir:

- ☐ Yakma havasının önceden ısıtılması daha yüksek alev sıcaklığına neden olur. Bunun sonucunda NO<sub>x</sub> oluşumu artar ve bu da emisyon limit değerlerinden daha yüksek değerlere neden olur. Yer ihtiyacı, ekstra fanların monte edilmesi, NO<sub>x</sub> salınımlarının limit değerlerini geçmesi durumunda NO<sub>x</sub> giderme prosesinin eklenmesi sebebiyle havanın ısıtılması için mevcut yakma tesisinin yenilenmesi zor olabilir. Üre ya da amonyak enjeksiyonuna dayanan NO<sub>x</sub> giderme işlemi uçucu gazlardaki amonyak sızıntısı riskini artırır. Bu sızıntı ancak maliyeti yüksek amonyak sensörü ve kontrol çemberiyle kontrol altına alınabilir. Büyük yük değişkenlerinin bulunduğu durumlarda doğru sıcaklık bölgesindeki NO<sub>x</sub> Azaltıcı aracın enjekte edilmesi için karmaşık bir enjeksiyon sistemi eklenir. (örn. farklı seviyelerde iki adet enjeksiyon rampası)
- ☐ NO<sub>x</sub> ya da SO<sub>x</sub> giderme sistemleri gibi gaz temizleme sistemleri yalnızca belirlenen sıcaklık aralığında çalışır. Salınım limit değerlerine ulaşmak için sistem kurulduğunda, ısı geri kazanım sisteminin kurulması ve gaz temizleme ayarlamalarının yapılması karmaşık hale gelebilir ve ekonomik açıdan bakıldığında bu sistemin kurulması zordur.
- ☐ Bazı durumlarda yerel yetkililer uçucu gazların doğru biçimde dağılmasını sağlamak ve duman bulutunun oluşumunu önlemek için bacadaki sıcaklığın minimum düzeyde olmasını şart koşarlar. Bu uygulama halkın gözünde iyi bir imaja sahip olmak için sürdürülür.
- ☐ Tesis bacasından çıkan duman bulutu tesisin kirlik yarattığına yönelik izlenimlerin oluşmasına neden olabilir. Duman bulutunun olmaması işlemin temiz bir şekilde gerçekleştiğini gösterir ve bazı hava koşulları altında birtakım tesisler (atık yakanlar) uçucu gazları bacaya gönderilmesinden önce doğal gazla yeniden ısıtır ancak bu bir enerji israfıdır.

### İşletimsel veri

Uçucu gaz sıcaklığı ne kadar düşük olursa, enerji verimliliği o kadar yüksek olur. Ancak uçucu gaz sıcaklığı belirli seviyelerin altına düştüğünde bazı sorunlar ortaya çıkabilir. Özellikle asit çiy noktasının altında çalışıldığında (sülfürik asidin ve suyun yoğunlaştığı sıcaklık derecesinin altında, yaklaşık 110 ile 170 °C, yakıtın sülfür içeriğine bağlı) metalik alanların tahrip olma riski artar. Korozyona dayanıklı malzemeler ya da yağ, atık ve gazla ateşlenen birimler için uygun olan malzemeler kullanılabilir. Ancak asit kondensatı, toplama ve arıtma gerektirebilir.

### Uygulanabilirlik

Yukarıdaki stratejiler için–periyodik temizleme hariç- ek yatırım gerekmektedir ve bu stratejiler tesisin tasarımında ve inşa edilmesinde en iyi biçimde uygulanabilen stratejilerdir. Ancak tesisin yenilenmesi de mümkündür. (yer müsaitse)

Bazı uygulamalar; proses giriş sıcaklığı ile uçucu gaz egzoz sıcaklığı arasındaki fark yüzünden sınırlandırılabilir. Farklılığın nicel değeri ise enerji geri kazanımı ile ekipman masrafların arasındaki uyumun sonucudur.

Isı geri kazanımı her zaman uygun kullanıma bağlıdır. (bkz. Bölüm 3.3).

Kirlilik oluşumu ihtimali için bkz. Çapraz medya etkileri

### Finansman

Geri ödeme süresi, tesisin boyutu ve uçucu gazların sıcaklığı gibi birçok parametreye bağlı olarak 5 yıldan az da olabilir 50 yılda olabilir.

### Uygulama için itici güç

Doğrudan ısıtma uygulandığında proses verimliliğinin artması (cam, çimento gibi)

### Örnekler

Yaygın olarak kullanılanlar

### Kaynak bilgi

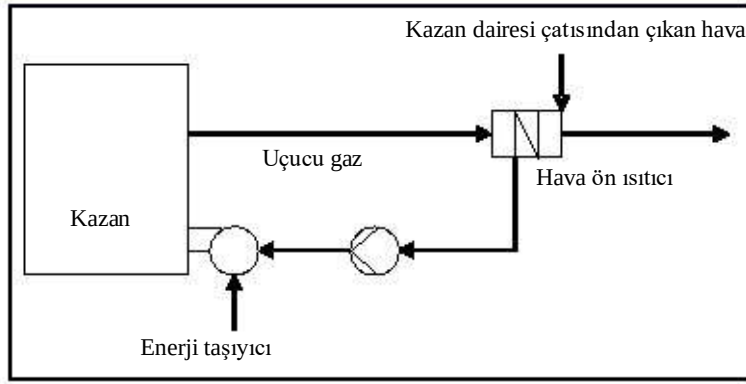
[17, Åsbländ, 2005, 26, Neisecke, 2003, 122, Wikipedia\_Combustion, 2007, 125, EIPPCB]

#### 3.1.1.1 Hava ya da su ön ısıtıcısının

#### kurulması

#### Tanım

Ekonomizörün yanı sıra (Bölüm 3.2.5), hava ön ısıtıcı (hava-hava ısısı değiştirici) kurulabilir. Hava ön ısıtıcı ya da APH kazana akan havayı ısıtır. Bu uçucu gazların soğutulabildiği ve havanın genellikle ortam sıcaklığı olduğu anlamına gelir. Daha yüksek hava sıcaklığı yakmayı artırır ve kazanın genel verimliliği artar. Genelde uçucu gaz sıcaklığındaki her 20 °C'lik artış için %1 oranında verimlilik sağlanır. Hava ön ısıtıcısının bulunduğu yakma sistemi şeması Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2.: hava ön ısıtıcının bulunduğu yakma sistemi şeması  
[28, Berger, 2005]

Ön ısıtmaya ilişkin daha az verimli ancak daha basit bir yol kazan dairesinin tavanındaki kazana hava girişi kurmaktır. Burada hava dışarıdaki sıcaklıkla karşılaştırıldığında genel olarak 10 -20 °C daha yüksektir. Bu da enerji kayıplarını kısmen azaltır.

Diğer bir çözüm ise çift duvarlı egzoz borusu aracılığıyla kazan için hava çekmektir. Uçucu gazlar iç boru aracılığıyla kazandan çıkar ve kazan için alınacak hava ikinci katman yoluyla çekilir. Bu da uçucu gazlardaki kayıplar aracılığıyla havayı önceden ısıtır.

Buna alternatif olarak hava-su ısısı değiştirici kurulabilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Uygulamada ,APH verimliliği 3-5 oranında artırır.

APH'nin diğer faydaları:

- ☐ Yakıtı kurutmak için sıcak hava kullanılabilir. Bu özellikle kömür ve organik yakıt için uygundur.
- ☐ Tasarım aşamasında APH'nin dikkate alınmasıyla küçük bir kazan kullanılabilir.
- ☐ Hammaddelerin ön ısıtılmasında kullanılabilir.

#### Çapraz medya etkileri

APH'nin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu durum tesisteki bazı işlemleri etkileyebilir. Örneğin:

- ☐ APH, gaz-gaz değiştiricisidir bu sebeple çok fazla yer kaplar. Ayrıca ısı değiştirici, gaz-su değiştirici kadar verimli değildir.
- ☐ Uçucu gazların basınçlarının düşmesi, kazan havalandırmasının daha fazla basınç uygulaması anlamına gelir
- ☐ Kazan, sistemin önceden ısıtılmış hava ile beslenmesini sağlamalıdır. Isıtılan hava daha fazla hacim kullanır.
- ☐ Bu da alev dengesi için büyük riskler oluşturur, daha yüksek alev sıcaklığı sebebiyle daha yüksek NO<sub>x</sub> salınımları ortaya çıkar.

#### İşletimsel veri

Kazanın ısıtılmış hava ile beslenmesi, ocaktaki uçucu gaz miktarlarını etkiler.

Uçucu gaz kayıp yüzdesini belirlemek için Siegert formülü uygulanır:

$$W_L = \frac{H_g}{H_f} = c \cdot \frac{T_{gaz}}{T_{hava} + \frac{1}{\%CO_2}} \quad \text{Denklem 3.4}$$

- ☐  $W_L$  = Uçucu gaz kayıpları, yakma değerinin yüzdesi (%)  
☐  $c$  = Siegert katsayısı  
☐  $T_{gaz}$  = Ölçülen uçucu gaz sıcaklığı (°C)  
☐  $T_{hava}$  = Ek hava sıcaklığı (°C)  
☐  $\%CO_2$  = Uçucu gazlarda yüzdelik olarak gösterilen ölçülmemiş  $CO_2$  konsantrasyonu

Siegert katsayısı uçucu gaz sıcaklığına,  $CO_2$  konsantrasyonuna ve yakıt cinsine bağlıdır. Aşağıdaki tabloda çeşitli değerlere yer verilmiştir:

| Yakıt cinsi     | Siegert coefficient                                       |
|-----------------|-----------------------------------------------------------|
| Taş kömürü      | $0,6459 + 0,0000220 \times t_{gaz} + 0,00473 \times CO_2$ |
| Ağır yakıt      |                                                           |
| Petrol          | $0,5374 + 0,0000181 \times t_{gaz} + 0,00717 \times CO_2$ |
| Doğal gaz (LCV) | $0,5076 + 0,0000171 \times t_{gaz} + 0,00774 \times CO_2$ |
| Doğal gaz (HCV) | $0,385 + 0,00870 \times CO_2$                             |
|                 | $0,390 + 0,00860 \times CO_2$                             |

Tablo 3.3: Farklı yakıt cinsleri için Siegert katsayısının hesaplanması [29, Maes, 2005]

Örnek : yüksek kaliteli doğal gazla yakılmış bir kazanın uçucu gaz verileri:  $t_{gaz} = 240^\circ C$  ve  $CO_2 = 9.8 \%$ . Ek hava değiştirilmiştir ve kazan dairesine yakın daha sıcak hava içeri alınmıştır. Daha önce hava, dış sıcaklık derecesiyle içeri alınmaktaydı.

Dış sıcaklık ortalama  $10^\circ C$  iken kazan dairesinin yakınında yıllık ortalama sıcaklık  $30^\circ C$ 'dir.

Bu durumda Siegert katsayısı:  $0.390 + 0.00860 \times 9.8 = 0.4743$ .

Müdahale öncesi, uçucu gaz kaybı aşağıdaki gibiydi:

$$W_R = 0.4743 \cdot \frac{240 - 10}{9.8} = 11,1 \%$$

Müdahale sonrası böyle olmuştur:

$$W_R = 0.4743 \cdot \frac{240 - 30}{9.8} = 10,2 \%$$

Hava girişinin yeniden konumlandırılmasıyla bu,  $\%0,9$  oranında verimlilik anlamına gelmektedir.

### Uygulanabilirlik

Hava ön ısıtıcının kurulması yeni bir kazan için hesaplıdır. Hava tedarikindeki değişiklikler ya da APH'nin kurulması alev güvenliği ya da teknik sebeplerden ötürü sınırlandırılmaktadır. Mevcut kazana SPH kurulması işlemi daha karmaşıktır ve verimliliği daha azdır.



Hava ön ısıtıcıları gaz-gaz değiştiricilerdir ve bunları tasarımları sıcaklık aralığına bağlıdır. Hava ön ısıtıcılar doğal çekişli kazanlar için kullanılamaz.

Önceden ısıtılmış su sıcak su sistemlerinde kazan besleme malzemesi olarak kullanılabilir. (bölge planları gibi)

### Finansman

Uygulamada yakma havasının önceden ısıtılması ile elde edilecek tasarruflar üretilen buhar hacminin birkaç yüzdesine denk gelmektedir. (Tablo3.4'te gösterildiği gibi) Bu sebeple küçük kazanlarda bile enerji tasarrufları Yılda birkaç GWh olmaktadır. Örneğin 15 MW'lık kazanla yılda yaklaşık , 2 GWh tasarruf yapılabilir bu da yıllık EUR 30 000 ve 400 t CO<sub>2</sub> tasarrufu anlamına gelir.

|                         | Birim    | değer      |
|-------------------------|----------|------------|
| Enerji tasarrufları     | MWh/yıl  | birkaç bin |
| CO <sub>2</sub> azaltma | ton/yıl  | birkaç bin |
| EURO bazında tasarruf   | EURO/yıl | on binler  |
| Yıllık çalışma saatleri | saat/yıl | 8700       |

Tablo 3.4: yakma havasının yeniden ısıtılması sonucu elde edilebilecek tasarruflar [28, Berger, 2005]

### Uygulama için itici güç

Proseslerin enerji verimliliğinin artırılması

### Örnekler

Yaygın olarak kullanılanlar

### Kaynak bilgi

[29, Maes, 2005], [16, CIPEC, 2002]

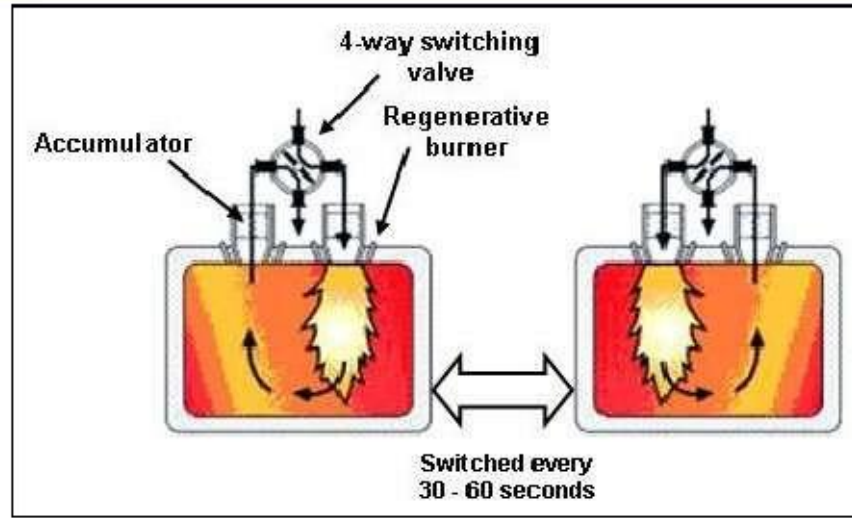
### 3.1.2 İyileştirici ve yenileyici kazanlar

Sanayide kazan ısıtma proseslerinin en büyük sorunu enerji kayıplarıdır. Uçucu gazların 1300 °C sıcaklıkta olmasına rağmen konvansiyonel teknoloji ile ısı girdisinin yaklaşık %70'i kayba uğramaktadır. Bu sebeple enerji tasarruf önlemleri yüksek sıcaklıktaki (400 -1600 °C) prosesler için hayati öneme sahiptir.

### Tanım

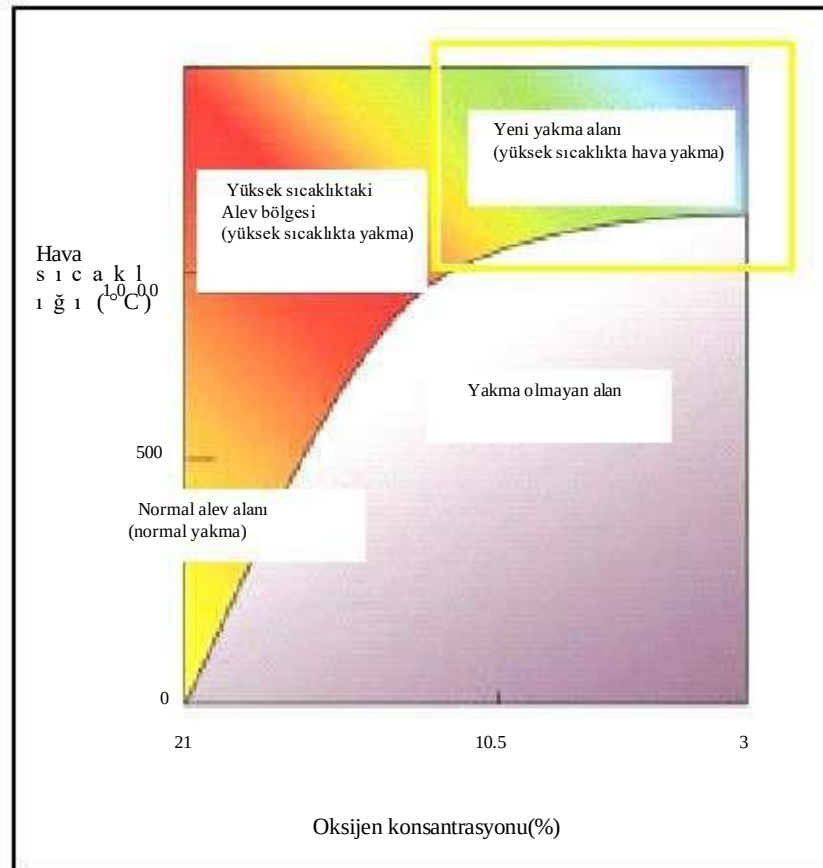
Bu yüzden iyileştirici ve iyileştirici kazanlar yakma havasının önceden ısıtılmasıyla doğrudan atık ısı geri kazanımı sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. iyileştirici, gelen yakma havasını önceden ısıtmak için ocaktaki atık gazda bulunan ısıyı çıkaran ısı değiştiricidir. Soğuk hava yakma sistemleriyle kıyaslandığında iyileştiriciler yaklaşık %30 oranında enerji tasarrufu sağlar. Ancak bunlar havayı maksimum 550-600 °C'ye kadar önceden ısıtır. İyileştirici kazanlar yüksek sıcaklıktaki proseslerde de kullanılabilir. (700- 1100 °C).

Yenileyici kazanlar çiftler halinde çalışır ve seramik ısı yenileyiciler kullanan kısa süreli ısı ilkelerine bağlı olarak işlerler. (bkz. Bölüm 3.3. ) kazan atık gazlarından %85- 90 oranında ısının geri dönüştürülmesini sağlarlar. Bu yüzden gelen yakma havası, kazanın çalışma sıcaklığından 100-150 °C daha az sıcaklıkta çalışabilir (yüksek sıcaklık) uygulama sıcaklıkları 800- 1500 °C arasında değişir. Yakıt tüketimi ise %60 a kadar azaltılabilir.



Şekil 3.3.yenileyici kazanların çalışma prensipleri [17, Åsbländ, 2005]

İyileştirici ve yenileyici kazanlar (HiTAC teknolojisi) homojen alev sıcaklığı ile yeni geliştirilmiş yakma modellerinde uygulanabilir. (alevsiz yakma bkz. Bölüm 5.1) (genişletilen yakma alanında konvansiyonel alevin doruk sıcaklığı olmadan)



Şekil 3.4: yakma işlemindeki farklı bölgeler [17, Åsbländ, 2005]

**Elde edilen çevresel faydalar**

Enerji tasarrufu

**Çapraz medya etkileri**

Modern iyileştirici ve yenileyici kazan teknolojisinin en büyük eksikliklerinden biri salınımları azaltmak ve enerji tasarrufuna odaklanmak için tasarlanan teknolojiler arasındaki uyumsuzluktur. Nitrojen içermeyen yakıtlar için NO<sub>x</sub> Oluşumu temel olarak sıcaklığın, oksijen konsantrasyonunun ve tutulma süresinin fonksiyonudur. Ön-ısıtılmış havanın sıcaklık derecesi yüksek ve tutulma süresi uzun olduğunda konvansiyonel alevler NO<sub>x</sub> salınımını artıran doruk derecelere ulaşırlar

**İşletimsel veri**

Sanayi kazanlarında yakma havası yüksek performansa sahip ısı değiştiricinin kullanılmasıyla, 800 – 1350 °C’de elde edilir. Örneğin, yüksek çevrime döndürülen modern bir iyileştirici ısı değiştirici artık havanın %90’ını geri dönüştürebilir. Böylece yüksek oranda enerji verimliliği sağlanır.

**Uygulanabilirlik**

Yaygın olarak kullanılır

**Finansman**

Bu kazanların bir dezavantajı vardır o da yatırım masraflarıdır. Enerji için masrafların düşürülmesi nadiren de olsa yüksek yatırım masraflarını telafi edebilir. Kazandaki yüksek verimlilik ve nitrojen oksitlerin daha az salınımı maliyet kazancı analizinde ele alınacak önemli faktörlerdir.

**Uygulama için itici güç**

**Kazandaki yüksek verimlilik ve nitrojen oksitlerin daha az salınımı maliyet kazancı önemli faktörlerdir Örnek tesisler**

Yaygın olarak kullanılanlar

Kaynak bilgi

[220, Blasiak W., 2004, 221, Yang W., 25 May 2005, 222, Yang W., 2005, 223, Rafidi N., 2005, 224, Mörtberg M., 2005, 225, Rafidi N., June 2005, 226, CADDET, 2003, March]

**3.1.3 Fazla havanın azaltılmasıyla uçucu gazların kütle akışının azaltılması****Tanım**

Fazla hava, yakıt akış oranına oranla hava akış oranının adapte edilmesiyle azaltılabilir. Bu, uçucu gazdaki oksijen içeriğinin otomatik olarak ölçülmesiyle desteklenir. Prosesin ısı ihtiyacındaki dalgalanmaların hızına bağlı olarak aşırı hava ele ya da otomatik olarak kontrol edilir. Çok düşük hava seviyesi alevin sönmesine ardından yeniden tutuşmaya ve tesiste zararlara yol açacak erken ateşlemeye neden olur . Güvenlik sebebiyle her zaman fazla hava bulundurulmalıdır.

(gaz için %1 – 2 ve sıvı yakıtlar için % 10).

**Elde edilen çevresel faydalar**

Enerji tasarrufları

**Çapraz medya etkileri**

Aşırı hava azaltıldığında karbon partikülleri, karbon monoksit ve hidrokarbonlar oluşur ve bunlar emisyon sınırı değerlerini aşabilir. Bu durum aşırı havanın düşürülmesiyle enerji verimliliğinin sağlanması olasılığını azaltır. Uygulamada salınımların, sınır değerlerinin altında olduğu durumlarda aşırı hava değerlere adapte edilir.

**İşletimsel veri**

Ham gaz sıcaklığının artmasına bağlı olarak aşırı havanın azaltılması sınırlanır. Aşırı derecede yüksek sıcaklıklar tüm sisteme zarar verebilir.

**Uygulanabilirlik**

Sınırlar içerisinde emisyon elde edilmesi için yeterli olan minimum aşırı hava kazana ve prosese bağlıdır.

Ancak fazla havanın katı atıklar yakılırken yükseleceği unutulmamalıdır. Atık yakma fırınları, atık yakma hizmeti için kurulur ve yakıt gibi atıkların yakılması için optimize edilir.

**Finansman**

Yakıt seçimi kimi zaman maliyete bağlıdır, tüzüklerden ya da düzenlemelerden etkilenebilir.

**Uygulama için itici güç**

Özellikle doğrudan yakma işlemiyle daha yüksek proses sıcaklığının elde edilmesi

**Örnekler**

Bazı çimento, kireç ve atık-enerji dönüşümü tesislerinde

**Kaynak bilgi**

[91, CEFIC, 2005, 125, EIPPCB]][126, EIPPCB]

**3.1.4 Yakıcıların düzenlenmesi ve kontrol edilmesi****Tanım**

Otomatik kazanların düzenlenmesi ve kontrol edilmesi; uçucu gazlarda ve ısı talebinde yakıt akışının, hava akışının ve oksijen seviyelerinin denetlenmesi ve kontrol edilmesi neticesinde yakma işleminin denetlenmesi için önemlidir. (bkz. Bölüm 2.10, 2.15.2 ve 3.1.3.)

**Elde edilen çevresel faydalar**

Bu durum, yakıt tüketimini optimize etmek ve proses için yalnızca gerekli ısıyı tedarik etmek için aşırı hava akışının düşürülmesi ve yakıt kullanımının optimize edilmesi sonucunda enerji tasarruflarının elde edilmesine katkı sağlar.

Bu, yakma prosesinde NO<sub>x</sub> oluşumunu azaltmak için de kullanılabilir.

**Çapraz medya etkileri**

Saptanmamıştır.

**İşletimsel veri**

İlk kurulum, ardından otomatik kontrollerin periyodik olarak yeniden düzenlenmesi

**Uygulanabilirlik**

Yaygın olarak uygulanmaktadır

**Ekonomi**

Maliyet kazancı, geri ödeme süresi tesise bağlıdır.

**Uygulama için itici güç**

Yakıt kullanımında maliyet kazancı

**Örnekler**

Veri yoktur.

Kaynak bilgi  
[227, TWG]

### 3.1.5 Yakıt seçimi

#### Tanım

Yakma prosesi için seçilen yakıtın türü, kullanılan her bir yakıt birimi için tedarik edilen ısı enerjisinin miktarını etkiler. (bkz. Bölüm 3.1 giriş ve Bölüm 1.3.6.2). ihtiyaç duyulan aşırı hava oranı (bkz. Bölüm 3.13) kullanılan yakıta bağlıdır ve bu bağımlılık katı maddelerde daha fazladır. Bu yüzden yakıt seçimi aşırı havanın azaltılması ve yakma prosesinde enerji verimliliğinin artırılması için bir seçenektir. Genel olarak yakıtın ısı değerinin fazla olması yakma prosesinin daha verimli olmasını sağlar.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Yakıt seçimi, aşırı hava akışını azaltarak ve yakıt kullanımını optimize ederek enerji verimliliği sağlar. Bazı yakıtlar kaynağa bağlı olarak (örn  $SO_x$ 'nin oksidize edilmesi için eklenen doğal gaz az miktarda sülfür içerir, metallsiz) yakma işlemi sırasında daha az kirletici üretir. Bu salınımlara ilişkin bilgiler çeşitli dikey sektör BREF'lerde yer almaktadır. Bu BREF'lerde yakıt seçiminin salınımlar üzerinde önemli etkilere neden olduğu ortaya konmuştur.

Düşük ısı değerine sahip yakıtın seçilmesi aşağıda yer alan faktörler gibi çevresel faktörlerden etkilenebilir: (bkz. Bölüm 1.1.3):

- ☐ Sürdürülebilir kaynaktan alınan yakıtlar
- ☐ Yakıt olarak kullanılan atık gazlardan, atık sıvılardan ve atık gazlardan elde edilen termal
- ☐ enerjinin geri dönüştürülmesi
- Ulaştırma gibi diğer çevresel etkilerin en aza indirilmesi

#### Çapraz medya etkileri

Çeşitli emisyonlar,  $SO_x$  gibi belirli yakıtlarla bağlantılıdır, metaller ise kömürlerle bağlantılıdır. Bu etkilere ilişkin bilgiler çeşitli dikey sektör BREF'lerde yer almaktadır. Bu BREF'lerde yakıt seçiminin salınımlar üzerinde önemli etkilere neden olduğu ortaya konmuştur.

#### İşletimsel veri

Belirtilmemiştir.

#### Uygulanabilirlik

Yeni kurulacak ya da güncelleştirilecek tesislerin belirlenmesi sırasında yaygın olarak kullanılır.

Mevcut tesislerde yakıt seçimi yakma tesisinin tasarımına bağlıdır. (kömür yakma tesisi doğal gaz yakmak için dönüştürülmemiş olabilir) ayrıca bu uygulama atık yakma kazanı gibi tesisin ana faaliyetlerinden de etkilenebilir.

Yakıt seçimi, yerel ve sınır ötesi çevresel düzenlemelerden ve birtakım tüzüklerden etkilenebilir.

#### Finansman

Yakıt seçimi tamamıyla maliyet temellidir.

#### Uygulama için itici güç

- ☐ yakma prosesi verimliliği
- ☐ salınan diğer kirleticilerin azaltılması

### Örnekler

- ☐ atık- enerji dönüşümü tesislerine hizmet sağlamak amacıyla atıklar yakılır (ısı geri kazanımı sağlayan atık yakma kazanları)
- ☐ çimento fırınlarında yakılan atıklar
- ☐ rafinerilerde yakılan hidrokarbonlar ya da demirsiz metal işlemede CO gibi atıkların yakılması
- ☐ biyokütle ısısı ve/veya elektrik gücü tesisleri.

Kaynak bilgi  
[227, TWG]

### 3.1.6 Oxi-yakıt

#### Tanım

Oksijen ortam havası yerine kullanılır, tesisteki havadan alınır ya da genellikle yığın halinde satın alınır.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Çeşitli faydaları vardır. Örneğin:

- ☐ Artırılan oksijen içeriği yakma sıcaklığında artışa neden olur, prosese enerji transferini artırır ve bu da yakılmayan yakıtın miktarının düşürerek NO<sub>x</sub> salınımlarını azaltır. Havanın % 80'i nitrojen olduğunda, gazların kütle akışı buna bağlı olarak düşürülür ve böylece uçucu gaz kütle akışında düşüş sağlanır.
- ☐ Bu durum ayrıca NO<sub>x</sub> salınımlarının azaltılmasını sağlar çünkü kazanlardaki nitrojen seviyesi büyük ölçüde düşürülür.
- ☐ Uçucu gaz kütle akışlarının düşürülmesi, daha küçük atık gaz iyileştirme tesisleriyle ve buna bağlı enerji talepleriyle sonuçlanır.(örn NO<sub>x</sub> ve partiküller)
- ☐ Bir tesiste oksijen üretilirken, ayrılan nitrojen karırtırmada ya da oksidasyonun oluşabileceği reaksiyonlarda bulunan kazanların iç havasının tedarik edilmesinde kullanılabilir demirsiz metal sanayinde piroforik reaksiyonlar gibi)
- ☐ Gelecekte sağlanacak faydalar ise gazların miktarının (yüksek konsantrasyona sahip CO<sub>2</sub> )düşürülmesi olabilir. Bu durum ekstraksiyonu ve tutulmayı kolaylaştırır (daha az enerji talebi)

### Çapraz medya etkileri

Havadan ayrılan oksijenin konsantre edilmesi için gerekli enerji oldukça önemlidir ve bu durum enerji hesaplamalarında dikkate alınmalıdır. (bkz. Bölüm 1.3.6.1).

Cam sanayinde; cam üretme kapasiteleri, cam türleri ve kazan tipleri arasında büyük farklılıklar vardır. Oksijen yakmaya dönüştürme (örn. iyileştirici kazanlarla kıyaslandığında daha küçük kazanlar ve özel camlar için) enerjinin geliştirilmesine yardımcı olur. (oksijen üretmek için gerekli enerjiye denk gelen birincil enerjinin hesaplanması göz önünde bulundurularak). Ancak diğer durumlarda oksijen üretimi için enerji tüketimi tasarruf edilen enerji kadardır ya da bu enerjiden daha fazladır. Büyük çaplı kap camı üretiminde oksijenle yakılan cam kazanlarının enerji verimliliği ile arkadan yakmalı iyileştirici fırınların enerji verimliliği karşılaştırılırken bu durum ortaya çıkar. Ancak oksijenle yakılan kazanların geliştirilmesi için yapılan çalışmalar sonucunda bu fırınların gelecekte enerji verimliliğini artıracığı öngörülmektedir. Enerji tasarrufları, satın alınacak oksijene ilişkin masrafları her zaman telafi etmez.

### **İşletimsel veri**

Oksijenin, saf oksijen buharlarıyla patlaması riskine (hava buharıyla patlamasına yönelik risklerden daha fazladır) bağlı olarak özel güvenlik durumları dikkate alınmalıdır.

Oksijen boruları çok düşük sıcaklıklarda çalıştığı için oksijenin bulunduğu durumlarda ekstra güvenlik önlemleri alınmalıdır.

### **Uygulanabilirlik**

Sektörlerin yalnızca bir kısmında yaygın olarak kullanılır. Cam sanayinde üreticiler cam kazanı yakma boşluklarındaki sıcaklığın belirli seviyede kontrol edilmesini sağlamaya çalışırlar. Bu seviyenin , uygulanan ısıya dayanıklı malzemeler için uygun sıcaklığa ve camların istenilen kalitede eritilmesi için gerekli sıcaklığa göre ayarlanması gerekir. Oksijen yakmaya dönüştürme kazan sıcaklıklarının (ısıya ya da cam sıcaklığına dayanıklı) artırılması anlamına gelmemelidir. Ancak bu yöntem ısı transferinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Oksijen yakmada kazan sıcaklığı daha sık kontrol edilmeli ancak bu sıcaklıklar havayla yakılan kazanlardaki sıcaklıklardan daha yüksek olmamalıdır. (yalnızca alev çekirdeklerinin sıcaklığı daha yüksek olabilir)

### **Finansman**

Satın alınan oksijenin fiyatı yüksektir. Bu oksijen tesiste üretildiğinde ise yüksek miktarda elektrik gücüne ihtiyaç vardır. Hava ayırma birimi için yatırımlar önemlidir ve oksijenle yakmanın maliyet verimliliğini belirler.

### **Uygulama için itici güç**

Düşürülen atık gaz akışları daha küçük atık arıtma (de NO<sub>x</sub> gibi) tesislerine ihtiyaç duyulmasıyla sonuçlanır. Ancak bu yöntem yeni binalarda ya da atık arıtma tesislerinin kurulacağı yerlerde uygulanır.

### **Örnekler**

Cam ve metal arıtma sanayinde kullanılanlar. (Polonya’da, nitrojen kullanımıyla)

### **Kaynak bilgi**

[157, Beerkens R.G.C. , 2006]

## **3.1.7 Yalıtım ile ısı kayıplarının azaltılması**

### **Tanım**

Yakma sisteminin duvarlarındaki ısı kayıpları borudaki ölçerler ve yalıtım kalınlığı ile belirlenir. Enerji tüketimiyle ilgili olan optimum yalıtım kalınlığı özel durumlara bağlıdır.

Duvarlar arasındaki ısı kaybının minimum düzeyde tutulması için verimli termal yalıtım ,tesisin kurulum aşamasında gerçekleştirilir. Ancak yalıtım malzemesi zamanla yıpranabilir, bakım programları sonrasında incelemelerde değiştirilmesi gerekir. kızılötesi görüntü kullanan bazı teknikler dışarıdan tahrip olan bölgeleri tesis çalışır haldeyken belirleyebilirler. Onarım planları ise tesisin durdurulmasının ardından gerçekleşir.

Elde edilen çevresel faydalar

Enerji tasarrufu

Çapraz medya etkileri

Yalıtım malzemelerinin kullanılması

İşletimsel veri

Düzenli kontrol ve bakım sistemdeki gizli sızıntıların kontrol edilmesi açısından önemlidir. Negatif basınç sistemlerinde sızıntılar (yalıtımların altında) sistemdeki gaz miktarının artışına ve fanlardaki elektrik gücü ihtiyacının artmasına neden olabilir.

Buna ek olarak sistemin yalıtılmamış bölümleri işletmecilerin yaralanmalarına sebep olabilir. Bu riskler:

- ☐ temas
- ☐ 50 °C'yi aşan sıcaklık.

Uygulanabilirlik  
Her durumda

Finansman  
Özellikle tesisin çalışmadığı dönemlerde düşük maliyet. Yalıtım onarımı çalışma süresi boyunca da yapılabilir.

Uygulama için itici güç  
Proses sıcaklığının korunması  
Örnekler  
Yalıtım onarımı, çelik ve cam sanayinde çalışma süreleri boyunca yapılabilir.

Kaynak bilgi  
[91, CEFIC, 2005]

### 3.1.8 Kazanların açılmasıyla kayıpların azaltılması

#### Tanım

Radyasyonla ısı kayıpları yükleme-boşaltma esnasında kazanların açılması sırasında gerçekleşir. Bu durum özellikle 500 °C'den fazla sıcaklıkta çalışan kazanlarda daha da önem kazanmaktadır. Kazan bacasının, yığınların, kapı dürbününün prosesin kontrol edilmesi için açılması, kapıların aralık bırakılması, malzemelerin ve/veya yakıtların yüklenmesi-boşaltılması gibi.

Elde edilen çevresel faydalar  
Veri yoktur.

Çapraz medya etkileri  
Veri yoktur.

işletimsel veri  
Kızılötesi kameralar kullanılarak yapılan taramalarda kayıplar çok rahat gözlemlenebilir. Tasarımların geliştirilmesiyle kapılar ve kapı dürbünleri sebebiyle ortaya çıkan kayıplar azaltılabilir.

Uygulanabilirlik  
Veri yoktur.

Finansman  
Veri yoktur.

Uygulama için itici güç  
Veri yoktur.

Örnekler  
Veri yoktur.

Kaynak bilgi  
[127, TWG, , 271, US\_DOE, 2004]



## 3.2 Buhar sistemleri

### 3.2.1 Buharın genel özellikleri

#### Tanım

Buhar, sıvı temelli ısıtma sistemlerinde enerji taşıyıcılarından biridir. Diğer enerji taşıyıcılar ise su ve termal yağlardır. Gerekli sıcaklığın 100 °C'yi aşmadığı yerlerde (kaynamanın önlenmesi) su kullanılabilir. Basınçlı su (kaynamadan) 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar ve bazen de 180 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar için kullanılabilir. Termal yağların kaynama noktası daha yüksektir(daha fazla performans ömrüne sahip olmaları için geliştirilmiştir.)Ancak genellikle daha düşük ısı kapasitesine ve buhardan daha düşük transfer katsayısına sahiptirler. Buharın, doğrudan temas uygulamalarında kullanım gibi aşağıda da belirtilen birçok faydası vardır.

Bu faydalar, düşük toksisite, yanıcı ya da patlayıcı malzemelerle güvenli bir biçimde kullanım, taşıma kolaylığı, yüksek verimlilik, yüksek ısı kapasitesi ve termal yağlarla kıyaslandığında düşük maliyettir. Buhar, birim kütle temelinde (2300 – 2900 kJ/kg) önemli miktarda enerji tutar. (bu enerji türbin aracılığıyla mekanik iş olarak ya da proses kullanımı için ısı olarak elde edilebilir). Buharın ısı içeriğinin büyük bir kısmı gizli ısıda depolandığından büyük miktarlarda ısı sabit sıcaklıkta verimli bir şekilde transfer edilebilir. (bu sıcaklık birçok proses ısıtma uygulamalarında faydalı olabilir.) (bkz. Bölüm1.2.2.4). Buhar konusu LCP BREF'te detaylı olarak ele alınmıştır.

Sudan buhar koşullarına geçiş gizli formda tutulan büyük miktarda enerjinin kullanılmasını gerektirir. Bu da buharın diğer ısıtma sıvılarıyla kıyaslanarak kullanılması sırasında küçük zeminlerde büyük oranda ısı transferinin gerçekleştirilmesine olanak sağlar.

- ☐ su 4000 W/m<sup>2</sup> °C
- ☐ yağ 1500 W/m<sup>2</sup> °C
- ☐ buhar >10000 W/m<sup>2</sup> °C.

Su-sıvı-gaz sistemi için aşama diyagramında düz çizgiyle gösterilen iki aşamalı sınırdaki (Bkz. bölüm 1.5), buhar basıncı sıcaklıkla doğrudan ilişkilidir. Sıcaklık, basıncın değiştirilmesiyle adapte edilebilir. Yüksek ya da düşük basınçla çalışmak tesiste bazı etkilerin ortaya çıkmasına neden olur (bkz. işletimsel veri, aşağıda). Bu yüzden güvenilirlik ve enerji verimliliği arasında optimizasyonun sağlanması amacıyla işletmenin buhar basıncı dikkate alınmalıdır.

Buhardan elde edilen birçok fayda sanayinin üretmek için kullandığı bu türdeki büyük miktarda enerji ile gösterilebilir. Örneğin 1994 yılında , EU-15 ülkelerindeki sanayi kuruluşları buhar enerjisinin 5988 PJ'sini kullanmaktaydı. Bu miktar ürün verimi için endüstriyel faaliyetlerde kullanılan toplam enerjinin %34'üne tekabül etmektedir. Farklı endüstrilerde buhar üretmek için kullanılan enerjilere ilişkin örnekler Tablo 3.5'te gösterilmiştir.

| Endüstri              | buhar üretmek için gerekli enerji (PJ) | Bu endüstri tarafından kullanılan toplam enerjinin yüzdesi |
|-----------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| kâğıt hamuru ve kâğıt | 2318                                   | 83 %                                                       |
| kimyasallar           | 1957                                   | 57 %                                                       |
| petrol arıtma         | 1449                                   | 42 %                                                       |

Tablo 3.5: çeşitli endüstrilerde buhar üretmek için kullanılan enerji

Elde edilen çevresel faydalar  
Buhar zehirsizdir.

### Çapraz medya etkileri

- ☐ buhar üretimi, yakmadan kaynaklanan salınımlara neden olur.
- ☐ kazan suyu arıtıldığında iyon gidericinin faaliyetleri ya da arıtma işlemleri sonucunda kimyasal salınımı ortaya çıkar.
- ☐ atık buhar ya da sıcak kondensat, kanalizasyondaki ya da sudaki sıcaklığı artırır.

### İşletme Verileri

Bir sistem dört farklı öğeden oluşur: üretim tesisi (kazan), dağıtım sistemi(buhar ağı, buhar ve kondensat geri dönüşü) , tüketici ya da son kullanıcı (buhar/ısı kullanan tesis/proses) ve kondensat geri kazanım sistemi. Isının verimli olarak üretilmesi, dağıtılması, işletilmesi aşağıda belirtildiği gibi ısı kayıplarının azaltılmasına katkı sağlar.

- ☐ üretim (bkz. Yakma, bölüm 3.1): yakma gazlarının ısıya transfer edilmesi sonucunda buhar, bir kazan ya da ısı geri dönüşümü sisteminde üretilir. Su yeterince ısı absorbe edince sıvı halden buhar haline geçer. Bazı kazanlarda kızdırıcı buharın enerji içeriğini daha da artırır. Basınç altında buhar, kazandan ya da jeneratörden dağıtım sistemine akar.
- ☐ dağıtım: dağıtım sistemi kazandan ya da jeneratörden son kullanım noktasında buhar taşır. Birçok dağıtım sistemi farklı basınçlarda çalışan çevrim dışı alımı uygular. Bu dağıtım kanalları çeşitli izolasyon kapaklarıyla bazen de geri basınç türbinleriyle ayrılır. Verimli dağıtım sistemi performansı için uygun buhar basıncı dengesi, kondensat drenajı, uygun tesis ve verimli basınç düzenlemesi gerekir.

### Yüksek basınçlı buharın avantajları:

- ☐ Doyurulmuş buhar daha yüksek sıcaklığa sahip olur.
- ☐ Hacim daha azdır, bu da gerekli dağıtım borularının daha küçük olması anlamına gelir.
- ☐ Buharı yüksek basınçlarda dağıtmak ve uygulama öncesi basıncının düşürmek mümkündür. Böylece buhar daha kuru kalır ve güvenilirlik artar. Yüksek basınç kazanda daha sabit kaynama prosesine yardımcı olur.

### Düşük basınçlı sistemlerin avantajları:

- ☐ Kazan seviyesinde ve dağıtım sisteminde daha az enerji kayıpları yaşanır.
- ☐ Kondensatta kalan enerji miktarı nispeten daha azdır. (bkz. Bölüm 3.2.14 ve 3.2.15)
- ☐ Boru sisteminde sızıntı kayıpları daha azdır.
- ☐ Kazan taşı oluşumu azalır.

Buhar sistemlerindeki yüksek işletme basınç değerleri sebebiyle buhar prosesinde güvenlik en önemli konudur. Bunun yanı sıra buhar, su çekicine ya da çeşitli korozyonlara maruz kalır. Bunun sonucunda farklı bileşenlerin ömrü işletmenin tasarımına, kurulmasına ve bakımına bağlıdır.

- ☐ Son kullanım: buharın birçok son kullanım alanı bulunmaktadır:

Mekanik sürücü: türbinler, pompalar, kompresörler gibi. Bu, daha çok güç jeneratörü ve büyük kompresörler gibi büyük boyutlu ekipmanlar için uygundur

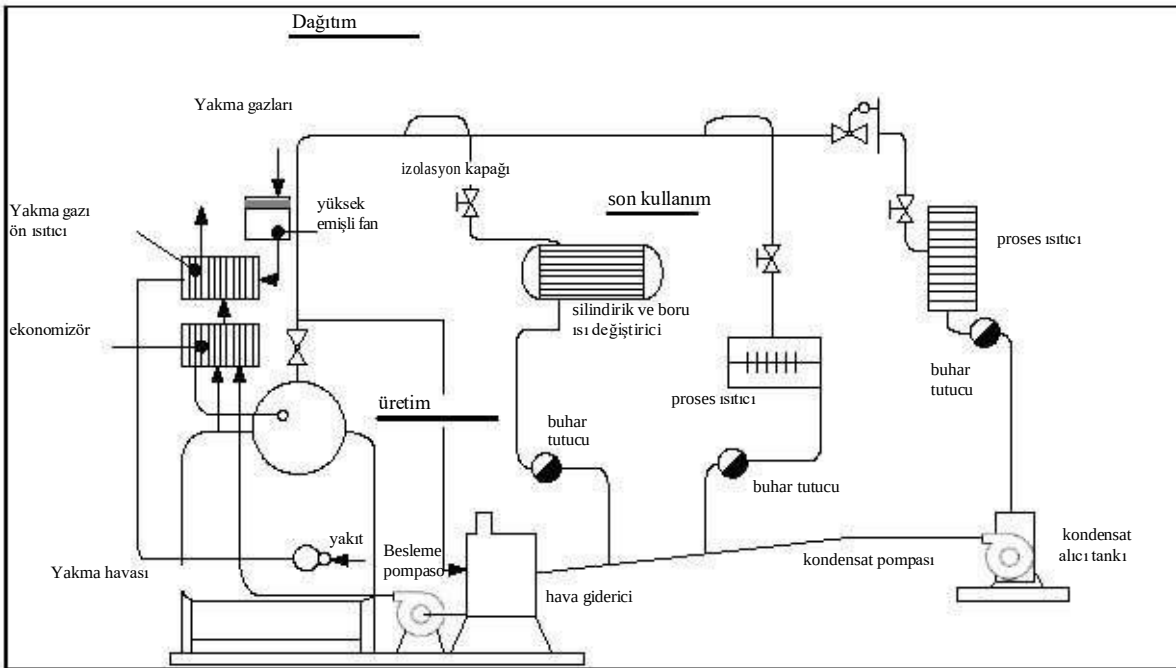
ısıtma: proses ısıtma, kimyasal reaksiyonlarda kullanılan her çeşit kâğıt ürününün kurutulması , hidrokarbon bileşenlerinin buhar metanı oluşumunda hidrojen kaynağı olarak parçalanması

Genel buhar sisteminin son kullanım ekipmanları; ısı değiştiriciler, türbinler, parçalama kuleleri, sıyrıcılar ve kimyasal reaksiyon hazneleridir.

Güç üretimi LCP BREF’de yer almaktadır. Kojenerasyon ve trijenerasyon bu belgenin Bölüm 3.4 ve 3.4.2 kısmında ele alınmıştır.

Proses ısıtmada buhar, ısı değiştiricideki prosese gizli ısını transfer eder. Buhar, ısı değiştiricide buhar tutucu tarafından yoğunlaşana kadar tutulur. Bu noktada tutucu, kondensatı kondensat geri dönüş sistemine gönderir. Türbin içerisinde; pompa, kompresör ya da elektrikli jeneratör gibi dönen ya da pistonlu makineleri çalıştırmak için buhar kendi enerjisini mekanik işe çevirir. Parçalama kulelerinde buhar, proses sıvısının çeşitli bileşenlerinin ayrılmasına yardım eder. Sıyırma uygulamalarında ise, buhar proses sıvılarından kirleticileri ayırmak için kullanılır. Ayrıca buhar bazı kimyasal reaksiyonların sıvı kaynağı olarak da kullanılır:

- Kondensat geri kazanımı: buhar, kendi gizli ısını bir uygulamaya transfer ettiğinde, su buhar sisteminde yoğunlaşır ve kondensat dönüşüm sistemi aracılığıyla kazana geri döndürülür. Önce kondensat, hava gidericiye( oksijeni ve yoğunlaştırılmayan gazları sıyırarak) pompalandığı yerden toplama tankına geri gönderilir. ilave su ve kimyasallar toplama tankına ya da hava gidericiye eklenebilir. Kazan besleme pompası besleme suyu basıncını , kazan basıncından daha yükseğe çıkarır ve döngüyü tamamlamak için kazana enjekte eder.
- Buhar kazanlarının verimliliğinin hesaplanması: bazı kazanların verimliliğinin hesaplanmasına ilişkin pan-Avrupa görüşü CEN EN 12952-15:2003’te yer almaktadır. (su borusu kazanları ve yedek tesisler: kabul testi) ve CEN EN 12953-11:2003 (silindirik kazanlar: kabul testleri)



Şekil 3.5: buhar üretimi ve dağıtım sistemi [123, US\_DOE]

Uygulanabilirlik  
Yaygın olarak kullanılır

### Finansman

Buhar jeneratörünün maliyeti kullanılan yakıtla doğrudan bağlantılıdır. Özel bir yakıtı yönelik fiyat avantajı bu yakıtla alakalı daha küçük termal verimlilik cezasından ağır basar. Ancak özel bir yakıt türü konusunda termal verimliliğin artırılmasıyla önemli derecede tasarruf sağlanabilir. (bkz. Yakma, Bölüm 3.1).

Buhar üretimi ve dağıtımına ilişkin önlenebilir enerji kayıplarının ortadan kaldırılması (kondensat geri dönüşü dahil) kullanım noktasında buhar maliyetlerini düşürebilir. (

Bireysel tesisler için olası enerji tasarrufları ortalama %7 iken %1 den daha az ya da %35 oranında olabilir.

Uygulama için itici güç

- ☐ enerji masraflarının ve salınımların azaltılması, yatırımın kısa sürede kendini amorti etmesi
- ☐ buhar kullanımı: kullanım esnekliği ve kullanım kolaylığı, düşük toksisite, sistem boyutuna göre yüksek ısı temini

Örnekler

IPPC sektörlerinde yaygın olarak kullanılanlar: güç jenerasyonu, tüm kimyasal sektörler, kâğıt hamuru ve kâğıt sanayi, gıda, içecek ve süt

Kaynak bilgi

[32, ADENE, 2005, 33, ADENE, 2005, 123, US\_DOE, , 125, EIPPCB, , 236, Fernández-Ramos, 2007]

### 3.2.2 Buhar sisteminin performansını artırmak için önlemlerin gözden geçirilmesi

Buhar sistemleri LCP BREF’de detaylı olarak ele alınmaktadır. Okuyucuya yardımcı olmak açısından burada yer alan tekniklerin yanı sıra LCP BREF<sup>21</sup>’de yer alan referanslar da yer almaktadır. Üretime, dağıtım ve sistemin geri dönüşüm alanlarına ilişkin performans fırsatları Tablo 3.6’da yer verilmiştir.

<sup>21</sup> L C P BREF 2006 ile ilgili referans

| Dikey BREF'lerin yakma işlemlerini kapsamadığı faaliyetler ve Sektörler için teknikler                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                           |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| ENE BREF'de yer alan kısımlara göre teknikler                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                           |                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Faydalar                                                                                                                                                                                  | Bölüm          |
| <b>TASARIM</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                           |                |
| Enerji tasarruflu tasarımlar ve buhar dağıtım borularının monte edilmesi                                                                                                                                                                                                                            | Enerji tasarruflarını optimize eder                                                                                                                                                       | 2.3            |
| Kısma araçları ve geri basınç türbinlerinin kullanılması (PRV'ler yerine yardımcı geri basınç türbinlerinin kullanılması)                                                                                                                                                                           | Düşük basınçlı hizmetler için buhar basıncının Düşürülmesi yöntemi (daha verimli metot)                                                                                                   | 3.2.3          |
| <b>İŞLETME VE KONTROL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                           |                |
| İşletme prosedürlerinin geliştirilmesi ve kazan kontrolleri                                                                                                                                                                                                                                         | Enerji tasarruflarını optimize eder                                                                                                                                                       | 3.2.4          |
| Ardışık kazan kontrollerinin uygulanması (birden fazla kazana sahip tesislerde uygulanır)                                                                                                                                                                                                           | Enerji tasarruflarını optimize eder                                                                                                                                                       | 3.2.4          |
| Baca gazı izolasyon amortisörlerinin Kurulması (birden fazla kazana sahip tesislerde)                                                                                                                                                                                                               | Enerji tasarruflarını optimize eder                                                                                                                                                       | 3.2.4          |
| <b>ÜRETİM</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                           |                |
| Besleme suyunun önceden ısıtılması:<br>□ prosten gelen atık ısı<br>□ yakma ısısı kullanan ekonomizörler<br>□ ısı kondensatına giden besleme suyunun havasının alınması<br>□ sıyırma için kullanılan buharın yoğunlaştırılması, Isı değiştirici ile hava gidericiye giden besleme suyunun Isıtılması | Egzoz gazlarında uygun ısıyı geri kazanır ve Besleme suyunu önceden ısıtarak geri Kazanılan ısıyı sisteme transfer eder.                                                                  | 3.2.5<br>3.1.1 |
| Kazan taşlarının oluşumunun engellenmesi ve ısı Transfer zeminlerinden arındırılması (temiz kazan Isısı transfer zeminleri)                                                                                                                                                                         | Yakma gazlarından buhara ısının verimli bir Şekilde transfer edilmesine katkı sağlar.                                                                                                     | 3.2.6          |
| Su arıtma işleminin geliştirilmesi ile Kazan blöfünün en aza indirilmesi. Çözünmeyen katı miktarını azaltır, böylece daha az blöf ortaya çıkar. (Daha az enerji kaybı)                                                                                                                              | Kazan suyu içerisinde çözünmeyen katı maddelerin blöf ortamına çıkar.                                                                                                                     | 3.2.7          |
| Maddelerin otomatik olarak kontrolü                                                                                                                                                                                                                                                                 | Kazandaki ısı kaybını azaltır ve kazan verimliliğini Artırır.                                                                                                                             | 2.10.1<br>2.9  |
| Isıya dayanıklı kazanların eklenmesi/yenilenmesi                                                                                                                                                                                                                                                    | Önlenebilir buhar kayıplarının azaltılması                                                                                                                                                | 3.2.8          |
| Hava giderici havalandırma oranının optimizasyonu                                                                                                                                                                                                                                                   | Enerji tasarruflarını optimize eder                                                                                                                                                       | 3.2.9          |
| Kazanın kısa devre kayıplarının azaltılması                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                           | 2.9            |
| <b>Kazan bakımının yapılması</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                           |                |
| <b>DAĞITIM</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                           |                |
| Buhar dağıtım sisteminin optimize edilmesi (özellikle aşağıdaki konuları kapsar)                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                           | 2.9,<br>3.2.10 |
| Buharın kullanılmayan hatlardan izole edilmesi                                                                                                                                                                                                                                                      | Önlenebilir buhar kayıplarını en aza indirir, borulardaki ve ekipman zeminindeki enerji kayıplarını azaltır                                                                               | 3.2.10         |
| Buhar boruları ve kondensat dönüşüm borularının yalıtılması. (buhar sistemi borularının, kapakların Bağlantı parçalarının ve haznelerin doğru bir Şekilde yalıtılmasını sağlamak)                                                                                                                   | borulardaki ve ekipman zeminindeki enerji kayıplarını azaltır.                                                                                                                            | 3.2.11         |
| Buhar tutucu için kontrol ve onarım programı Uygulamak                                                                                                                                                                                                                                              | Kazan buharının kondensat sistemine geçişini Azaltır, son kullanım ısı transferi ekipmanının verimli bir şekilde çalışmasına katkı sağlar . Önlenebilir buhar kayıplarını en aza indirir. | 3.2.12         |
| <b>GERİ KAZANIM</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                           |                |
| Yeniden kullanım için kondensatın toplanması ve kazana döndürülmesi (kondensat geri kazanımının optimizasyonu)                                                                                                                                                                                      | Kondensattaki termal enerjiyi geri kazandırır ve sisteme eklenen ilave suyun miktarını azaltır, böylece enerji tasarrufu sağlar ve kimyasal arıtma gerçekleşir                            | 3.2.13         |
| Flash-buharın yeniden kullanılması (düşük basınçlı buhar üretmek için yüksek basınçlı kondensat kullanmak)                                                                                                                                                                                          | Geri dönen kondensattaki uygun enerjiyi alır.                                                                                                                                             | 3.2.14         |
| Kazan blöfünden enerjinin geri kazanılması                                                                                                                                                                                                                                                          | Blöf buharındaki uygun enerjiyi sisteme transfer eder ve böylece enerji kayıplarını azaltır                                                                                               | 3.2.15         |

| Dikey BREF'lerin yakma işlemlerini kapsamadığı faaliyetler ve Sektörler için teknikler |                 |                    |                |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------|----------------|---------------------|
| ENE BREF'de yer alan kısımlara göre teknikler                                          |                 |                    |                |                     |
|                                                                                        | Faydalar        |                    |                | Bölüm               |
| Haziran 2006 tarihli LCP BREF'de Bölümlere ve Yakıt Tipine Göre Yer Alan Teknikler     |                 |                    |                |                     |
|                                                                                        | Kömür ve Linyit | Biyokütle ve turba | Sıvı yakıtlar  | Gaz yakıtlar        |
| Basınçlı gazların enerji içeriğinin geri kazanılması için genişletme türbini           |                 |                    |                | 7.4.1, 7.5.1        |
| Türbin kanatlarının değiştirilmesi                                                     | 4.4.3           | 5. 4.4             |                | 6.4.2               |
| Yüksek buhar parametreleri elde etmek için Gelişmiş malzemelerin kullanılması          |                 |                    |                |                     |
|                                                                                        | 4.4.3           | 6.4.2              |                | 7.4.2               |
| Süperkritik buhar parametreleri                                                        | 4.4.3, 4.5.5    |                    | 6.4.2          | 7.1.4               |
| Çift yeniden ısıtma                                                                    | 4 4.3, 4.5.5    |                    | 6.4.2, 6.5.3.1 | 7.1.4, 7.4.2, 7.5.2 |
| Yenileyici besleme suyu                                                                | 4.2.3, 4.4.3    | 5.4.4              | 6.4.2          | 7.4.2               |
| Duman gazı içeriğinin bölge ısıtmada Kullanılması                                      | 4.4.3           |                    |                |                     |
| Isı biriktirme                                                                         |                 |                    | 6.4.2          | 7.4.2               |
| Gaz türbininin ve geri kazanım kazanlarının Bilgisayarla kontrol edilmesi              |                 |                    |                | 7.4.2               |

Tablo 3.6: Sanayi buharı sistemleri için enerji verimliliği teknikleri [123, US\_DOE]'den adapte edilmiştir.

Birçok durumda sanayi işletmelerinde buhar yakma reaksiyonu aracılığıyla üretilir bu yüzden enerji verimliliğine ilişkin kapsamlı önlemler hem yakma hem de buhar bölümlerinde uygulanabilir: bunlar Tablo 3.6'da yer almaktadır. Buhara ilişkin teknikler bu bölümde yer almaktadır.

Bu önlemlerden herhangi birini uygulamak için yeterli bilgilere, yakıta ilişkin konulara, buhar üretimine ve buhar ağına ilişkin konulara hâkim olmak gerekir. Buharın ölçülmesi ve gözlemlenmesi proses operasyonunun anlaşılmasına katkı sağlar. Ayrıca işletme parametrelerinin ne ölçüde değiştirilebileceğini gösterir. Bu sebeple ısı geri kazanımı gibi proses entegrasyonunu başarılı bir şekilde gerçekleştirmesi için gereklidir. (bkz. Bölüm 2.10).

### 3.2.3 Kısma araçları ve geri basınç türbinlerinin kullanılması

#### Tanım

Kısma araçları sanayide yaygın olarak kullanılan araçlardır. Bu araçlar, kapaklar aracılığıyla basıncı kontrol etmek ve bu basıncı düşürmek için kullanılır. Kısma araçları izantropik olduğundan (entalpi iniş ve çıkışları eşit) enerji kaybı yaşanmaz. Termodinamiklerin ilk yasasına göre verimliliği optimal düzeydedir. Ancak bu mekanik bir geri dönüşümsüzlüktür, ek fayda sağlamadan sıvının entropisini artırır ve basıncı düşürür. Sonuç olarak ekserji kaybolur ve sıvının (basınç düşüşünün ardından) enerji üretme kapasitesi düşer. (örn. ardından gelen türbin genişletme prosesi)

Bu yüzden amaç bir sıvının basıncını düşürmek ise izantropik genişlemenin uygulanması daha mantıklıdır, türbinlerin eklenmesi aracılığıyla faydalı iş sağlar. Bu mümkün değilse çalışma basıncı her zaman mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. (kapaklardaki ekserji kayıpları, ölçüm araçları (bkz. Bölüm 2.10.4) ile büyük basınç değişikliklerini engellemek ya da ek enerji sağlamak amacıyla kompresörlerin veya pompaların kullanılması)

Sanayi kuruluşlarındaki uygulamalar ise türbin ağızındaki basıncı tasarım koşullarında tutmaktır. Bu genellikle türbin kontrolü için giriş kapaklarının kullanıldığını (ve kötüye kullanıldığını) gösterir.

Termodinamiklerin ikinci yasasına göre, değişik basınç (değişken basınç) özelliklerine sahip olmak ve giriş vanasını tamamen açık bırakmak daha uygundur.

Genel bir tavsiye olarak vanalar mümkün olduğunca ölçülmelidir. Kısmi prosesi maksimum akışta %5-10 oranında basınç düşüşü ile gerçekleştirilir. (%25-50 oranı geçmişte çok küçük boyutlar için geçerliydi) Sıvıyı işleten pompalar, değişken koşulların dikkate alınması için ölçülmelidir.

Ancak daha iyi alternatifler de vardır. Örn. izentropik koşulları devam ettiren geri basınç türbininin kullanılması. Bu işlem yanı zamanda tam olarak geri dönüşümlüdür (termodinamik terimler) Türbin elektrik üretiminde kullanılır.

Elde edilen çevresel faydalar  
Ekserji kayıplarının azaltılması

Çapraz medya etkileri  
Yakıt tüketiminin artması

işletimsel veri  
Bkz. EK 7.2'deki örnekler

Uygulanabilirlik  
Ekonomi bilimine ve aşağıdaki faktörlere göre yeni ya da yenilenmiş sistemlerde kullanılabilir:

- ☐ Türbin elektrik üretmek ya da motora, kompresöre ya da fana mekanik güç sağlamak amacıyla kullanılır. Geri basınç tribünleri enerji verimliliği açısından cazip olsa da geri basınç türbinlerinden geçen buhar miktarı tüm tesisin genel sistem dengesine uymalıdır. Geri basınç türbinlerinin aşırı miktarda kullanılması tesis tarafından tüketilebilecek basıncın daha düşük seviyelerde üretilmesiyle sonuçlanır. bu aşırı buhar daha sonra havalandırılır. Havalandırma işlemi enerji verimliliği sağlamaz. Geri basınç türbininden çıkan buhar akışı uzun süre boyunca devam etmelidir. Tahmin edilemeyen ya da aralıklı olarak ortaya çıkan kaynaklar (arz-talep doruğunun nadiren eşleşmesi dışında) güvenilir değildir
- ☐ iki basınç seviyesinin birbirine yakın olduğu durumlarda geri basınç tribünleri kullanışlı değildir çünkü türbinlerin yüksek akışa ve farklı basınçlara ihtiyacı vardır. Çelik sanayinde maden eritme ocaklarındaki proseslerde maden eritme ocağı boyunca akan çok sayıda gaz sebebiyle basınç düşürme türbinleri kullanılır.

Finansman  
Türbinler, kontrol vanalarından daha pahalı olan manyetik tabakalardır. Verimlilik sağlayacak en küçük boyut sistem dengesiyle ele alınmalıdır. Düşük kütle akışlarında türbinler ekonomik açıdan kullanışlıdır. Bu türbinlerin ekonomik olmaları için geri kazanılan enerjinin güvenilir olmalı, eşleştirme talebi ve büyük oranda üretim süresi için uygun olmalıdır.

Uygulama için itici güç  
Uygulandığı durumlarda buhar tedariğinde maliyet kazancının elde edilmesi

Örnekler  
Bkz. EK 7.2.

Kaynak bilgi  
[6, Cefic, 2005, 123, US\_DOE]

### 3.2.4 İşletim ve kontrol teknikleri

#### Tanım

##### **İşletme prosedürlerinin geliştirilmesi ve kazan kontrolleri**

Kazan kullanımını optimize eden modern kontrol sistemi aşağıda Şekil 3.6’da yer almaktadır. Bu türdeki bir kontrol Bölüm 2.15.2’de daha detaylı olarak ele alınmıştır.

#### Ardışık kazan kontrollerinin uygulanması

Tesiste birden fazla kazan bulunduğu durumlarda buhar talebi analiz edilmeli enerji kullanımını optimize etmek için kullanılan kazanlar, kısa devreler azaltılarak, kontrol edilmelidir.

Duman gazı amortisörlerinin kurulması (ortak bacaya sahip bir ya da birden fazla sistemler için uygulanır.)

#### Elde edilen çevresel faydalar

Enerji tasarrufları

#### Çapraz medya etkileri

Veri yoktur.

#### İşletimsel veri

Veri yoktur.

#### Uygulanabilirlik

Birden fazla kazana sahip olan işletmeler, çalışma devreleri üzerindeki çeşitli taleplerle başa çıkabilir. Talep eğrisine ve devre süresine bağlı olarak kazanlar farklı çeşitlerde olabilir.

Yüksek buharın bulunması gerekli işlem için yeterliyse ardışık kazanların kullanımı sınırlandırılabilir.

#### Finansman

Veri yoktur.

#### Uygulama için itici güç

Veri yoktur.

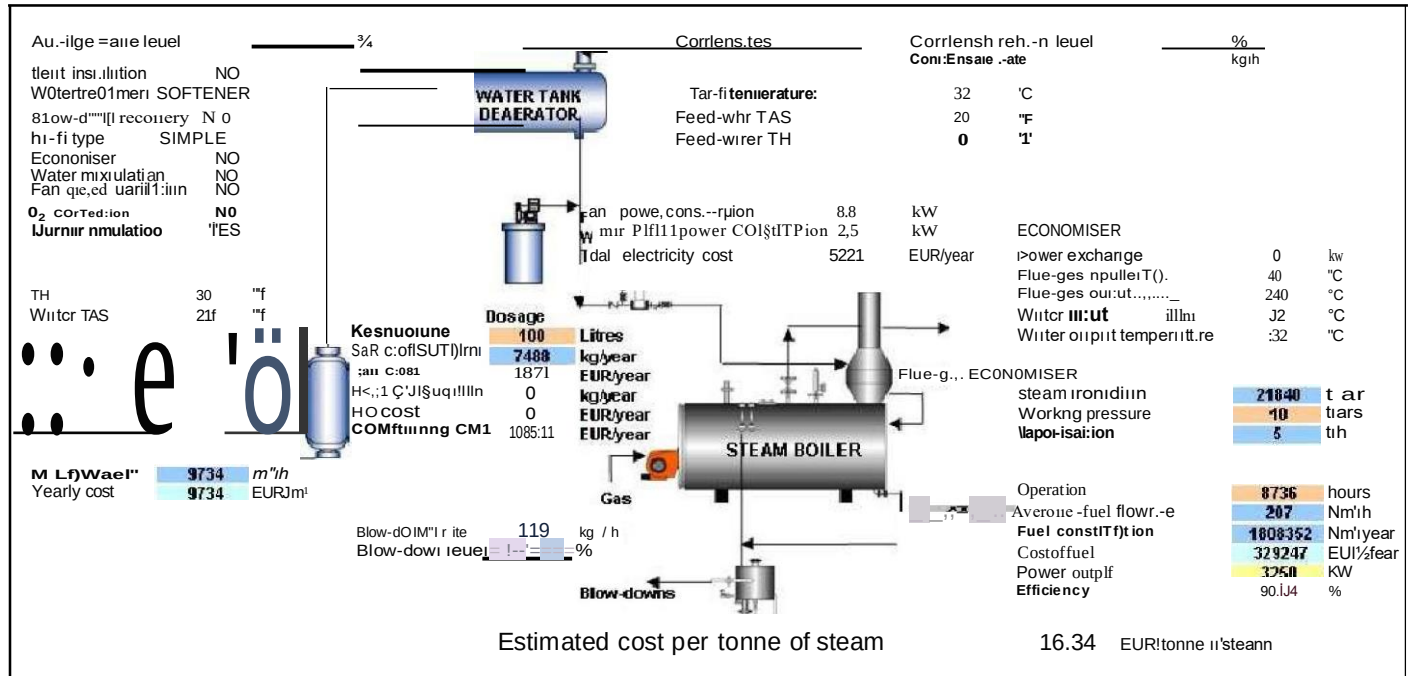
#### Örnekler

Veri yoktur.

#### Kaynak bilgi

[123, US\_DOE, , 134, Amalfi, 2006, 179, Stijns, 2005]





Şekil 3.6: kazan kullanımını optimize eden modern kontrol sistemi



Bu önlemlerin uygulanmasıyla enerji verimliliği artırılabilir. Bu, buhar verimi için daha az yakıt girdisi anlamına gelir.

Elde edilen çevresel faydalar

Enerji geri kazanımı; ana prosesin duman gazlarının sıcaklığına, zemin seçimine ve büyük oranda da buhar basıncına bağlıdır.

Ekonomizörün, buhar üretim verimliliğini %4 oranında artırabileceği genel olarak kabul edilmektedir.

Ekonomizörün sürekli olarak kullanılması için su tedarikinin kontrol edilmesi gerekmektedir

Çapraz medya etkileri

Bu dört yöntemin bazı dezavantajları: daha fazla yer gereksinimi. Endüstriyel faaliyetlerde karmaşıklık arttıkça bu yöntemler daha az kullanılabilir olacaktır.

İşletimsel veri

Üreticilerin bildirimlerine göre, ekonomizörler 0,5 MW oranında verim sağlar. Ekonomizörler kanatçıklı borularla donatıldığında 2 MW'a kadar verim sağlar. Lamelli borularla kaplandığında da 2MW'ın üstünde bir verim sağlar. Verimin 2 MW'dan fazla olduğu durumlarda geniş su borusu kazanlarının yaklaşık %80'i ekonomizörlerle donatılır, çünkü bunlar tek vardiyada çalıştırılabilir bile ekonomik olmaktadır. (sistem yükünün %60 – 70 olduğu durumlarda)

Egzoz gazı sıcaklığı, doyurulmuş buhar sıcaklığından yaklaşık 70 °C daha fazladır. Standart sanayi buharı jeneratörü için egzoz gazı sıcaklığı yaklaşık 180 °C'dir. Duman gazının sıcaklığının en düşük olduğu durumlar bu gazın asit çiy noktasıdır. Sıcaklık, kullanılan yakıtı ya da yakıtın sülfür içeriğine bağlıdır.

(ağır akaryakıt için yaklaşık 160 °C, hafif akar yakıt için 130 °C, doğal gaz için 100 °C ve katı atık için 110 °C). Isıtma yağı kullanan kazanlarda korozyon daha çabuk gerçekleşir ve ekonomizör parçası değiştirilmek için tasarlanmalıdır. Egzoz gazının sıcaklığı çiy noktasının altına düşerse ekonomizör korozyona yol açar. (korozyon genellikle yakıtta sülfür içeriğinin çok olduğu durumlarda gerçekleşir. )

Özel önlemler alınmadığı takdirde, bu sıcaklığın altında yığınlar kurur. Sonuç olarak ekonomizörler bypass kontrolörü ile donatılır. Bu kontrolör yığındaki gaz miktarının çok fazla düşmesi sonucunda ekonomizör çevresindeki egzoz gazlarının oranını değiştirir.

Egzoz gazlarının sıcaklığının 20 °C kadar düşürülmesi verimliliği %1 oranında artırır. Bu da buhar sıcaklığına ve ısı değiştiricinin sebep olduğu sıcaklık düşüşüne bağlı olarak verimliliğin %6-7 oranında artırılabilmesi anlamına gelir. Ekonomizörde ısıtılacak besleme suyunun sıcaklığı 103'ten yaklaşık 140 °C ye çıkarılır.

Uygulanabilirlik

Bazı tesislerde besleme suyu ön ısıtma sistemleri büyük zorluklarla entegre edilebilir. Uygulamada besleme suyunun havası alınmış besleme suyu ile önceden ısıtılması nadiren karşılaşılan bir durumdur.

Yüksek verimlilik sağlayan tesislerde ekonomizör aracılığıyla besleme suyunun önceden ısıtılması standart bir uygulamadır. Ancak bu bağlamda, sıcaklık farkını artırarak ekonomizörün verimliliğini %1'e kadar artırmak söz konusudur. Diğer proseslerden gelen atık ısı birçok işletmede kullanılmaktadır. Ayrıca bu atık ısıyı verimliliği düşük tesislerde de kullanmak mümkündür.

Finansman

Ekonomizör besleme suyunun önceden ısıtılmasıyla elde edilebilecek enerji tasarruflarının miktarı; yerel sistem ihtiyaçlarına, yığın durumuna ya da duman gazı kalitesine bağlıdır. Buhar dağıtım sistemi için geri ödeme; işletim saatlerine, gerçek yakıt fiyatlarına ve lokasyona bağlıdır.

Uygulamada besleme suyunun ön ısıtılmasıyla sağlanacak tasarruflar üretilen buhar hacminin yüzde birkaçına denk gelir. Bu yüzden küçük kazanlarda bile yıllık birkaç GWh'lik tasarruf sağlanabilir. Örneğin; 15 MW'lık bir kazanla yılda yaklaşık 5 GWh, 60000 EURO ve 1000 tonluk CO<sub>2</sub> tasarruf sağlanır. Tasarruflar tesis boyutlarıyla orantılıdır, yani daha büyük tesislerde daha fazla tasarruf elde edilebilir.

100 - 150 °C sıcaklıktan ve üretilen buhar sıcaklığından daha fazla olan kazan duman gazları yığına kabul edilmezler. Genel olarak duman gazının sıcaklığının her 40 °C düzeyinde düşürülmesi kazan verimliliğinin %1 oranında artmasını sağlar. Ekonomizör atık ısıyı geri dönüştürerek yakıt gereksinimlerini %5-10 oranında azaltabilir ve kendisini 2 yıldan az bir sürede amorti edebilir. Tablo 3.7'de ısı geri kazanımına ilişkin örnekler yer almaktadır.

| Kazan duman gazından elde edilebilecek tahmini ısı |                              |       |       |       |
|----------------------------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|
| Birinci yığın gazı<br>Sıcaklık , °C                | Geri kazanılabilir ısı, (kW) |       |       |       |
|                                                    | kazanın termal verimi (kW)   |       |       |       |
|                                                    | 7322                         | 14640 | 29290 | 58550 |
| 205                                                | 381                          | 762   | 1552  | 3105  |
| 260                                                | 674                          | 1347  | 2694  | 5389  |
| 315                                                | 967                          | 1904  | 3807  | 7644  |

Tablo 3.7:doğal gaz yakıtı, aşırı havanın %15'i ve 120 °C'lik son yığın [123, US\_DOE]'den adapte edilmiştir.

Uygulama için itici güç  
Enerji masraflarının ve CO<sub>2</sub> salınımlarının azaltılması.

Örnekler  
Yaygın olarak kullanılanlar

Kaynak bilgi  
[16, CIPEC, 2002, 26, Neisecke, 2003, 28, Berger, 2005, 29, Maes, 2005, 123, US\_DOE]

### 3.2.6 Isı transfer zeminlerindeki kazan taşının giderilmesi ve oluşumunun önlenmesi

#### Tanım

Üretici kazanlarda ve ısı değişim borularında, ısı transfer alanlarında kazan taşı birikimleri olabilir. Bu birikim kazandaki çözünebilen maddelerin kazan değişim borularında su kenarında madde katmanı oluşturmak için tepkimeye girmesi sonucunda oluşur.

Kazan taşı bazı problemlere neden olur çünkü çıplak çelik için denk gelen değerlerden daha az manyetizmaya sahip olan tabakalar içermektedir. Isı değişim zemininde belirli kalınlıkta ve belirli bileşimde birikme olduğunda, zeminler aracılığıyla yapılan ısı transferi kazan taşının fonksiyonuna bağlı olarak düşer. Az miktarda birikimler bile etkili bir yalıtıcıdır ve sonuç olarak ısı transferini düşürür. Sonuç, kazan borularındaki metallerin aşırı ısınması, boru hasarları ve enerji verimliliği kaybıdır. Biriken kazan taşı giderilerek enerji kullanımından tasarruf edilebilir ve yıllık işletim masrafları düşürülebilir.

Kazan taşı sebebiyle yakıt atığı su borusu kazanları için %2 iken ateş boruları kazanları için bu oran %5'tir.

Kazan düzeyinde bu kazan taşlarının düzenli olarak giderilmesi enerji verimliliğine katkı sağlar.

Elde edilen çevresel faydalar  
Enerji kayıplarının azaltılması

Tablo 3, kazan taşlarının ısı transfer zemininde birikmesi sonucunda ısı transfer kayıplarını gösterir.

| Kazan taşı kalınlığı (mm) | Isı transferindeki farklılıklar <sup>22</sup> (%) |
|---------------------------|---------------------------------------------------|
| 0,1                       | 1,0                                               |
| 0,3                       | 2,9                                               |
| 0,5                       | 4,7                                               |
| 1                         | 9,0                                               |

Tablo 3,8: ısı transferindeki farklılıklar  
[29, Maes, 2005]

#### Çapraz medya etkileri

Kazan taşlarının oluşumunun engellenmesi için besleme suyunun artırılması dolayısıyla kimyasal kullanımı artabilir.

#### İşletimsel veri

Biriken taşın giderilmesi için kazanın kullanım dışı olması gerekmektedir. Birikimin

giderilmesi ve oluşumunun önlenmesi için farklı yöntemler kullanılabilir:

- ☐ Basınç düşürüldüğünde sıcaklık da düşecektir, bu da kazan taşı birikimini yavaşlatacaktır. Bu, buhar basıncının mümkün olduğu kadar düşük tutulmasının bir sebebidir. (bkz. Bölüm 3.2.1)
- ☐ Birikim, bakım esnasında da giderilebilir, mekanik temizleme ya da asitle temizleme işlemi uygulanabilir.
- ☐ Kazan taşının yeniden oluşumu hızlıysa, besleme suyu artıma işlemi gözden geçirilmelidir. Daha iyi artıma yöntemleri ya da katkı maddeleri gerekebilir.

Kazan taşı ya da tortu oluşumunun dolaylı bir göstergesi de duman gazı sıcaklığıdır. Duman gazı yükseldiyse (kazan yükünün ve aşırı havanın sabit tutulmasıyla) bu etki kazan taşının varlığı sebebiyledir.

#### Uygulanabilirlik

Kazan taşlarının giderilmesine ilişkin verilecek karar bakım sırasında yapılacak gözlemle sabitlenir. Yıl içerisinde birkaç kez yapılacak bakımlar yüksek basınçlardaki (50 bar) uygulamalar için uygun olabilir. Düşük basınç uygulamalarında ise (2 bar), yıllık bakım önerilmektedir.

Su kalitesini artırarak birikimler engellenebilir. (örn. tatlı su ya da minerali giderilmiş su). Birikintiler için asit iyileştirme işlemi dikkatli bir biçimde değerlendirilmelidir. (özellikle yüksek basınçlı buhar kazanları için)

#### Finansman

Kullanılan metoda, ham besleme suyu kimyası gibi diğer faktörlere, kazan tipine bağlıdır. Yakıt tasarruflarında geri ödeme, buhar sisteminin güvenilirliğin artması ve kazan sisteminin ( kayıp üretim süresi ve ana sermaye masraflarına ilişkin tasarruflar) performans ömrünün artması gibi avantajlardır.

EK 7.10.1.'deki örneklere bakınız.

#### Uygulama için itici güç

Buhar sisteminin güvenilirliğinin artması ve kazan sisteminin performans ömrünün artması

#### Örnekler

Yaygın olarak kullanılanlar

<sup>22</sup> Bu değerler, çelik borularla kaplı ısı transfer kazanı için belirlenmiştir. Isı transferi duman gazlarından başlayarak besleme suyuna kadar gözlemlenmiştir. Hesaplamalara göre, birikim bileşenleri her zaman aynıdır.

Kaynak bilgi

[16, CIPEC, 2002, 29, Maes, 2005, 123, US\_DOE]

### 3.2.7 Kazan blöfünün en aza indirilmesi

Tanım

Blöf oranının en aza indirilmesi enerji kayıplarını azaltır çünkü blöf sıcaklığı kazanda üretilen buharın blöfıyla doğrudan ilişkilidir.

Buhar üretimi sırasında su buharlaştığı için çözünmeyen katılar suda kalır ve bu durum kazandaki çözünmeyen katıların konsantrasyonunu artırır. Tutulan katı maddeler ısı transferinin kalitesini etkileyen çökeltileri oluşturabilir. (bkz. Bölüm 3.2.6). çözünmeyen katılar köpüğe ve kazan suyunun buhara taşınmasına neden olur.

Tutulan ve çözünmeyen katıların (TDS) azaltılması için belirli sınırlar dahilinde aşağıda yer alan iki prosedür otomatik olarak ya da elle uygulanabilir:

- ☐ Dip blöf kazandaki termal alışverişin sağlanması için uygulanır. Birkaç saat içerisinde birkaç saniyelikliğine elle yapılan bir işlemdir
- ☐ Yüzey blöf ya da köpük alma sıvı yüzeye yakın yerlerde konsantre olan çözünmemiş katıları gidermek için tasarlanmıştır ve bu işlem sürekli bir işlem olarak bilinmektedir.

Tahliye edilecek su kalıntılarının blöf daha fazla kayıplara neden olur. Kullanılan buharın %1-3'üne denk gelir. Blöf kalıntılarının , yetkililer tarafından öngörülen sıcaklığa düşürülmesi daha fazla masrafa neden olabilir.

Gerekli blöf miktarının azaltılması için aşağıdaki yöntemler uygulanabilir:

- ☐ Kondensat geri kazanımı (bkz. Bölüm 3.2.13 ve 3.2.15).bu kondensat salında arındırılmıştır ve kazan içerisinde yoğunlaştırılacak hiçbir kirlilik içermemektedir. Kondensatın yarısı geri kazanılırsa blöf%50 oranında azaltılabilir.
- ☐ Besleme suyunun kalitesine bağlı olarak; yumuşatıcılar, karbon ve mineral gidericiler gerekebilir. Buna ek olarak suyun havasının alınması ve şartlayıcıların eklenmesi de gerekebilir. Blöf düzeyi mevcut olan daha fazla konsantre bileşenlerin ya da besleme suyuna eklenen bileşenlerin seviyesiyle alakalıdır. Kazanın doğrudan beslenmesi durumunda %7-8 oranında blöf elde edilebilir. Su önceden ısıtıldığında bu oran %3 ya da daha az olabilir. Otomatik blöf sisteminin kurulumu da ayrı bir seçenektir. Bu kurulum genellikle iletkenliğin incelenmesi ile gerçekleşir. Bu durum güvenilirlik ve enerji kayıpları arasında optimizasyona yol açar. Kazandaki maksimum konsantrasyonun bilinmesiyle, blöf oranı en fazla konsantre olan bileşenle kontrol edilecektir. (38 kazandaki maksimum TAC °C; silika 130 mg/l; klor <600 mg/l). Daha fazla detay için Bkz. EN 12953 – 10
- ☐ Düşük ya da orta seviye basınçla blöfün yakılması, blöfte var olan enerjiyi kıymetlendirmenin başka bir yoludur. Bu teknik, tesis buhar ağının, bu buharın üretildiği basınçtan daha az olduğu durumlarda kullanılır. Bu çözüm blöf içindeki ısının, ısı değiştiricilerle değiştirilmesinden ekserjik açıdan daha uygundur (bkz. Bölüm 3.2.14 ve 3.2.15).

Buharlaştırma sonucunda basınç gazının alınması %1-3 oranında kayba neden olur. Proseste CO<sub>2</sub> temiz sudan ayrılır (103 °C sıcaklıkta aşırı basıncın uygulanmasıyla) . Bu, hava gidericinin havalandırma oranının optimize edilmesiyle en aza indirilebilir. (bkz. Bölüm 3.2.8)

### Elde edilen çevresel faydalar

Enerji miktarı kazandaki basınca bağlıdır. Blöfün enerji içeriği ise aşağıda 3.9 no'lu tabloda gösterilmiştir. Blöf oranı ihtiyaç duyulan toplam besleme suyu yüzdesi olarak gösterilmiştir. Böylece %5'lik blöf oranı, blöf esnasında kazan besleme suyunun %5'inin kayba uğraması ve kalan %95'inin buhara dönüştürülmesi anlamına gelir. Yani, blöf sıklığını düşürerek tasarruf edilebilir.

| Üretilen buharın blöf enerji içeriği kJ/kg |                       |        |         |         |         |
|--------------------------------------------|-----------------------|--------|---------|---------|---------|
| Blöf oranı<br>( kazan veriminin% si)       | kazan çalışma basıncı |        |         |         |         |
|                                            | 2 barg                | 5 barg | 10 barg | 20 barg | 50 barg |
| 1                                          | 4,8                   | 5,9    | 7,0     | 8,4     | 10,8    |
| 2                                          | 9,6                   | 11,7   | 14,0    | 16,7    | 21,5    |
| 4                                          | 19,1                  | 23,5   | 27,9    | 33,5    | 43,1    |
| 6                                          | 28,7                  | 35,2   | 41,9    | 50,2    | 64,6    |
| 8                                          | 38,3                  | 47,0   | 55,8    | 66,9    | 86,1    |
| 10                                         | 47,8                  | 58,7   | 69,8    | 83,6    | 107,7   |
|                                            |                       |        |         |         |         |

Tablo 3.9: blöfün enerji içeriği  
[29, Maes, 2005]

Blöf sıklığı azaltıldığında atık su miktarı düşer. Bu atığın soğutulması için kullanılan enerjiden ya da soğutma suyundan tasarruf edilir.

### Çapraz medya etkileri

Arıtma kimyasallarının ya da iyon giderme ve yenileme işlemlerinde kullanılan kimyasalların tahliyesi

### İşletimsel veri

Optimum blöf oranı; besleme suyunun kalitesine, su arıtmaya, yeniden kullanılan kondensatların oranına, kazan tipine ve işletme koşullarında (akış oranı, çalışma basıncı, yaktı türü gibi) bağlı olarak belirlenir. Blöf oranların tatlı su miktarının %4 ile 8,,i arasında değişir, fakat bu oran ilave su yüksek miktarda katı içeriğine sahipse %10'a kadar çıkabilir. Optimize edilmiş kazan daireleri için blöf oranları; çözünmüş tuzlar yerine artırılmış sudaki ilave oksijen tutucularla ve köpük giderme işlemlerine bağlı olarak ortaya çıkar.

### Uygulanabilirlik

Blöf, kritik seviyelerin altına düşürüldüğünde, köpük ve kazan taşı sorunları yeniden gündeme gelebilir. Tanımda yer alan diğer önlemler (kondensatların geri kazanılması, suyun önceden arıtılması gibi) bu kritik değeri düşürmek için kullanılabilir.

Yetersiz blöf tesisin aşınmasına neden olabilir. Aşırı blöf ise enerji kaybı ile sonuçlanır.

Buharın prosese enjekte edildiği durumlar dışında kondensat dönüşümü genellikle standarttır. Bu durumda kondensat dönüşümüyle blöfün azaltılması mantıklı bir yöntem değildir.

### Finansman

Önemli ölçüde enerji tasarrufu. Enerji, kimyasal, besleme suyu ve soğutma gibi faktörlerde tasarruf elde edilebilir. Bu yüzden ele alınan bu yöntem her durumda geçerliliğini korumaktadır. Detaylı örnekler için EK 7.10.1

### Uygulama için itici güç

☐ finansman

☐ tesis güvenilirliği

### Örnekler

Yaygın olarak kullanılanlar

Kaynak bilgi

[29, Maes, 2005], [16, CIPEC, 2002] [123, US\_DOE, , 133, AENOR, 2004]

### 3.2.8 Hava giderici havalandırma oranının optimize edilmesi

#### Tanım

Hava gidericiler, çözünmeyen gazları kazan besleme suyundan ayıran mekanik araçlardır. Hava giderici, buhar sistemini korozyona neden olan gazlardan korur. Bunu, çözünmemiş oksijeni ve karbondioksiti korozyonun en azan indirilebileceği seviyeye kadar indirerek gerçekleştirir. Yüksek basınçlı kazanlarda (>13,79) korozyonu önlemek için 5 milyarda bir (ppb) seviyedeki ya daha az seviyede çözünmemiş oksijene ihtiyaç vardır. Oksijen konsantrasyonu 43 ppb'ye çıktığında bu durum düşük basınçlı kazanlarda tolere edilebilir, oksijeni 5 ppb'ye sabitleyerek ekipmanın performans ömrü hiçbir masraf gerekmeden uzatılır. Çözünmemiş karbon dioksit hava giderici aracılığıyla tamamen ayrılır.

Verimli bir hava gidericinin tasarımı giderilecek gaza ve istenilen son ( $O_2$ ) gazın konsantrasyonuna bağlıdır. Bu da yine, kondensata döndürülen kazan suyunun ilave oranına ve hava gidericinin işletme basıncına bağlıdır.

Hava gidericiler suyu tam doyma sıcaklığına kadar ısıtmak için buharı kullanırlar. Bu sıcaklık derecesi hava gidericideki buhar basıncına denk gelir ve çözünmeyen gazların ortamdaki taşınmasını sağlar. Buhar akışı paralel, çapraz ya da su akışına karşı olabilir. Hava giderici ;hava giderme bölümünden, depo tankından ve havalandırma kısmından oluşur. Hava giderme kısmında buhar su içerisinde köpüğe döndürür suyu hem ısıtır hem de çalkalar. Buhar, gelen su ile soğutulur ve havalandırma kondensatında yoğunlaştırılır. Yoğunlaştırılmayan gazlar ve birtakım buharlar havalandırma kısmından salınır . Ancak bu minimize edilmiş buhar kaybı ile uygun sıyırma işlemini gerçekleştirmek için optimize edilmelidir. (bkz. işletimsel veri)

Serbest ya da “flaş “ buharındaki ani yükseliş hava giderici hazne basıncında ani artışa neden olur. Bu durum besleme suyunun yeniden oksijenlenmesiyle sonuçlanır. Basınç düzenleme vanası hava gidericide sabit bir basınç seviyesini ayarlamak için kullanılmalıdır.

Elde edilen çevresel faydalar

Buhar havalandırmada gereksiz enerji kayıplarının azaltılması

Çapraz medya etkileri

Bilgi yok.

İşletimsel veri

Hava giderici için sağlanan buhar fiziksel sıyırma işleminin gerçekleştirilmesini, dönüştürülen kondensat karışımının ısıtılmasını ve kazanın ek besleme suyunun doyma derecesine kadar ısıtılmasını sağlar. Buharın büyük bir kısmı yoğunlaşır ancak sıyırma koşullarını yerine getirmek için küçük bir kısmı (genellikle %5-14) havalandırılmalıdır. Normal tasarım uygulamaları ısıtma için gerekli buharı hesaplamaktadır ve daha sonra akışın sıyırma için uygun olduğunu teyit etmektedir. Kondensat geri dönüş oranı yüksekse (>%80) ve hava giderici basıncıyla karşılaştırıldığında kondensat basıncı yüksekse, ısıtma için çok az buhara ihtiyaç duyulur. Ek “flaş” buharının yoğunlaştırılması için ek düzenlemeler yapılabilir.

Sıyırma için kullanılan buhar enerjisi bu buharın yoğunlaştırılmasıyla ve hava gidericiye giren besleme suyu buharındaki ısı değiştiriciyle besleyerek geri kazandırılabilir. (bkz. Bölüm 3.2.5).

Herhangi bir buhar dağıtım sisteminin yenilenmesinin ya da kondensat dönüşünün ardından hava giderici buhar ihtiyacı ve ısı geri kazanımı enerji koruma önlemleri tekrar gözden geçirilmelidir.



Çözünmeyen oksijenleri sürekli olarak gözlemleyen araçlar kurulabilir. Bu sayede yetersiz derecede oksijen gidermeyle sonuçlanan işletme uygulamalarının belirlenmesi kolay hale gelir.

Hava giderici, giren sudaki (havada sürüklenen değil) çözünmeyen oksijeni gidermek için tasarlanmıştır. Serbest hava kaynağı, pompaların emme bölümündeki gevşek boru tesisatı bağlantılarını ve pompaların yanlış paketlenmesini kapsar.

#### Uygulanabilirlik

Buhar sistemlerindeki hava gidericilerle her tesiste uygulanabilir. Optimizasyon devam eden bakım önlemidir.

#### Finansman

Veri yoktur.

#### Uygulama için itici güç

Buharın gereksiz yere havalandırılmasında maliyet kazancı

#### Örnekler

Yaygın olarak kullanılanlar

#### Kaynak bilgi

[123, US\_DOE]

### 3.2.9 Kazanların kısa çevrim kayıplarının en aza indirilmesi

#### Tanım

Kısa çevrim esnasındaki kayıplar, kazanın kısa süreliğine kapatıldığı her vakitte ortaya çıkar. Kazan çevrimi; pürj devresi, pürj sonrası, boş dönem, pürj öncesi ve yakmaya dönüş bölümlerinden oluşur. Pürj devrelerinde ve boş dönemlerde kayıpların bir kısmı modern ve iyi yalıtılmış kazanlarda az olur ancak iç yalıtıma sahip eski kazanlarda bu kayıp hızla artar.

Buhar kazanlarındaki kısa süreli çevrimler sebebiyle oluşan kayıplar- kazan çok kısa bir süre içerisinde gerekli kapasiteyi sağlayabiliyorsa- büyütülebilir. Bu durum, kazanın kapasitesinin genel anlamda ihtiyaç duyulan kapasiteden daha fazla olduğu koşullarda gerçekleşir. Proses için buhar ihtiyacı zamanla değişebilir, bu ihtiyacın periyodik olarak tekrar tekrar değerlendirilmesi gerekir. (bkz. Bölüm 2.2.2). Toplam buhar ihtiyacı enerji tasarrufu önlemleriyle azaltılabilir. Buna alternatif olarak, kazanlar daha sonra genişletme imkanlarına dayanılarak kurulabilir (yalnız hiçbir zaman genişletilmezler).

Dikkat edilecek hususlardan biri, tesisin kurulum aşamasında kazan tipinin seçilmesidir. Alev borusu kazanlarında büyük miktarda ısı atalet ve su içeriği bulunmaktadır. Bunlar, devam eden buhar ihtiyacıyla başa çıkmak ve azami yüke karşılık verebilmek için kurulmuştur. Buhar jeneratörleri ya da su borusu kazanları tam aksine büyük kapasitelerde buharı iletirler. Bunların nispeten daha az su içeriğine sahip olması, değişiklik gösteren yüklere sahip tesisler için su borusu kazanlarını daha uygun hale getirmektedir.

Büyük kapasiteye sahip tek bir kazanın kurulması yerine az kapasiteye sahip çoklu kazanların kurulması kısa çevrimi önler. Sonuç olarak hem esneklik hem de güvenilirlik artmış olur. Üretim verimliliğinin ve her kazan için buhar üretiminin marjinal maliyet verimliliğinin otomatik olarak kontrol edilmesi kazan yönetim sisteminin idare edilmesini sağlar. Bu sebeple ek ısı ihtiyacı kazan tarafından en düşük marjinal maliyetle giderilir.

Yedek kazanın bulunduğu durumlarda değerlendirilebilecek bir seçenek vardır. Bu durumda diğer kazandan gelen suyun yedek kazan aracılığıyla devir daim edilmesi neticesinde kazan sıcaklığı korunabilir. Bu durum, yedek kazan için tedarik edilecek duman gazlarının kayba uğramasını en aza indirir. Yedek kazan doğru hava vanası ile iyi bir şekilde yalıtılmalıdır.

Kazan izolasyonu ya da kazanların değiştirilmesi ile enerji tasarrufu sağlanabilir.

Elde edilen çevresel faydalar  
Veri yoktur.

Çapraz medya etkileri  
Bilinmemektedir.

İşletimsel veri  
Doğru sıcaklıkta yedekte bir kazanın bulunması yıl içinde sürekli olarak enerjiye ihtiyaç duyulmasına neden olacaktır. Bu da kazanın toplam kapasitesinin yaklaşık %8'ine denk gelmektedir. Güvenilirliğin ve enerji tasarrufu faydalarının belirlenmesi gerekmektedir.

Uygulanabilirlik  
Uygun kazan kapasitesinin kullanımının az olduğu durumlarda (%25'ten az) kısa çevrimin olumsuz etkileri daha açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu gibi durumlarda kazan sisteminin değiştirilmesine ilişkin çalışmalar yapılması uygundur.

Finansman  
Bkz. EK 7.10.1.'deki örnekler

Uygulama için itici güç  
☐ maliyet kazancı  
☐ daha iyi sistem performansı

Örnekler  
Veri yoktur.

Kaynak bilgi  
[29, Maes, 2005], [123, US\_DOE]

### 3.2.10 Buhar dağıtım sistemlerinin optimize edilmesi

Tanım  
Dağıtım sistemi, kazandaki buharı çeşitli son kullanım bölgelerine ulaştırır. Dağıtım sistemi pasif gibi görünse de gerçekte bu sistemler buhar dağıtımını düzenler, değişen sıcaklıklara ve basınç ihtiyaçlarına cevap verir. Sonuç olarak, dağıtım sisteminin düzgün performansı dikkatli tasarım uygulamalarını ve etkili bakımı gerektirir. Borular iyi ölçülmeli, desteklenmeli, yalıtılmalı ve yeterli esnekliğe kavuşturulmalıdır. Basınç düşürücü kapaklar ve geri basınç türbinleri gibi basınca ilişkin araçların, diğer buhar ana boruları arasında düzgün bir buhar dengesi sağlamak amacıyla uyarlanması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, dağıtım sistemi; yeterli bağlantı borusu kapasitesi ve uygun buhar tutucunun seçilmesini gerektiren kondensat drenajına olanak sağlamak için yapılandırılmalıdır.

Sistem bakımı oldukça önemlidir. Bu bakımlar:

- ☐ Tutucuların düzgün bir şekilde çalışmasını sağlamak (bkz. bölüm 3.2.12)
- ☐ Yalıtımın kurulmuş ve bakımının yapılmış olduğunu teyit etmek (bkz. bölüm 3.2.11)
- ☐ Sızıntıların saptanmasını ve planlı bir bakım programıyla bakımlarının yapılmasını sağlamak. Bu işlemi kolaylaştıran şeylerden biri operatörlerin sızıntıları fark ettikten sonra gerekli adımları atmalarıdır. Sızıntılar; pompaların emme bölümündeki hava sızıntılarını da kapsar.
- ☐ Kullanılmayan buhar hatlarını kontrol etmek ve bunları ortadan kaldırmak

Elde edilen çevresel faydalar  
Gereksiz kayıplardan enerji tasarrufu

Çapraz medya etkileri  
Veri bulunmamaktadır.

İşletimsel veri

Buhar boruları buharı kazandan alır ve son kullanım bölgelerine taşır. İyi tasarlanmış bir buhar tesisatının boyutları uygun olur, bu sistemi üzerinde ayarlamalar yapılmış ve sistem desteklenmiş olur. Daha büyük çapta boruların döşenmesi daha pahalıya mal olabilir ancak belirlenen akış oranı için daha az basınç düşüşü yaşanır. Bunun yanı sıra büyük boru çapları buhar akışına bağlı olarak ortaya çıkan gürültüyü azaltmaya yardımcı olur. Bunun gibi boru çapı seçilirken buhar borularının nereye monte edileceği düşünülmeli çevre koşulları da göz önünde bulundurulmalıdır. Önemli yapılandırma faktörleri; esneklik ve drenajdır. Esneklik konusunda tesiste açma ve kapama esnasında boruların (özellikle ekipman bağlantılarında) termal reaksiyonlara dayanıklı olması gerekmektedir. Bunun yanı sıra verimli kondensat drenajının sağlanması için borular yeterli miktarda bağlantı borularıyla desteklenmelidir. Ayrıca, bu borular kondensatın bu bağlantı borularına akması için düzgün bir şekilde monte edilmelidir. Bu akış noktaları iki farklı işletme koşulunu da beraberinde getirir: Normal işletim koşulu ve açma işlemi. Her iki yük koşulu da ilk tasarım sırasında dikkate alınmalıdır.

Uygulanabilirlik

Tüm buhar sistemlerinde. Tesisat borularının boyutları, dar virajların azaltılması gibi konular tasarım ve kurulum aşamalarında dikkate alınmalıdır. (önemli onarımlar, değişiklikler ve güncellemeler dahil)

Finansman

- ☐tasarım esnasında boyutların belirlenmesi sistemin performans ömrü boyunca kendini amorti etmesi
- ☐bakım önlemleri ayrıca hızlı geri ödeme sağlar. (sızıntıların azaltılması gibi)

Uygulama için itici güç

- ☐malîyet kazancı
- ☐sağlık ve güvenlik

Örnekler

Yaygın olarak kullanılanlar

Kaynak bilgi

[123, US\_DOE]

### 3.2.11 Buhar borularının ve kondensat dönüş borularının yalıtılması

**Tanım**

Yalıtılmayan buhar boruları ve kondensat dönüş boruları, telafisi kolay ısı kayıplarının kaynağıdır. Tüm ısı zeminlerinin yalıtılması kolay bir işlemdir. Buna ek olarak yalıtımda meydana gelen hasarlar da kolayca tamir edilebilir. İşletme bakımlarında ya da tamirlerde yalıtım çıkarılmalı ya da bu esnada yalıtım değişimi yapılmamalıdır. Vanalar için çıkarılabilir yalıtım levhaları olmayabilir.

Islanmış ya da sertleşmiş yalıtımların yenisiyle değiştirilmesi gerekmektedir. Yalıtım malzemelerinin ıslanması, borularda ya da tüplerdeki sızıntılar sebebiyledir. Yalıtım yenisiyle değiştirilmeden sızıntılar tamir edilmelidir.

Elde edilen çevresel faydalar

Tablo 3.10 Yalıtılmayan buhar hatlarını ve farklı buhar basınçlarını göstermektedir.

| Dağıtım hattı<br>çapı (mm) | 30 m'lik Yalıtılmamış buhar hattında Yaklaşık<br>Isı kaybı (GJ/yıl) |       |      |      |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------|------|------|
|                            | Buhar basıncı (barg)                                                |       |      |      |
|                            | 1                                                                   | 10    | 20   | 40   |
| 25                         | 148                                                                 | 301   | 396  | 522  |
| 50                         |                                                                     |       |      |      |
|                            | 248                                                                 | 506   | 665  | 886  |
| 100                        | 438                                                                 | 897   | 1182 | 1583 |
| 200                        | 781                                                                 | 16252 | 1422 | 875  |
| 300                        | 1113                                                                | 2321  | 3070 | 4136 |

Tablo 3.10: 30 m'lik Yalıtılmamış buhar hattında yaklaşık Isı kaybı  
[123, US\_DOE]'den alınmıştır.

Daha iyi yalıtımlar enerji kayıplarının azaltılması su arıtmada suyun kullanımında ve buna bağlı olan tasarruflarda da katkı sağlar.

Çapraz medya etkileri

Yalıtım malzemelerinin kullanımının artması

İşletimsel veri

Veri yoktur.

Uygulanabilirlik

Temel olarak, 200 °C'lik sıcaklığın altında çalışan ve çapı 20 mm'den fazla olan tüm boru hatları yalıtılmalıdır ve bu yalıtımların durumu periyodik olarak kontrol edilmelidir. (boru tesisatlarının IR ile taranmasından önce) Bunun yanı sıra personelin temasına sebep olacak risk durumunda yani zemin sıcaklığının 50 °C'den fazla olduğu durumlarda bu zeminler yalıtılmalıdır.

Finansman

Hızlı geri ödeme sağlar, ancak süre enerji fiyatlarına, enerji kayıplarına ve yalıtım masraflarına bağlıdır.

Uygulama için itici güç

Diğer tekniklerle karşılaştırıldığında uygulama açısından basittir. Sağlık ve güvenlik

Örnekler

Yaygın biçimde kullanılanlar

Kaynak bilgi

[29, Maes, 2005], [16, CIPEC, 2002]

### 3.2.11.1

### Vanaların ve bağlantı noktalarının üzerine hareketli yalıtıcı pedlerin

#### yerleştirilmesi

#### Tanım

Bakım işlemlerinde, boruları, vanaları ve bağlantı noktalarını saran yalıtım malzemeleri hasar görür, yerinden çıkar ve değiştirilmez.

Bir tesisteki yalıtım farklı bileşenlere göre değişiklik göstermektedir. Modern bir kazanda genellikle kazanın kendisi yalıtılmış olur. Diğer yandan bağlantı noktaları, vanalar ve diğer bağlantılar iyi yalıtılmamıştır. Isı emen zeminler için yeniden kullanılabilir ve hareketli yalıtıcı pedler mevcuttur.

Elde edilen çevresel faydalar

Bu tekniğin verimliliği özel uygulamalara bağlıdır ancak yalıtımdaki eksiklikler nedeniyle yaşanan ısı kayıpları genellikle görmezden gelinir.

Tablo 3.11, çeşitli vana boyutları ve işletmek sıcaklıkları için yalıtıcı vana kapaklarının kullanılması sayesinde elde edilen enerji tasarruflarını gösterir. Bu değerler ASTM C1680'in şartlarını(ısı kaybı ve zemin sıcaklığı hesaplaması) karşılayacak bir bilgisayar programı vasıtasıyla ölçülür. Enerji tasarrufları, yalıtılmayan vana ile, aynı sıcaklıkta çalışan yalıtılmış vana arasındaki enerji kaybı olarak tanımlanır.

| Hareketli vana kapaklarının yerleştirilmesiyle Watt biriminde yaklaşık enerji tasarrufu (W) |                  |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|------|------|------|------|
| işletme sıcaklığı °C                                                                        | vana boyutu (mm) |      |      |      |      |      |
|                                                                                             | 75               | 100  | 150  | 200  | 255  | 305  |
| 95                                                                                          | 230              | 315  | 450  | 640  | 840  | 955  |
| 150                                                                                         | 495              | 670  | 970  | 1405 | 1815 | 2110 |
| 205                                                                                         | 840              | 985  | 1700 | 2430 | 3165 | 3660 |
| 260                                                                                         | 1305             | 1800 | 2635 | 3805 | 4950 | 5770 |
| 315                                                                                         | 1945             | 2640 | 3895 | 5625 | 7380 | 8580 |
| * 20 °C ortam sıcaklığında ANSI-150 üzerinde flanşlı vana ile 25mm kalınlıkta yalıtıcı ped  |                  |      |      |      |      |      |

Tablo 3.11: Hareketli vana kapaklarının yerleştirilmesiyle Watt biriminde yaklaşık enerji tasarrufu (W) [123, US\_DOE]

Yalıtım kapaklarının doğru bir şekilde yerleştirilmesi gürültüyü azaltır.

Çapraz medya etkileri

Bilinmemektedir.

İşletimsel veri

Yeniden kullanılabilir yalıtıcı pedler; flanş vanaları, genişletme bağlantıları, ısı değiştiriciler, pompalar, türbinler, tanklar ve diğer düzensiz alanlar için uygundur ve bu pedler sanayide yaygın olarak kullanılmaktadır. Pedler esnektir ve titreşime dayanıklıdır, dikey ya da yatay monte edilmiş ekipmanlarda ya da ulaşılması zor araçlarda rahatlıkla kullanılabilir.

Uygulanabilirlik

Herhangi bir sıcaklığa sahip boru ya da ekipmanda ısı kaybını ve emisyonları azaltmak, güvenliği artırmak için kullanılabilir. Genel bir kural olarak, personelin temasına ilişkin risklerin ortaya çıktığı 50 °C'den fazla zemin sıcaklığı için yalıtım yapılmalıdır. (bkz. Yalıtım Bölüm 3.2.11). yalıtıcı pedler periyodik bakım için çıkarılabilir ve gerekirse yenileri yerleştirilebilir. Ayrıca yalıtıcı pedler, gürültünün kontrol edilmesi için akustik önleyici özelliğe sahip bir malzeme içerir.

Buhar tutucuların yalıtılması sırasında dikkatli olunmalıdır. Belirli miktarlarda buharın yoğunlaşabileceği ya da belirli miktarda ısıнын emilebileceği durumlarda farklı türdeki buhar tutucular düzgün performans sağlayabilir. (örneğin özel termostatlı ya da termodinamik buhar tutucular)

Bu buhar tutucular gereğinden fazla yalıtılıyorsa işletme performansı üzerinde olumsuz etkiye yol açabilir. Bu yüzden yalıtım yapılmadan önce üreticiye ya da bir uzmana danışmak gerekir.

Finansman

Hızlı geri ödeme sağlar, süre enerji fiyatlarına ve yalıtılacak alana bağlıdır.

Uygulama için itici güç

maliyet kazancı

☐sağlık ve güvenlik

☐

Örnekler  
Yaygın olarak kullanılanlar

Kaynak bilgi  
[29, Maes, 2005], [16, CIPEC, 2002, 123, US\_DOE]

### 3.2.12 Buhar tutucular için kontrol ve tamir programlarının uygulanması

Tanım

Sızan buhar tutucular çok fazla miktarda buhar kaybına ve enerji kayıplarına neden olmaktadır. iyi bir bakım bu sızıntıları etkili bir şekilde azaltabilir. Buhar tutucuların yaklaşık 3-5 yıl kontrol edilmediği buhar sisteminde bunların yaklaşık %30'unun buhar kaçışının önleyemediği ortaya çıkmıştır. iyi bir bakım programına sahip sistemlerde toplam tutucu miktarının yalnızca %5'i ya da daha azı sızma yapmaktadır.

Çeşitli türde buhar tutucular mevcuttur ve bunların her birinin farklı özellikleri ve ön koşulları vardır. Buhar kaçışının kontrolü; akustik ve görsel termal kontrollere ve elektrik iletkenliğine bağlıdır.

Buhar tutucu yerleştirmede, delikli venturi buhar tutucu kullanılabilir. Bazı çalışmalara göre, özel koşullarda bu tutucular kayıpları azaltır ve uzun bir performans ömrü sağlarlar. Ancak delikli venturi buhar tutucunun kullanılmasına ilişkin uzmanlar arasında görüş farklılığı yaşanmaktadır. Herhangi bir durumda, bunun gibi bir tutucu sürekli sızacaktır ve bu yüzden özel hizmetler için kullanılmalıdır. (tasarımları gereği %50-70 oranına çalışan ısı değiştirgeçlerinde)

Elde edilen çevresel faydalar

Tablo 3.12 çeşitli çaplarda sızıntılar sebebiyle ortaya çıkan tahmini buhar kayıpları

| Tahmini tutucu<br>Deliği çapı<br>(mm) | Tahmini buhar kaybı (kg/sa)      |     |      |      |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----|------|------|
|                                       | Yaklaşık buhar basıncı<br>(barg) |     |      |      |
|                                       | 1                                | 7   | 10   | 20   |
| 1                                     | 0,38                             | 1,5 | 2,1  |      |
| 2                                     | 1,5                              | 6,0 | 8,6  | 16,4 |
| 3                                     | 6,2                              | 24  | 34,4 | 65,8 |
| 4                                     | 13,9                             | 54  | 77   | 148  |
| 6                                     | 24,8                             | 96  | 137  | 263  |
| 8                                     | 55,8                             | 215 | 309  | 591  |
|                                       |                                  |     |      |      |

Tablo 3.12: sızan buhar tutucu tahliye oranı  
[123, US\_DOE]

İşletimsel veri

Yıllık çalışmalar tüm buhar tutucuları kontrol eder. Farklı fonksiyon kategorileri Tablo 3.13'te gösterilmiştir.

| Kısaltma | Tanım          | Tanım                                                                                           |
|----------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OK       | Sorun yok      | Olmaması gerektiği gibi çalışır                                                                 |
| BT       | Blöf           | Buhar, tutucudan kaçır. Maksimum buhar kaybı. Değiştirilmesi gerekir.                           |
| LK       | Sızıntılar     | bu buhar tutucudan çıkan buhar kayıpları. Tamir edilmeli ya da değiştirilmeli                   |
| RC       | Hızlı çevrim   | bu termodinamik buhar tutucunun çevrim hızı çok yüksek. Tamir edilmeli ya da değiştirilmeli.    |
| PL       | Tıkanmış       | Buhar tutucu tıkalı kondensat içinden geçemiyor. Değiştirilmeli                                 |
| FL       | Suyla kaplı    | Bu buhar tutucu kondensat akışına dayanmamaktadır. Uygun boyutta bir tutucu ile değiştirilmeli. |
| OS       | Hizmet dışı    | Bu hat hizmet dışıdır.                                                                          |
| NT       | Test edilmemiş | Buhar tutucuya ulaşılamamıştır bu yüzden kontrol edilmemiştir.                                  |

Tablo 3.13: buhar tutucuların çeşitli işletme aşamaları [29, Maes, 2005]

Bir buhar tutucudaki buhar kaybının miktarı aşağıdaki hesaplamalara göre belirlenebilir:

$$L_{t,y} = \frac{1}{150} \times FT_{t,y} \times FS_{t,y} \times CV_{t,y} \times h_{t,y} \times P_{in,t} \times \sqrt{P_{out,t}} \quad \text{Denklemler 3.5}$$

- ☐  $L_{t,y}$  = t tutucusunun y süresince kaybettiği buhar miktarı (ton)
- ☐  $FT_{t,y}$  = t tutucusunun y süresince işletme faktörleri
- ☐  $FS_{t,y}$  = t tutucusunun y süresince yükleme faktörü
- ☐  $CV_{t,y}$  = t tutucusunun y süresince akış katsayısı
- ☐  $h_{t,y}$  = t tutucusunun y süresince işletme süresi t
- ☐  $P_{in,t}$  = tutucusuna giren basınç(atm)
- ☐  $P_{out,t}$  = t tutucusundan çıkan basınç (atm).

işletme faktörü  $FT_{t,y}$  Tablo 3.14'ü temel alır.

|    | Tür          | FT   |
|----|--------------|------|
| BT | Blöf         | 1    |
| LK | Sızıntılar   | 0,25 |
| RC | Hızlı çevrim | 0,20 |

Tablo 3.14: Buhar kapılarındaki buhar kayıpları için işletme faktörleri [29, Maes, 2005]

Yükleme faktörü buhar ile kondensat arasındaki iletişimi dikkate alır. Buhar tutucudan akan kondensat ne kadar çok olursa, buharın geçmesine o kadar az yer kalır. Kondensat miktarı aşağıdaki Tablo3.15'te gösterildiği gibi uygulamaya bağlıdır:

| Uygulama                    | Yük faktörü |
|-----------------------------|-------------|
| Standart proses uygulaması  | 0,9         |
| Damla ve buhar tutucular    | 1,4         |
| Buhar akışı (kondensat yok) | 2,1         |

Tablo 3.15: buhar kayıpları için yük faktörü  
[29, Maes, 2005]

Son olarak borunun boyutu akış katsayısını belirler:

- ☐  $CV = 3,43 D^2$
- ☐  $D = \text{ağız yarıçapı (cm)}$ .

Örnek hesaplama

- ☐  $FT_{t,yr} = 0,25$
- ☐  $FS_{t,yr} = 0,9$  tutucudan geçen buhar miktarı yoğunlaştığı için fakat buhar tutucunun kapasitesine kıyasla doğrudur (bkz. Tablo3.15)
- ☐  $CV_{t,yr} = 7,72$
- ☐  $D = 1,5 \text{ cm}$
- ☐  $h_{t,yr} = 6000 \text{ saat (yıllık)}$
- ☐  $P_{in,t} = 16 \text{ atm}$
- ☐  $P_{out,t} = 1 \text{ atm}$ .
- ☐

Buhar tutucu yılda 1110 ton kadar buhar kaybeder.

Bu durum buhar fiyatının ton başına 15 Euro olduğu tesislerde yıllık 16650 Euro'ya denk gelmektedir.

Buhar; sızıntıdan da öteye tamamıyla kaçırırsa bu miktar yıllık 66570 Euro'ya denk gelmektedir.

Bu sızıntılar, bir işletmedeki tüm buhar tutucular için etkili bir yönetim ve kontrol sisteminin belirlenmesi gerektiğini gösterir.

Uygulanabilirlik

Buhar tutucularındaki sızıntıları saptayan ve buhar tutucuların değiştirilmesi gerektiğini belirleyen bir programa ihtiyaç vardır. Buhar tutucuların performans ömürleri kısadır.

Buhar tutucuların kontrol edilme sıklığı tesis boyutuna, buhar akışının oranına, tutucuların sayısına ve boyutuna, sistemin ve tutucuların durumuna ve yaşına ve uygulanmış bakım programlarına bağlıdır. Başlıca incelemeler ve değişim programları için maliyet kazancı bu faktörlere göre dengelenmelidir. (bazı tesislerde 50 ya da daha az tutucu mevcuttur ve bunların hepsine ulaşmak kolaydır ancak 10000 tutucuya sahip tesisler de bulunmaktadır)

Bazı kaynaklara göre özellikle yüksek basınçlarda çalışan büyük buhar tutucuların(bir saat içerisinde 1 tonluk buhar akışı) içerisindeki ekipmanlar yıllık kontrolden geçirilmelidir, en kritik olanları her yıl tutucuların %25'i oranında kontrol edilmelidir. (örneğin her tutucu en az 4 yılda 1 kontrolden geçmelidir) Bu durum, günümüzde birçok hükümet tarafından zorunlu tutulan LDAR(sızıntı saptama ve onarım programı) programı ile kıyaslanabilir. Örneğin, gelişigüzel bakım yapıldığında tutucuların %20'sinin kusurlu olduğu görülmüştür. Yıllık incelemelerde sızıntılar tutucuların %4-'üne kadar düşürülebilir. Tüm tutucuların yıllık olarak kontrol edilmesi durumunda ise 5 yıl sonra %3 oranına yavaş bir düşüş meydana gelecektir. (eski tutucuların yerine yeni tutucuların yerleştirilmesiyle)



Her durumda, buhar tutucular kontrol edilirken, bypass vanalarını da kontrol etmek fayda sağlar. Bu vanalar genellikle işletimsel sebeplerle ya da buhar tutucunun tüm kondensatı boşaltamadığı durumlarda hatlarda aşırı basıncı ve hasarı engellemek için bazen açılır. En etkili yöntem sorunun kaynağını saptamak ve uygun onarımlar (ana sermaye harcamasına neden olabilir) yapmaktır. Bu yöntem sistemde zayıf enerji ile çalışmaktan daha mantıklıdır.

Otomatik kontrol mekanizması ise her çeşit buhar tutucu için kurulabilir. Otomatik buhar tutucu kontrolleri genellikle aşağıda belirtilen durumlar için uygundur:

- ☐ Yüksek işletim basıncıyla çalışan tutucular, sızıntılar yüksek enerji kayıplarına neden olur
- ☐ işletimi önem arz eden tutucular ve tıkanma sonucunda üretim kaybına ve hasarlara yol açabilecek tutucular

#### Finansman

Değişim maliyetler kusurlu işletim sonucu ortaya çıkan kayıp miktarlarından daha azdır. Sızıntıya bağlı olarak hızlı geri ödeme. Aşağıdaki örneğe bakınız.

#### Uygulama için itici güç

- ☐ maliyet
- ☐ buhar sistemi verimliliğinin artırılması

#### Örnekler

Yaygın olarak kullanılanlar

#### Kaynak bilgi

[29, Maes, 2005], [16, CIPEC, 2002]

### 3.2.13 Yeniden kullanım için kondensatın toplanması ve kazana geri döndürülmesi

#### Tanım

Isı değiştirici ile bir prosese ısı veriliyorsa, buhar enerjiyi gizli ısı olarak bırakır çünkü sıcak suya yoğunlaşır. Bu su kaybolur ya da toplanarak kazana geri dönmesi sağlanır. Kondensatın yeniden kullanılmasının dört amacı vardır:

- ☐ Sıcak kondensatta bulunan enerjinin yeniden kullanılması
- ☐ (ham) ekstra su maliyetlerinden tasarruf edilmesi
- ☐ Kazan suyu arıtma masraflarından tasarruf edilmesi (kondensat arıtılmalıdır)
- ☐ Atık su deşarjı masraflarından tasarruf (uygulanabilir olduğu durumlarda).

Kondensat, atmosferik ve negatif basınçta toplanır. Kondensat çok yüksek basınçlardaki uygulamalarda buhardan çıkar.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Kondensat atmosferik basınca geri döndürüldüğünde eş zamanlı olarak “flaş” buhar üretilmiş olur. Bu da geri kazanılabilir (bkz. Bölüm 3.2.14)

Kondensatın yeniden kullanılması arıtma işlemi için kullanılacak kimyasallarda azalmaya neden olur. Kullanılan ve deşarj edilen su miktarı da aynı zamanda azalır.

#### Çapraz medya etkileri

Veri yoktur.

#### İşletimsel veri

Negatif basınç sistemlerinde hava giderici gereklidir.

**Uygulanabilirlik**

Bu teknik, geri kazanılmış kondensat kirlendiğinde ya da buharın prosese enjekte edilmesi sonucu kondensatın geri dönüşmez olduğu durumlara uygulanamaz.

Yeni tasarımlar ele alındığında, kondensatları potansiyel olarak kirlenmiş ve temiz kondensat olarak ikiye ayırmak mümkündür. Temiz kondensatlar asla kirlenmeyecek kaynaklardan gelenlerdir. (örn. buhar basıncının proses basıncından daha yüksek olduğu ısı değiştirgeçlerinden gelen) (borularda sızma meydana geldiğinde proses bileşenlerinin buhar tarafına geçmesi yerine buhar prosese geçer). Muhtemelen kirlenmiş kondensatlar bir kaza sonucu kirlenmiş olanlardır. (proses tarafındaki basıncın, buhar tarafındaki basınçtan daha fazla olduğu ısı değiştirgeçlerindeki boru yarıkları) Temiz kondensatlar ön tedbirler alınmadan geri kazanılabilir. Muhtemelen kirlenmiş kondensatlar, kirlenme haricinde geri kazandırılabilir (ısı değiştiricisindeki sızıntı gibi). Bu kirlilik TOC ölçümü gibi çevrim için ölçümlerle anlaşılır.

**Finansman**

Kondensat geri kazanımının birçok faydası vardır ve uygulanabilir her durumda dikkate alınması gerekir (kondensat miktarının az olduğu durumlar hariç; prosese buhar eklendiğinde) (bkz. Uygulanabilirlik)

**Uygulama için itici güç**

Veri yoktur

**Örnekler**

Genel olarak uygulananlar.

**Kaynak bilgi**

[29, Maes, 2005], [16, CIPEC, 2002]

**3.2.14 Flaş buharın yeniden kullanılması****Tanım**

Yüksek basınçta kondensatın genleştiği durumlarda flaş buhar oluşur. Kondensat düşük basınçta bulunduğu kondensatın bir kısmı yeniden buharlaşacak ve flaş buhar oluşturacaktır. Flaş buhar hem saf su hem de kondensatta bulunan uygun enerjinin büyük bir kısmını içerir.

Isı değiştiricideki ilave su ile enerji geri kazanımı sağlanabilir. Blöf suyu önceden düşük buharla flaş tankına getirilirse, düşük basınçta buhar oluşacaktır. Bu flaş buhar doğrudan gaz gidericiye gider ve burada tatlı ilave suya karışır. Flaş buhar çözünmeye tuz içermez ve blöfteki enerjinin büyük bir kısmına denk gelir.

Ancak flaş gaz kondensattan daha fazla hacme sahiptir. Dönüşüm boruları basınç artışı olmadan bununla başa çıkmak zorundadır. Aksi takdirde ortaya çıkan geri basınç buhar tutucuların ve bileşenlerin düzgün bir şekilde çalışmasının engelleyebilir.

Kazan dairesinde kondensat gibi flaş buhar gaz gidericideki tatlı besleme suyunu ısıtmak için kullanılabilir. Diğer imkanlar ise hava ısıtma için flaş buharının kullanılmasını kapsamaktadır.

Flash buharı, kazan dairesi dışında bileşenleri 100 °C'den az sıcaklığa kadar ısıtmak için kullanılabilir. Uygulamada 1barg basınç kullanan buharlar da vardır. Flash buharı bu borulara enjekte edilebilir. Ayrıca havanın ön ısıtılması için de kullanılabilir.

Düşük basınçlı buhar gereksinimlerini karşılamak için yüksek basınç buharı kullanılabilir ancak yüksek basınçlı kondensat ile de hesaplı bir yöntem izlenebilir. Yüksek basınçlı buharın kazana geri döndürülmesi ekonomik açıdan uygun değilse indirgen atmosferli fırınlama tekniği kullanılabilir.

Elde edilen faydalar

Bu faydalar duruma bağlı olarak değişir.

1 barlık basınca sahip kondensatın sıcaklığı 100 °C ve entalpisi 419 kJ/kg'dır. Flash buharı ya da buharlaştırma sonrasındaki buhar geri kazanılıyorsa, toplam enerji içeriği işletmenin iş yüküne dayanır. Kondensat aracılığıyla buhar sistemlerinden ayrılan enerji bileşeni Tablo 3.16'da gösterilmiştir. Ayrıca bu tabloda kondensattaki ve flaş buharındaki enerji miktarı da yer almaktadır.

| Basınç<br>(bar)                                                                                                                                                                                                             | kondensatta<br>atmosferik<br>basınçta<br>(%) | kondensatta +<br>kazan<br>basıncında<br>buharlaştırma<br>sonrası buhar<br>(%) | Flaş buharda geri<br>Dönüştürülebilecek<br>Enerjinin payı<br>(%) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                           | 13,6                                         | 13,6                                                                          | 0,0                                                              |
| 2                                                                                                                                                                                                                           | 13,4                                         | 16,7                                                                          | 19,9                                                             |
| 3                                                                                                                                                                                                                           | 13,3                                         | 18,7                                                                          | 28,9                                                             |
| 5                                                                                                                                                                                                                           | 13,2                                         | 21,5                                                                          | 38,6                                                             |
| 8                                                                                                                                                                                                                           | 13,1                                         | 24,3                                                                          | 46,2                                                             |
| 10                                                                                                                                                                                                                          | 13,0                                         | 25,8                                                                          | 49,4                                                             |
| 15                                                                                                                                                                                                                          | 13,0                                         | 28,7                                                                          | 54,7                                                             |
| 20                                                                                                                                                                                                                          | 12,9                                         | 30,9                                                                          | 58,2                                                             |
| 25                                                                                                                                                                                                                          | 12,9                                         | 32,8                                                                          | 60,6                                                             |
| 40                                                                                                                                                                                                                          | 12,9                                         | 37,4                                                                          | 65,4                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                             |                                              |                                                                               |                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                             |                                              |                                                                               |                                                                  |
| Not: tesis için besleme suyunun yıllık ortalama sıcaklığı yaklaşık 15 °C'dir. Bu rakamlar tesis Tedarik suyunun 15 °C sıcaklıkta ve entalpisinin 63 kJ/kg olduğu duruma göre yapılan hesapların sonucunda ortaya çıkmıştır. |                                              |                                                                               |                                                                  |

Tablo 3.16:atmosferik basınçta kondensatta ve flaş buharında mevcut toplam enerjinin yüzdelik oranı [29, Maes, 2005]

#### Çapraz medya etkileri

Flash buhar, basınçlı kondensatta üretildiğinde kazana geri dönen kondensatın sıcaklığı (ve enerji içeriği) düşer. Ekonomizörün kurulması avantaj sağlar. Ekonomizör, egzoz yığınının besleme suyu akışına daha fazla enerji geri kazandırabilir ve kazan verimliliği artar. Bu en yaygın kullanılan enerji verimliliği kombinasyonudur. Ancak, LP buharının (tüm kaynaklardan) sınırlı uzaklığa taşınabilir olduğunun dikkate gerekir ve indirgen atmosferli fırınlama işleminden gelen düşük buhar için bir kullanım alanı olmalıdır. Birçok durumda (rafineriler ve kimyasal tesisler gibi) ekstra LP buharı bulunmaktadır ve indirgen atmosferli fırınlama işleminden gelen buharın kullanılacağı herhangi bir alan yoktur. Bunun gibi durumlarda en iyi yöntem, flaş buharının atmosfere salınması enerji kaybı olacağı için kondensatı hava gidericiye göndermektir. Kondensata ilişkin sorunla karşılaşmamak için kondensatlar özel bir birimde toplanmalı ve hava gidericiye geri pompalanmalıdır.

Kurulum ve diğer seçenekler gerekli tesisatın ve ekipmanların kurulmasının maliyet kazancına bağlıdır. (bkz. Bölüm 1.1.6)

## İşletimsel veri

Flaş buharının yeniden kullanımı (100 °C'nin altında ısıtma gibi) birkaç durumda mümkündür.

Kondensat borularındaki flaş buharların toplanması, işletmenin performans ömrü boyunca aynı hat üzerinde çeşitli bileşenler eklenebilir ve kondensat geri dönüş borusu geri kazandırılacak kondensat miktarı için çok küçük olabilir. Birçok durumda bu kondensat atmosferik basınçta geri kazanılır, böylece borunun büyük bir kısmı flaş buharla dolar. Kondensat tahliyesinde artış varsa bu borulardaki basınç 1 barg'ın üstüne çıkabilir. Bu da sistem girişinde sorunlara yol açabilir ve buhar tutucuların verimli bir şekilde çalışmasını engeller.

Flaş buharı geri dönüş borusu üzerinde uygun bir noktaya monte edilen flaş tankına boşaltılabilir.

Sonrasında flaş buharı yerel ön ısıtmada ya da 100 °C'nin altındaki ısıtma işlemlerinde kullanılabilir. Aynı zamanda kondensat geri dönüş borusundaki basınç normale düşürülür ve kondensat geri dönüş ağının geliştirilmesini engeller.

Mevcut ağ dikkate alındığında kondensatı daha düşük basınçlarda geri döndürmek başka bir yöntemdir. Bu genelde daha fazla flaş buharı üretimine neden olur ve sıcaklık 100 °C'nin altına düşer.

Buhar kullanılırken (örn. 100 °C'den daha az ısıtma işlemi) ısıtıcı bobindeki gerçek basıncın ve daha sonraki düzenlemelere ait basıncın 1 barın altına düşmesi mümkündür. Bu da kondensatın bobinde emilmesine ve bobini su altında bırakmasına neden olur. Bu sorun, kondensatın düşük basınçta geri kazanılmasıyla aşılabılır. Düşük basınç neticesinde daha fazla flaş buharı elde edilir ve kondensattan daha fazla enerji sağlanır. Bu düşük sıcaklıkta çalışan bileşenler bireysel ağa dönüştürülebilir. Ancak bu düşük basıncı korumak ve dışarıdan borulara sızacak havayı engellemek için ek pompaların kurulması gerekebilir.

## Uygulanabilirlik

Bu teknik, tesisin sahip olduğu buhar ağının, buharın üretildiği basınçtan daha az basınca sahip olduğu durumlarda uygulanabilir. Sonrasında flaş buharının yeniden kullanılması blöfteki ısının ısı değiştirici aracılığıyla değiştirilmesinden ekserjetik olarak daha uygundur.

Teoride düşük sıcaklıktaki enerji kullanımı, temiz buhar yerine flaş buharın kullanılmasına imkân sağlayabilir. Uygulama kolay olmasa da çeşitli araştırma yöntemleri mevcuttur. Petro kimya sanayinde yaygın olarak kullanılabilir.

## Finansman

Flash buharın geri kazanımı tatlı suyun ve bu suyun arıtılmasına ilişkin tasarruflar yapılmasını sağlar. Ancak en büyük tasarruf enerji kısmındadır. Flaş buharların geri kazanılması sıvı kondensatın toplanmasından daha fazla tasarruf sağlar.

Bkz. EK 7.10.1'deki örnekler

## Uygulama için itici güç

- ☐ maliyet kazancı
- ☐ düşük basınçlı buharın kullanılması

## Örnekler

Veri bulunmamaktadır.

## Kaynak bilgi

[29, Maes, 2005, 123, US\_DOE]

### 3.2.15 Kazan blöfünden çıkan enerjinin geri kazanılması

#### Tanım

Kazan ilave suyunun önceden ısıtılması için ısı değiştiricilerin kullanılmasıyla enerji kazan blöfünden geri kazanılabilir. Buhar oranının %4'ünü aşan sürekli blöfe sahip kazanlar, blöf atık ısı geri kazanım işleminin başlatılması için uygundur. Yüksek basınçlı kazanlarla daha fazla enerji tasarrufu yapılabilir.

Bunun yanı sıra, blöfün orta ya da düşük basınçta tutulması mevcut enerjinin değerlendirilmesi için uygulanabilecek bir yöntemdir. (bkz. Bölüm 3.2.14).

#### Elde edilen çevresel faydalar

Blöfteki ısının geri kazanılmasıyla elde edilebilecek enerji tasarrufları Tablo 3.17'de yer almaktadır.

| Blöf kayıplarından elde edilen enerji, in MJ/h <sup>23</sup> |                       |        |         |         |        |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------|--------|---------|---------|--------|
| Blöf oranı                                                   | kazan işletim basıncı |        |         |         |        |
| Kazan veriminin %si                                          | 2 barg                | 5 barg | 10 barg | 20 barg | 50 bar |
| 1                                                            | 42                    | 52     | 61      | 74      | 95     |
| 2                                                            | 84                    | 103    | 123     | 147     | 190    |
| 4                                                            | 168                   | 207    | 246     | 294     | 379    |
| 6                                                            | 252                   | 310    | 368     | 442     | 569    |
| 8                                                            | 337                   | 413    | 491     | 589     | 758    |
| 10                                                           | 421                   | 516    | 614     | 736     | 948    |

Tablo 3.17: blöf kayıplarından elde edilen enerji  
[29, Maes, 2005]

Blöf sıcaklığını düşürerek çevresel düzenlemelere uymak daha kolaydır. Bu düzenlemeler atık suyun belirli bir sıcaklık altında tahliye edilmesini gerektirir.

#### Çapraz medya etkileri

Bilinmemektedir.

#### İşletimsel veri

EK 7.10.1.'deki örneklere bakınız.

#### Uygulanabilirlik

Bkz. Finansman

#### Finansman

Bu tekniklerin verimliliği birkaç yıl içerisinde maliyetlerin geri kazanılmasını sağlar.

#### Uygulama için itici güç

Maliyet kazancı

#### Örnekler

Bkz. EK 7.10.1.'deki örnekler

#### Kaynak bilgi

[29, Maes, 2005], [16, CIPEC, 2002] [123, US\_DOE] CEN EN 12952-15:2003 and CEN EN 12953-11:2003

<sup>23</sup> Bu miktarlar 10 t/h verime ve 20 °C'lik suya sahip kazana ve blöften gelen %88'lik geri kazanım verimliliğine bağlıdır.

### 3.3 Isı geri kazanımı ve soğutma

[16, CİPEC, 2002, 26, Neisecke, 2003, 34, ADENE, 2005, 97, Kreith, 1997]

Isı doğal olarak yüksek sıcaklıktan (ısı kaynağı) düşük sıcaklığa (ısı havuzu) doğru akar. (bkz. Bölüm 1.2.2.2, termodinamiklerin ikinci yasası). Isı bir faaliyetten, bir prosesten ya da bir sistemden akabilir ve çevreye emisyon konusunda kısıtlanabilir:

1. Kaçak kaynaklar (örn. kazan ağızlarındaki radyasyon, yalıtımsız alanlar ya da yalıtımı yetersiz alanlar, taşıyıcılardan sızan ısı)
2. Özel akışlar:
  - Sıcak duman gazları
  - Egzoz havası
  - Soğutma sistemlerinden çıkan soğutucu sıvılar (örn. Gazlar, soğutma suyu, termal yağ)
  - Sıcak ya da soğuk ürün ya da atık ürün
  - Kanalizasyona boşaltılan sıcak ya da soğuk su
  - Kızgın ısı ve dondurucuda kabul edilmeyen kondensat ısısı

Bu ısı kayıpları çoğu zaman “atık ısı” olarak adlandırılır. Ancak ısı ;diğer proseslerde ya da sistemlerde kullanılmak için özel ısı akışlarından geri kazandırılabilir bu yüzden doğru terim “ek ısı” olmalıdır. Okuyucuya yardımcı olması açısından bu bölümde “atık/ek ısı” terimi kullanılmıştır.

Isı akış enerjisine ilişki iki seviye vardır. (ısı “kalite”); bkz. Bölüm 1.2.2.2):

1. Sıcak duman gazı gibi sıcak akışlardan gelen ısı
2. Nispeten soğuk akışlardan gelen ısı (<80 °C gibi). Bunların değerlendirilmesi daha zordur ve ısının ekserjisinin yükseltilmesi gerekmektedir.

Basit durumlarda bu bölümde yer alan teknikleri kullanarak bunlarla başa çıkmak kolaydır. Birden fazla ısı kaynağı /ısı havuzu bulunan daha karmaşık tesislerde, pinç metodu gibi araçları kullanarak, proses-proses ısı değiştirici uygulayarak ya da proses entegrasyonu sağlayarak ısı geri kazanımı için tesis ya da proses seviyesinde incelemeler yapılabilir. (bkz. Bölüm 2.3, 2.4 ve 2.12).

Isı geri kazanım teknolojileri

Isı geri kazanımında en yaygın kullanılan teknikler:

- ☐ Doğrudan kullanım: ısı değiştiriciler ısıyı ek buharda olduğu gibi kullanır. (örn. sıcak duman gazları bkz. Bölüm 3.2.5)
- ☐ Isı pompaları nispeten daha soğuk buharlarda bulunan ısıyı geliştirir böylece normal sıcaklığında göstereceği performanstan daha iyi bir performans göstermesi sağlanır. (örn. yüksek kaliteli enerji girdisi atık/ek ısının enerji kalitesini artırır)
- ☐ Çok etkili evaporasyon gibi çok aşamalı işlemler. Buhar çürütme ve buna ilişkin diğer yaklaşımlar hakkında açıklama yapılmıştır. (bkz. Bölüm 3.11.3.6).

Isı geri kazanım teknikleri araştırılmadan önce ilgili proseslerin optimize edilmesi gerekir. Isı geri kazanım işleminin başlamasının ardından yapılacak optimizasyonlar ısı geri kazanımını olumsuz yönde etkileyebilir, geri kazanım sistemi çok büyük bulunabilir ya da maliyet kazancı olumsuz yönde etkilenebilir.

Daha sonra muhtemel kullanım alanlarını saptamak için atık/ek ısının kalitesinin ölçülmesi gerekir. Isı geri kazanımını atık ısının kalitesi ve kullanım imkanları sınırlar.

Proses hakkında yeterli ve doğru bilgiler edinmek oldukça önemlidir. Isının çıktığı prosesleri ve ısı geri kazanımının dahil edileceği alanları ve prosesleri bilmek gerekmektedir. Atık ısı geri kazanımının başarısızlığa uğramasının ya da zor olmasının başlıca sebebi eksik bilgiler ve proseslerin anlaşılmamasıdır. Hatalar ve başarısızlıklar ısı değiştirici türünün yanlış seçilmesinden daha fazla sorunlara yol açar. Termodinamik hataların dışında atık ısı kaynağının fiziksel özellikleri birtakım sorunlara yol açar en başta iyi bir araştırma yapılmamışsa hangi ısı değiştiricinin seçilmesi gerektiği bilinemez.

Proses işletiminin iyice anlaşılması ve işletme parametrelerinin hangi seviyelere kadar değiştirilebileceğini bilmek ısı geri kazanımının bir prosese başarılı bir biçimde entegre edilmesine yardımcı olur. Detaylı ölçümler ve işletme verilerinin kayıt altına alınması planlama için iyi bir başlangıçtır. Ayrıca bu proses mühendisine düşük maliyetli önlemlerle olası tasarrufları belirlemesinde yardımcı olur.

Buna ilişkin seçenekler:

- ☐ Isının, ortaya çıktığı prosesde kullanılması (örn. resirkülasyon, ısı değiştiricilerin ve ekonomizörlerin kullanımı, bkz. Bölüm 3.2.5)
- ☐ Isının başka bir birimde ya da sistemde kullanılması (atık ısı verimsiz olarak yüksek sıcaklığa sahiptir) bu da ikiye ayrılır:
  - işletme içerisinde farklı birimlerde ya da proseslerde
  - Başka bir işletmede (entegre kimyasal tesisler gibi), ya da daha geniş alanda
  - Bölge ısıtmada. Bkz. Kojenerasyon, Bölüm 3.4.

Atık ısı yeterince yüksek ekserjiye sahip değilse ısı pompaları kullanılarak ekserjisi yükseltilebilir ya da düşük enerji kullanım alanı bulunabilir. (sıcak su ya da HVAC’da ortam ısıtma)

Bu bölümde soğutma (ısı geri kazanımı için önemli bir fırsat olarak) ve iki ana teknik yer alır: ısı değiştiriciler ve ısı pompaları

### 3.3.1 Isı değiştiriciler

#### Tanım

Doğrudan ısıtma, ısı değiştiriciler yoluyla gerçekleştirilir. Isı değiştirici; enerjinin bir sıvıdan ya da gazdan diğer katı zemine transfer edildiği bir araçtır. Bu araçlar; prosesleri ve sistemleri ısıtmak veya soğutmak için kullanılır. Isı Transferi, ısı yayım ve ısı iletimle gerçekleşir.

Nispeten 70 °C gibi düşük sıcaklıktaki ısı ya da aşağıda yer alan sanayilerdeki, 500 °C’ye varan sıcaklıktaki ısılar tahliye edilebilir:

- ☐ Polimer içerikli kimyasallar
- ☐ Gıda ve içecek
- ☐ Kâğıt ve karton
- ☐ Tekstil ve kumaş

Bu aralıktaki sıcaklıklarda, akışkanların çeşidine göre (örn. gaz-gaz, gaz-sıvı, sıvı-sıvı) aşağıda yer alan ısı geri kazanım ekipmanları (ısı değiştiriciler) kullanılabilir:

- ☐ Döner rejeneratör (ısı geçirmez diskler)
- ☐ bobin
- ☐ ısı borusu/termosifonlu ısı değiştiriciler
- ☐ boru şeklinde ısı eşanjörü
- ☐ ekonomizör

- ☐ Yoğunlaştırıcı ekonomizör
- ☐ Sprey kondansatör (sıvı-ısı değiştirici)
- ☐ Dış katman ve boru ısı değiştirici
- ☐ Plakalı ısı değiştirici
- ☐ Plakalı ve dış katman ısı değiştirici

Daha yüksek sıcaklıkta (400 °C'den fazla) demir, demir çelik, bakır, alüminyum, cam ve seramik sanayilerindeki proseslerde gazlardan atık ısının geri dönüştürülmesi için aşağıda bazı metotlara yer verilmiştir:

- ☐ Plakalı ısı değiştiriciler
- ☐ Dış katman ve boru ısı değiştiriciler
- ☐ Isı eşanjörünün bulunduğu radyasyon boruları
- ☐ Isı eşanjörünün bulunduğu ısı yayım boruları
- ☐ Isı eşanjörü buhar sistemleri ve kendinden ısı eşanjörlü kazanlar Statik rejeneratörler
- ☐ Döner rejeneratörler
- ☐ Kompakt seramik rejeneratörler
- ☐ Darbeli yakma rejeneratif kazanlar
- ☐ Radyal tabakalı reküperatif kazanlar
- ☐ integral yataklı rejeneratif kazanlar. Akışkan yataklar genellikle ciddi çalışma koşulları için kullanılır(kâğıt tesislerinde tortu oluşumu)
- ☐ Enerjiyi optimize eden ocaklar

Dinamik ya da ısıkartaya çıkarılmış zemin ısı değiştiriciler; yüksek oranda viskoziteye sahip ürünlerle, kristalleştirme prosesleriyle, evaporasyonla ve tortu giderici uygulamalarla ısıtma ve soğutma işlemleri için kullanılır.

En yaygın olarak kullanılan ısı değiştiriciler, iklimlendirme için kullanılanlardır. Bkz. Bölüm 3.9. Bu sistemler bobin kullanırlar. (serpantin iç boru döşeme).

#### Verimlilik

Isı değiştiriciler özel enerji ile optimize edilmiş uygulamalar için tasarlanmıştır. Bu ısı değiştiricilerin farklı ya da değişken işletim koşulları altında kullanımı yalnızca belli sınırlara bağlıdır. Bunun sonucunda transfer edilen enerjide, ısı transferi katsayısında (U-değeri) ve aracının basınç düşüşünde değişiklikler yaşanacaktır.

Isı transfer katsayısı ve buna bağlı olarak transfer edilen enerji; termal iletkenlikten, zemin koşullarından ve ısı transfer malzemesinin kalınlığından etkilenir. Uygun mekanik tasarım ve malzemelerin doğru seçilmesi, ısı değiştiricinin verimliliğini artırabilir. Maliyet ve mekanik baskılar; malzemenin ve yapısal dizaynın belirlenmesinde önemli rol oynar.

Isı değiştirici aracılığıyla transfer edilen güç, büyük ölçüde ısı değiştirici zeminine bağlıdır. Isı değiştiricinin zemin alanı kanatçıklar kullanılarak genişletilebilir. (örn. kanatçıklı borulu ısı değiştiriciler, katmanlı ısı değiştiriciler). Bu yöntem düşük ısı transfer katsayıları elde etmek için uygundur. (örn. gaz ısı değiştiriciler).

Isı değiştiricilerin zemininde biriken kir ısı transferini azaltır. Kir seviyeleri uygun malzemelerin kullanılmasıyla (çok yumuşak alanlar), yapılandırılmış boyutlarla (spiral ısı değiştiriciler) ya da işletme koşullarının değiştirilmesiyle (sıvı hızının yükseltilmesi) azaltılabilir. Bunun yanı sıra, ısı değiştiriciler otomatik temizleme sistemleriyle temizlenmeli ve monte edilmelidir. (dinamik ya da ısıkartaya çıkarılmış zeminler)



Yüksek akış oranları ısı transfer katsayısını artırır. Ancak artırılan akış oranları yüksek basınç düşüşüne neden olur. Yüksek seviyede akış türbülansı ısı transferini artırabilir ancak basınç düşüşünün artmasına neden olur. Türbülans, damgalı ısı değiştirici plakalarıyla ya da bağlantı paletleriyle üretilir.

Transfer edilen güç, akışkanın fiziksel durumuna bağlıdır. (örn. sıcaklık ve basınç). Havanın birincil aracı olarak kullanıldığı durumlarda, bu hava ısı değiştiricisine girmeden nemlendirilebilir. Bu da ısı transferini artırır.

Elde edilen çevresel faydalar  
ikincil enerji akışları kullanılarak enerji tasarrufu yapılabilir.

Çapraz medya etkileri  
Veri bulunmamaktadır.

Uygulanabilirlik  
Isı geri kazanım sistemleri birçok sanayi sektöründe ve sistemlerde kullanılır ve iyi sonuçlar alınır. Bkz. Yukarıdaki tanım ve Bölüm 3.2

Birçok durumda kullanımı artmıştır. Bu yöntem işletme dışında da kullanılmaktadır. Bkz. Kojenerasyon, Bölüm 7.10.3 ve EK 7.10.3, 7.10.4. Üretim eğrisine denk gelen talepler söz konusu değilse ısı geri kazanım sistemi uygulanmaz.

Finansman  
Geri ödeme süresi altı ay gibi kısa olabileceği kadar 50 yıl kadar uzun da olabilir. Avusturya kâğıt hamuru ve kâğıt sanayinde kompleksin ve farklı sistemlerin geri ödeme süresi 1 ile 3 yıl arasında değişmektedir.

Maliyet kazancı ve geri ödeme (amorti eden ) süreleri ESM REF’de gösterildiği gibi hesaplanabilir.

Bazı durumlarda özellikle de ısıtım tesis dışında kullanıldığı durumlarda kamu kuruluşlarından fon sağlanabilir. Bkz. EK 7.13.

Uygulama için itici güç

- ☐ enerji masraflarının azaltılması, salınımların azaltılması ve yatırımların kısa bir süre içerisinde kendini amorti etmesi
- ☐ proses işletme koşullarının geliştirilmesi. Örn. zemin kirliliğinin azaltılması (ıskartaya çıkarılmış zemin sistemleri), mevcut ekipmanların/akışların geliştirilmesi, sistem basıncındaki düşüşlerin azaltılması (maksimum tesis verimliliğini artıran faktörler)

☐ atıksu ücretlerinde tasarruf

Örnekler

Yukarıdaki tanım bölümünde yer alan sanayiler: kimyasal, gıda ve içecek, kâğıt ve karton, tekstil ve kumaş

- ☐ Avusturya’daki kâğıt hamuru ve kâğıt sanayi
- ☐ Tait Paper, Inverure, Aberdeenshire, UK.
- ☐

Kaynak bilgi

[16, CIPEC, 2002], [26, Neisecke, 2003], [34, ADENE, 2005] [97, Kreith, 1997] [127, TWG]

## 3.3.1.1

**Isı değiştiricilerin bakımı ve denetimi****Tanım**

Isı değiştirici borularının durumunun gözlemlenmesi, eddy akımı (girdap akımı) gözlemleriyle mümkündür. Bu işlem genellikle hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CDF) aracılığıyla simüle edilir. Infrared (kızılötesi) fotoğrafçılık yöntemi (bkz. Bölüm 2.10.1) önemli sıcaklık değişikliklerini ve sıcak noktaları ortaya çıkarmak amacıyla ısı değiştiricilerin dış bölümünde kullanılabilir.

Tortu oluşumu, büyük bir sorundur. Genellikle nehirlerden, haliçlerden ya da denizlerden alınan su, soğutma suyu olarak kullanılır ve böylece biyolojik kalıntılar katman oluşumuna neden olur. Diğer bir sorun ise kazan taşıdır ve kalsiyum karbonat ya da magnezyum karbonat gibi (bkz. Bölüm 3.2.6) kimyasal tortuların birikmesiyle ortaya çıkar. Soğutulan proses, silika gibi kazan taşı birikimine neden olur. (alümina rafinerilerinde) aşağıdaki örneklerle bakınız.

Elde edilen çevresel faydalar

Isı geri kazanımı için ısı değişiminin geliştirilmesi

Çapraz medya etkileri

Kazan taşının giderilmesi için kimyasal maddelerin kullanımı

işletimsel veri

☐ plakalı ısı değiştiriciler, plakaların çözülmesiyle periyodik olarak temizlenmeli ve tekrar monte edilmelidir

☐ borulu ısı değiştiriciler asitli temizleme, kurşunla temizleme ya da suyla delme gibi işlemlerle temizlenir. (son iki işlem hazırlık teknikleri olabilir)

☐ soğutma sistemlerinin soğutulması ve işletimi ICS BREF’de ele alınmıştır.

Uygulanabilirlik

☐ tüm ısı değiştiricilere uygulanabilir

☐ duruma göre özel teknikler seçilir.

Finansman

Isı değiştiricilerin tasarım özelliklerine göre kullanılmaları geri ödeme koşullarını optimize eder.

Uygulama için itici güç

Üretim kapasitesini sürdürmek

Örnekler

Asitle temizleme: Eurallumina, Portovecompany, İtalya. Bkz. EK 7.10.2.

Kaynak bilgi

Infra red: [162, SEI, 2006]

## 3.3.2

**Isı pompaları (mekanik buharın yeniden sıkıştırılması,MVR)****Tanım**

Pompaların başlıca amacı enerjiyi düşük sıcaklık seviyesinden (düşük ekserji), daha yüksek seviyeye dönüştürmektir. Isı pompaları, ısıyı sanayi prosesleri gibi insan yapımı kaynaklardan ya da çevredeki hava, toprak, su gibi doğal ya da yapay kaynaklardan alarak evlerde, ticari alanlarda ya da sanayi uygulamalarında kullanılması için transfer eder. Ancak, pompalar daha çok soğutma sistemlerinde ve dondurucularda kullanılır. Isı zıt yönde transfer edilir yani soğutulan uygulamadan çevreye doğru. Kimi zaman soğutma işleminden gelen aşırı ısı başka alanlarda aynı zamanda ısı talebini karşılamak için de kullanılabilir. Isı pompaları kojenerasyonda ve trijenerasyonda kullanılır. Bu sistemler, çeşitli mevsimsel ihtiyaçlara göre hem ısıtma hem de soğutma hizmeti sağlarlar. Bkz. Bölüm 3.4 ve 3.4.2

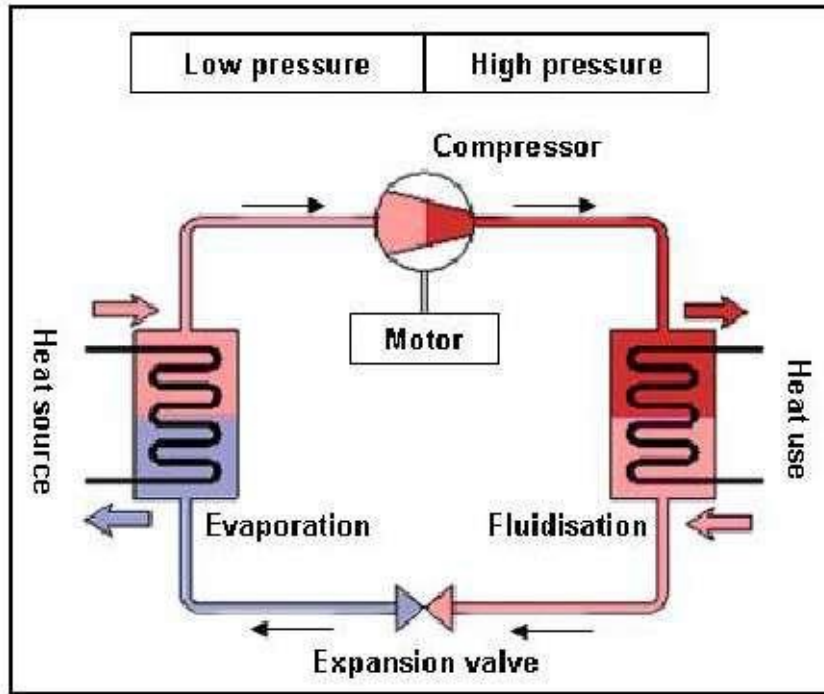
Isının gerekli olduğu alanlara ısı kaynağından ısı transfer etmek amacıyla ısı pompasını çalıştırmak için dış enerji gereklidir. Bu, herhangi bir çeşitte sürücü olabilir. Örn. elektrikli motor, yakma motoru, türbin ya da adsorpsiyon ısı pompaları için ısı kaynağı.

Sıkıştırma ısı pompaları (kapalı çevrim)

En sık kullanılan ısı pompası kompresörle çalışan pompadır. Örneğin; dondurucularda, havalandırma sistemlerinde, soğutucularda, nem gidericilerde, kayadan, topraktan, sudan ya da havadan gelen enerjiyle ısınan ısı pompalarında kullanılır. Normalde büyük işletmelerde bu pompa elektrikli motorla çalışır, buhar türbiniyle çalışan kompresörler kullanılabilir.

Sıkıştırma ısı pompaları saat yönünün tersine çalışan Carnot prosesini (soğuk buhar prosesi) kullanır. Bu proses, kapalı çevrim içerisinde evaporasyon, sıkıştırma, yoğunlaştırma ve genişletme aşamalarından oluşur.

Şekil 3.8, sıkıştırma ısı pompasının çalışma ilkelerini gösterir. Evaporatörde, sirküle eden akışkan atık ısı nedeniyle düşük ve yüksek basınçta buharlaşır. Ardından kompresör basıncı ve sıcaklığı artırır. Bu akışkan kondansatörde sıvı hale getirilir ve prosesde kullanılabilir ısı yayar. Akışkan maddenin daha sonra düşük basınçta genişmesi gerekir. Buharlaşırken ısı kaynağından ısı emer. Bu yüzden ısı kaynağındaki (atık ısı, duman gazı) düşük sıcaklıktaki enerji diğer proseslerde ya da sistemde kullanılmak üzere yüksek sıcaklık seviyesine dönüştürülür.



Şekil 3.8: sıkıştırma ısı pompası [28, Berger, 2005]

Sıkıştırma ısı pompasında verimlilik derecesi performans katsayısı (COP) olarak gösterilmiştir. Bu katsayı ısı çıktısının ısı girdisine oranını gösterir. (elektriğin, kompresör motoruna oranı gibi) Gerekli enerji girdisi elektrik enerjisi girdisinin kompresör motoruna oranıyla etkilenir.

Sıkıştırma ısı değiştiricinin COP'u şu şekilde hesaplanır:

$$COP_r = \frac{Q_c}{Q_h - Q_c} \quad \text{Denklem 3.6}$$

$$COP_{hp} = \frac{Q_h}{Q_h - Q_c} \quad \text{Denklem 3.7}$$

Dondurma sistemleri ve ısı pompaları için  $COP_r$  ve  $COP_{hp}$  performans katsayılarıdır,  $Q_c$  ve  $Q_h$  ise soğuk ve sıcak sistemle değiştirilen ısıdır.

Carnot verimliliği, ortalama sıcaklık değişimlerindeki değişmez katsayı olarak düşünülebilir.

Sıkıştırma ısı pompaları 6 COP'a kadar ulaşabilir. Bunun anlamı: kompresördeki 1kWh elektrik enerjisi girdisiyle 6kWh'lık ısı çıktısı elde edilebilir. Katıdan- enerjiye dönüşüm işletmelerinde (W-t-E) çıktı ısı ve kompresör gücü(ısının, güce oranı) arasındaki oran 5 olabilir.

Ancak, COP yalnızca bir kararlı hal için geçerlidir. Bu yüzden, bu katsayı ısı pompasının verimliliğinin oranını belirlemek için yeterli olmayabilir çünkü kararlı ha uzun zaman dilimi için geçerli değildir. Uygulamada, sadece mevsimsel verimlilik (SOE) ısı pompasının verimliliğini belirleyebilir. Bunun yanı sıra, ısı kaynağından enerji elde etmek için uygulanan ek enerji, ısı pompasının enerji verimliliği belirlenirken dikkate alınmalıdır.

İyi bir mevsimsel verimliliğe sahip olmak için aşağıdaki gereklilikler yerine getirilmelidir:

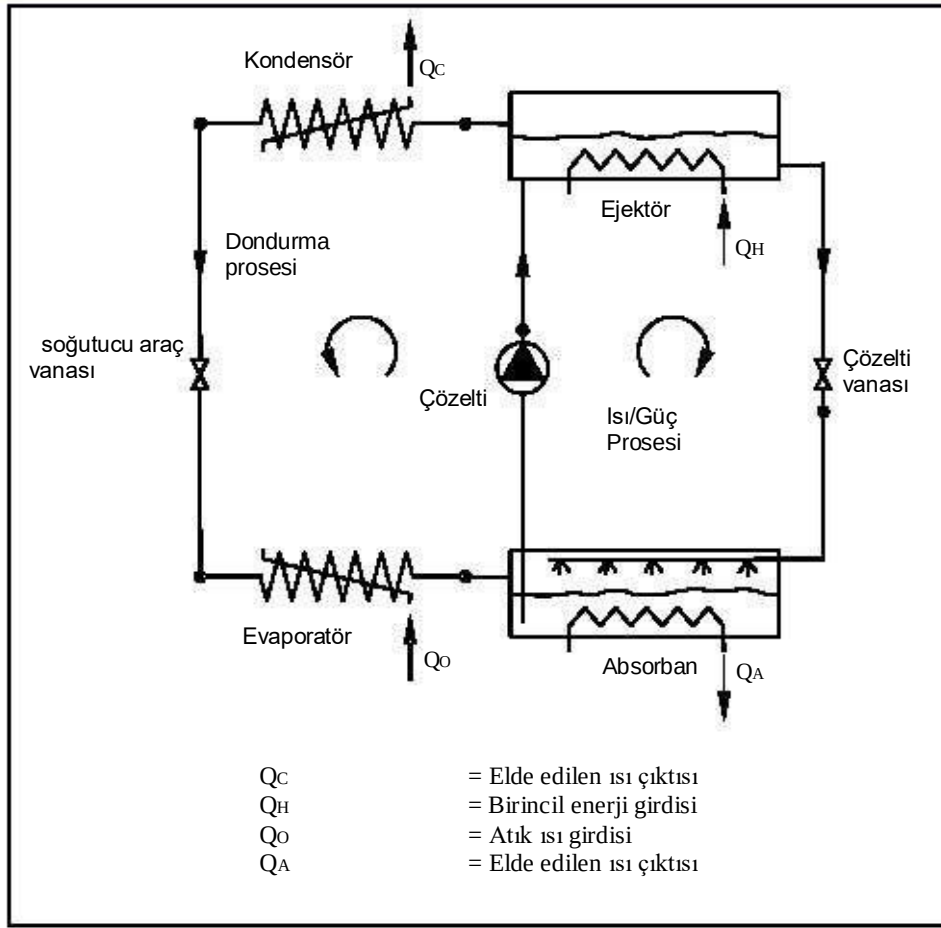
- ☐
- ☐ Isı pompasının iyi kalitede olması
- ☐ Yüksek ve sabit ısı kaynağı sıcaklığı (ek ısı ortam havasından daha iyidir)
- ☐ Düşük ısı havuzu(çıkıtı) sıcaklığı
- ☐ Tüm bileşenlerin optimize edilen tüm sisteme entegrasyonu (örn. Isı pompası, ısı kaynağı, ısı havuzu, kontrol, ısı dağıtımı)

### Absorpsiyon ısı pompaları

Absorpsiyon ısı pompaları endüstriyel uygulamalarda çok yaygın olarak kullanılmaz. Kompresör çeşidi gibi aslında bu pompa da soğutma için tasarlanmıştır. Ticari ısı pompaları jeneratör, kondansatör, evaporatör ve absorber aracılığıyla kapalı çemberdeki suyla çalışır. Sıkıştırma yerine tuz çözeltisinde su absorpsiyonu ile sirkülasyon yapılır. (absorblayıcıdaki lityum bromid ya da amonyak)

Şekil 3.9, absorpsiyon ısı pompasının temel ilkelerini gösterir: absorpsiyon ısı pompasında evaporatörden (buharlaştırıcıdan) gelen gazlı akışkan (soğutucu birim) sıvı çözelti tarafından absorbe edilir ve proses içerisinde ısı üretilir. Zenginleştirilen bu çözelti basınçtaki artışla birlikte bir pompa aracılığıyla ejektöre dönüştürülür. Bu işlemten sonra akışkan (soğutucu birim) dış ısı (örn. Doğal gaz kazanı, sıvı petrol gazı (LPG) ya da atık ısı) kullanılarak iki madde karışımından ayrılır. Absorber/ejektör basıncı artan bir etkiye sahiptir (termal kompresör) gazlı madde yüksek basınçta ejektörü terk eder ve kondansöre girer. Burada sıvılaştırılır ve prosese faydalı ısı gönderir.

Çözelti pompasının çalıştırabilmek için gerekli enerji girdisi, sıkıştırma ısı pompasının çalışması için gerekli enerjiyle karşılaştırıldığında düşüktür. (bir sıvıyı pompalamak için gerekli enerji, sıkıştırma ve gaz taşıma için gerekli enerjiden daha azdır.)



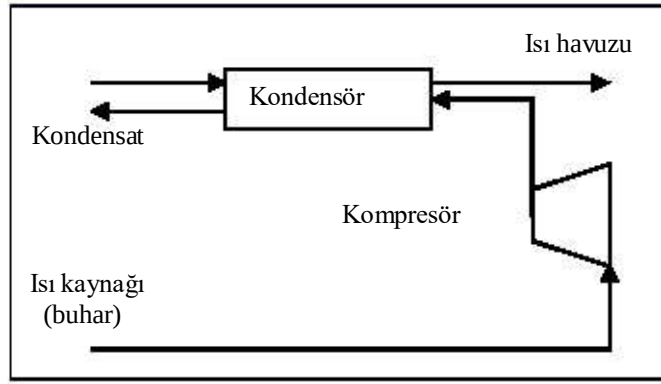
Şekil 3.9: Absorpsiyon ısı pompası  
[28, Berger, 2005]

Absorpsiyon pompalarında verimlilik derecesi ısı verimliliği katsayısı olarak gösterilir. Bu, ısı çıktısının yakıt enerjisi girdisine oranı olarak belirlenir. Atık ısı ejektörde ısı kaynağı olarak kullanılırsa, ısı verimliliği yerine termal katsayı kullanılır. Termal katsayı ısı çıktısının, atık ısı girdisine oranı olarak tanımlanır. Modern absorpsiyon pompaları 1,5 oranında ısı verimliliği katsayısına ulaşabilir. Çıktı ısı ile absorber gücü arasındaki oran normalde 1,6'dır. İşletilen malzeme karışımı olarak su/lityum bromid kullanan mevcut sistemlerin çıktı sıcaklık derecesi 100 °C'dir ve sıcaklık yükseltme derecesi 65 °C'dir. Yeni jenerasyon sistemler daha yüksek verim sıcaklıklarına (260 °C'ye kadar) ve daha yüksek sıcaklık yükseltme derecesine sahiptir.

#### Mekanik buhar yeniden sıkıştırma (MVR)

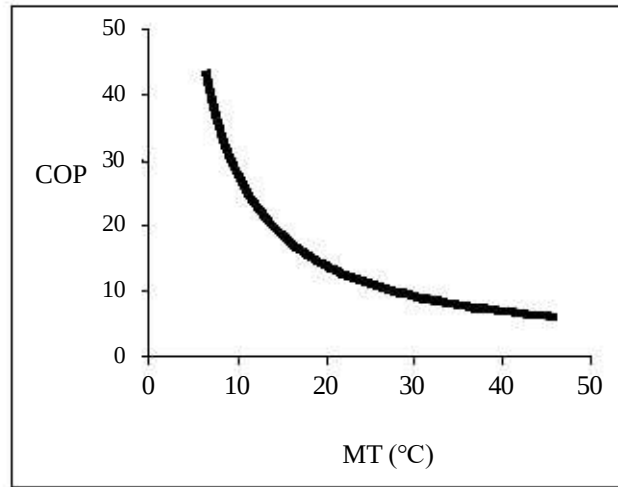
MVR açık ya da yarı açık ısı pompasıdır (ısı pompa sistemleri). Düşük basınçlı buhar, kazan, evaporatör ya da fırın gibi sanayi proseslerinden çıkar, sıkıştırılır ve yüksek sıcaklık verilerek yoğunlaştırılır. Bu işlem yapılırken taze buharı ve diğer birincil enerjileri değiştirir. Kompresörü çalıştırmak için gerekli enerji alına ısısının yalnızca %5-10'u kadardır. MVR işletmeleri için basit akış tablosu Şekil 3.10'da yer almaktadır.

Buhar temiz ise doğrudan kullanılabilir yalnız kirlenmiş buharlar için ısı değiştiriciler (kazan) şarttır. Bu da yarı açık bir sistemdir.



Şekil 3.10: basit MVR işletmesi  
[18, Åsbland, 2005]

MVR’de, ısıyı değiştiricilerin biri ya da ikisi ortadan kaldırıldığında (evaporatör ve/veya diğer ısı pompalarındaki Kondensör) verimlilik genellikle fazla olur. Verimlilik “performans katsayısı (COP)” olarak tanımlanır. Alınan ısıнын ve milin performansının kompresöre oranı olarak belirlenir. Şekil 3.11’de MRV işletmeleri için COP değerleri sıcaklık artışı karşısında gösterilmiştir. MRV işletmeleri için normal COP değerleri 10 ile 30 arasındadır.



Şekil 3.11: MRV sisteminde COP karşısında sıcaklık yükselişi [18, Åsbland, 2005]

MRV işletmeleri için COP 3.8 no’lu Denklem ile gösterilmiştir:

$$\text{COP} > \frac{Y_{\text{kazan}}}{Y_{\text{güç tesisi}} + Y_{\text{dağıtım}}} \quad \text{Denklem 3.8}$$

Denklemde 3.8:

- ☐  $Y_{\text{kazan}}$  tesiste ya da sanayide kazan verimliliği
- ☐  $Y_{\text{güç tesisi}}$  ulusal şebeke için elektrik üreten tesisin verimliliğidir.
- ☐  $Y_{\text{dağıtım}}$  elektrik ağında dağıtım kayıplarına denk gelir.

Böylece elektrik yoğunlaştırıcı güç tesisinde üretiliyorsa COP’nin enerji tasarruflu olması için değerinin 3’ten fazla olması gerekir. Uygulamada tüm MRV işletmeleri bunun altındaki COP değerlerine sahiptir.

Elde edilen çevresel faydalar

Isı pompaları, enerji çıktısından daha az birincil enerji tüketimiyle düşük sınıf ısı akışının geri dönüştürülmesini sağlar.(COP'ye bağlı olarak ve iyi bir mevsimsel verimlilik için gerekli koşulların sağlanması durumunda) bu durum işletme içerisinde ya da çevre alanlarda ısıtma gibi faydalı uygulamalarda düşük sınıf ısısının kullanılmasını sağlar. Bunun sonucunda birincil enerjinin kullanımı ve özel uygulamalarda karbondioksit(CO<sub>2</sub>),sülfür dioksit(SO<sub>2</sub>), nitrojen oksit (NO<sub>x</sub>) gibi gaz salınımları azalır.

Herhangi bir ısı pompa sisteminin verimliliği kaynaktan havuza doğru sıcaklık yükselişine bağlıdır.

Çapraz medya etkileri

Dondurucuların kullanılması sonucunda sızıntılardan, sıkıştırma işleminin sona erdirilmesinden ve ısı pompaların absorpsiyonundan kaynaklanan çevresel etkiler (özellikle sera gazı etkisi)

İşletimsel veri

Yukarıda ısı pompasına ilişkin tanımlara bakınız.

Uygulanabilirlik

Kompresör sistemleri: kullanılan sıvılar çıktı sıcaklığını 120 °C'ye kadar sınırlar.

Absorpsiyon sistemleri: su/lityum bromid ile işletilen sıvının sıcaklığı 100 °C ve sıcaklık yükselişi ise 65°C'dir.

Yeni sistemlerin çıktı sıcaklığı (260 °C'ye kadar) daha yüksektir ve daha fazla sıcaklık yükselişine sahiptir

70-80 °C ısı kaynağı ile çalışan mevcut MVR sistemleri ısı kaynağı sıcaklığı ve 110-150 °C'lik alınan ısı sıcaklığı ile çalışırlar. Hatta bu derece bazı durumlarda 200 °C'ye kadar ulaşabilir. Sıkıştırılan en yaygın buhar su buharıdır. Bunun yanı sıra diğer proses buharları da özellikle petrokimya sanayinde kullanılabilir.

Bir sanayide kombine ısı ile güç üretiminin durumu çok daha karmaşıktır. Örneğin, geri basınç türbinleriyle türbinlerde kaybolan iş dikkate alınmalıdır.

Uygulanabilirlik

Isı pompaları, soğutma ekipmanlarında ve sistemlerde kullanılır (giderilen hava genellikle dağılır, bkz. bölüm 3.9)

Bu da teknolojilerin güçlü ve iyi geliştirilmiş olduğunu göstermektedir. Teknoloji ısı geri kazanımı için daha geniş uygulama alanı sağlar.

- ☐ Ortam ısıtma
- ☐ Proses ısılarının ısıtılması ve soğutulması
- ☐ Yıkama, hijyen ve temizlik su ısıtma
- ☐ Buhar üretimi
- ☐ kurutma/nem giderme
- ☐ evaporasyon
- ☐ damıtma
- ☐ Yoğunlaştırma (dehidrasyon).

Bunlar ayrıca kojenerasyon ve trijenerasyon kullanılır.

Sanayide en yaygın atık ısı buharları; soğutma sıvıları, pis su, kondensat, nem ve dondurma tesislerinden çıkma Kondensör ısısıdır. Atık ısı tedarikindeki dalgalanmalar sebebiyle, ısı pompalarının sabit bir şekilde işletilmesini sağlamak amacıyla büyük (yalıtılmış) depolama tanklarının kullanılması önemlidir.

Adsorpsiyon ısı pompaları büyük miktarda atık ısı olduğunda tesislerde soğutma sistemleri için uygundur.

Birçok MVR işletmesi; damıtma, evaporasyon, kurutma gibi birim işlemlerinde yer almaktadır ancak buhar dağıtım ağı için buhar üretimi oldukça yaygındır.

Sanayide ısı geri kazanımı için nispeten daha az ısı pompası monte edilir ve bu montaj işlemi yeni uygulamaların tesislerin ya da önemli güncelleştirmelerin planlanması sırasında gerçekleştirilir Bkz.( Bölüm 2.3).

Yakıt fiyatlarının yüksek olduğu durumlarda ısı pompaları daha hesaplı olmaktadır. Sistemlerin fosil yakıtlarla yakılan sistemlerden daha karmaşık olmaya meyilli olduğu görülür. Ancak teknoloji gittikçe gelişmektedir.

#### Finansman

Finansman büyük oranda yerel koşullara bağlıdır. Sanayide itfa dönemi en erken 2 yıldır. Bu durum bir yandan pompaların kullanımıyla tasarrufları düşüren düşük enerji fiyatlarıyla diğer tarafta da ilgili yüksek yatırım masraflarıyla açıklanabilir.

MVR işletmesinin kar oranı , yakıt ve elektrik fiyatlarının yanı sıra kurulum masraflarına bağlıdır. İsveç Nymölla'da yer alan bir işletmenin kurulum masrafı yaklaşık 4.5 milyon Euro'dur .(aşağıdaki örneklere bakınız.) İsveç Enerji ajansı yaklaşık 1.0 milyon Euro miktarında fon sağlamıştır. Kurulum döneminde yıllık tasarruflar 1,0 milyon Euro olarak hesaplanmıştır.

#### Uygulama için itici güç

- ☐işletimsel enerji masraflarından tasarruf
- ☐kazan kapasitesinin sınırlayıcı bir faktör olduğu durumlarda yeni bir kazan için araştırma yapmak yerine işletme, üretimi artıracak araçlar sağlar.

#### Örnekler

- ☐Dåvamyren, Umeå, İsveç: atık- enerji tesisinde kompresörlerle çalışan ısı pompaları
- ☐Renova Göteborg, İsveç: absorpsiyonla çalışan ısı pompaları
- ☐Borlänge, Halmstad and Tekniska Verken, Linköping, İsveç, W-t-E tesisleri ve biyoyakıt kazanları, İsveç: MVR Isı pompaları
- ☐StoraEnso sülfür fabrikası, Nymölla, İsveç. Mekanik yeniden sıkıştırma sistemi 1999'da kurulmuştur. Isı kaynağı siyah likörün ön evaporasyonundan çıkan eksoz buharıdır. 84 °C sıcaklığa sahip kirlenmiş buhar yaklaşık 5 °C daha az sıcaklıkta ve 0,45 barg basınçta temiz buhar üretmek amacıyla buhar/buhar ısı değiştirici (ısı değiştirgeci)içerisinde önce yoğunlaştırılır. iki aşamalı kompresör basıncı 1,7 barg yükseltir ve buhar kompresörden akar, su enjeksiyonuyla kızgınlığı giderildikten sonra 21 t/s'ye eşit olur. Buhar, düşük basınçlı buhar sisteminde dağıtılır ve ön evaporasyon, besleme suyu ısıtma ve bölge ısıtmada kullanılabilir. Mekanik kompresör geri basınç türbini tarafından çalıştırılır. Mil gücü yaklaşık 2MW'dır. Ortaya çıkan ilk sorunlardan sonra işletim tecrübeleri iyi sinyaller vermiştir. MVR, kazandaki akaryakıt tüketimini yıllık 7000-7500 ton miktarınca düşürür.
- ☐MVR, kompresörün basit elektrikli motorla çalıştığı durumlarda küçük çaplı işletmelere adapte edilebilir.

#### Kaynak bilgi

[21, RVF, 2002], [26, Neisecke, 2003], [28, Berger, 2005] [18, Åsblad, 2005], [114, Caddet Analysis Series No. 28, 2001], [115, Caddet Analysis Series No. 23], [116, IEA Heat Pump Centre]



### 3.3.3 Soğutucular ve soğutma sistemleri

Soğutucular ya da soğutma sistemleri ICS BREF’de detaylı olarak ele alınmıştır. Isı değiştiricilerin suyla ve /veya havayla kullanılması ile atık ısının herhangi bir araçtan ayrılması amacıyla bu terimler ısı değiştiricilerle sınırlandırılmıştır. Bu ısı değiştiriciler bu araçların sıcaklığını ortam seviyelerine çekmektedir. Bazı soğutucular dondurucu olarak buz ya da kar kullanır. ICS BREF, dondurma sistemlerinin belirli bir bölümünü ele alır fakat amonyak, F gazları, CFCler, CO<sub>2</sub> ve HCFCs<sup>24</sup> gibi dondurucu maddelere ilişkin bilgilere yer vermez. Ayrıca doğrudan temaslı soğutma ve barometrik kondansörler, çok özel bir konu olması dolayısıyla değerlendirmeye alınmamıştır.

Aşağıda yer alan endüstriyel soğutma sistemleri ya da düzenlemeler ICS BREF’de yer almaktadır:

- ☐ Açık soğutma sistemleri (soğutma kuleleri, ya da soğutma kuleleri olmadan
- ☐ ) Açık ve resirküle eden (tekrar dolaştıran) soğutma sistemleri (ıslak soğutma kuleleri)
- ☐ kapalı devre soğutma sistemleri
  - havayla soğutulmuş soğutma sistemleri
  - kapalı devre ıslak soğutma sistemleri
- ☐ kombine ıslak/kuru (hibrid) soğutma sistemleri
  - açık hibrid soğutma kuleleri
  - kapalı devre hibrid kuleleri

Soğutma sistemleri, teknikler ya da işletimsel uygulamalar ve bireysel proseslerin farklı termodinamik özellikleri konusunda faaliyet alanları oldukça geniştir. Ancak ICS BREF’in ortaya koyduğu sonuçlara göre:

"öncelikle, soğutulacak proseslerde MET yaklaşımı benimsenir. Endüstriyel proseslerin soğutulması ısı yönetimi olarak kabul edilebilir ve bu bir tesis içerisinde toplam enerji yönetiminin bir parçasıdır. Önleyici yaklaşım sanayi prosesleriyle başlar, ısı dağılımını gerektirir ve ilk fırsatta ısı tahliyesine duyulan ihtiyacın azaltılmasını amaçlar. Aslında ısı tahliyesi enerjinin israf edilmesidir ve bunun gibi uygulamalar MET değildir. Isının proses içerisinde yeniden kullanılması, soğutma ihtiyaçlarının değerlendirilmesinde ilk adım olmalıdır"

"İkinci olarak, soğutma sisteminin tasarlanması ve oluşturulması özellikle yeni tesislerde ikinci önemli adımdır. Bu nedenle, proses tarafından üretilen atık ısının miktarı ve seviyesi belirlendiğinde atık ısıda daha fazla azalma meydana gelmez. Soğutma sisteminin önceden seçilmesi, proses gereksinimleri ışığında gerçekleştirilebilir." ICS BREF’den alınan Tablo 3.18 proses özelliklerine yönelik bazı örnekleri ya da buna denk gelen başlıca MET yaklaşımını ele alır.

<sup>24</sup> HCFC’ler ve CFC ozon tabakasına zarar veren maddelerdir. Her iki maddenin de kullanımı aşamalı olarak azaltılmaktadır bu maddelerin alternatifleri ise: CO<sub>2</sub>, F-gazları ve amonyaktır.

| Proses özellikleri                                        | Kriter                                                                                                          | Başlıca MET yaklaşımı              | Açıklama                                                                         | ICS BREF'deki referans |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| dağılan hava seviyesi (yüksek) (>60 °C)                   | Su ve kimyasal Kullanımının azaltılması<br>Toplam enerji verimliliğinin artırılması                             | kuru hava ile (ön) soğutma         | Enerji verimliliği ve Soğutma sistemlerinin Boyutları sınırlayıcı Faktörlerdir.  | Bölüm 1.1/1.3          |
| dağılan ısı seviyesi (orta) (25-60°C)                     | toplam enerji verimliliğinin artırılması                                                                        | Belirli değil                      | Tesise özgü                                                                      | Bölüm 1.1/1.3          |
| Dağılan ısı seviyesi (düşük) (<25 °C)                     | toplam enerji verimliliğinin artırılması                                                                        | Su soğutma                         | Tesis seçimi                                                                     | Bölüm 1.1/1.3          |
| Düşük ve orta ısı Seviyesi ve kapasite                    | su tasarrufu ile optimum düzeyde toplam enerji verimliliği ve duman bulutunun gözle görülür şekilde azaltılması | Islak ve hibrid Soğutma sistemleri | Kuru soğutma yer ihtiyacı nedeniyle pek Uygun değildir. Enerji Verimliliği kaybı | Bölüm 1.4              |
| Yüksek çevresel risk içeren ve soğutulan Zararlı maddeler | sızıntı riskinin azaltılması                                                                                    | Dolaylı soğutma sistemleri         | Artışların kabul edilmesi                                                        | Bölüm 1.4 ve EK VI     |

Tablo 3.18: ICS BREF de yer alan MET ve proses gerekliliklerine yönelik örnekler

Proses özelliklerinin yanı sıra, tesisin kendisi, özellikle yeni tekniklerde uygulanabilir bazı sınırlar ortaya koyabilir. Bu sınırlar Tablo 3.19'da gösterilmiştir.

| Tesis özellikleri                                  | Kriter                                                                                      | Başlıca MET yaklaşımı                                                                                                                                                                                      | Açıklama                                                                                                                       | ICS BREF'deki referanslar   |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| iklim                                              | Gerekli tasarım sıcaklığı                                                                   | kuru ve ıslak termometreyle değişikliklerin gözlemlenmesi ve değerlendirilmesi                                                                                                                             | Kuru ve ıslak termometreyle ölçülmüş Sıcaklıklarda kuru hava Soğutma işlemi daha az Enerji verimliliği sağlar                  | Bölüm 1.4.3                 |
| Yer                                                | tesisteki sınırlı zemin                                                                     | (daha önceden monte edilmiş) Çatı sistemlerinin inşa edilmesi                                                                                                                                              | Soğutma sisteminin Boyutuna ve ağırlığına Göre sınırlar                                                                        | Bölüm 1.4.2                 |
| Zemin suyu                                         | Sınırlı imkanlar                                                                            | resirküle eden sistemler                                                                                                                                                                                   | Islak, kuru ya da hibrid                                                                                                       | Bölüm 2.3 ve 3.3            |
| Termal yükler için su kaynağı Alımındaki Hassaslık | Termal yükleri Ayarlamak için Kapasiteye uyum sağlamak                                      | <input type="checkbox"/> ısının tekrar kullanılma seviyesinin optimizasyon<br><input type="checkbox"/> resirküle eden sistemleri kullanmak<br><input type="checkbox"/> tesis seçimi (yeni soğutma Sistemi) |                                                                                                                                | Bölüm 1.1                   |
| Yer altı suyunun Sınırlı miktarda bulunması        | Yer altı suyu Kullanımının en aza indirilmesi                                               | Yeterli miktarda alternatif su kaynağı yoksa, havayla soğutma                                                                                                                                              | enerjiye ilişkin cezaların kabul edilmesi                                                                                      | Bölüm 3.3                   |
| Kıyı bölgesi                                       | Yüksek kapasite >10 MW <sub>th</sub>                                                        | Açık devre sistemleri                                                                                                                                                                                      | yerel termal dumanın giriş noktasından uzak tutulması (sıcaklık katmanlarını kullanarak karışım alanının altında derin su ile) | Bölüm 1.2.1 ve 3.2, EK XI.3 |
| Özel tesis gereklilikleri                          | baca dumanının azaltılmasına ilişkin zorunluluk durumunda ve kule yüksekliğinin azaltılması | hibrid <sup>25</sup> soğutma sistemi kullanmak                                                                                                                                                             | enerjiye ilişkin cezaların kabul edilmesi,                                                                                     | Kısım 2                     |

Tablo 3.19: MET ICS BREF'de ve MET'de tesis özelliklerine ilişkin örnekler

<sup>25</sup> Hibrid soğutma sistemleri gözle görülür dumanı azaltmak için ıslak ve kuru işleme imkân sağlayan özel mekanik kule tasarımlarıdır. Düşük ortam havası sıcaklığında kurutma sistemleri gibi sistemlerin çalışmasıyla (özellikle küçük hücre tipi birimler) yıllık su tüketiminde tasarruf sağlanabilir ve gözle görünür dumanın oluşumu azaltılabilir.

Çevresel etkileri azaltmak için soğutma sisteminin optimize edilmesi karmaşık bir işlemdir ve bunu kıyaslayacak matematiksel bir işlem de bulunmamaktadır. Diğer bir deyişle, MET tablolarından alınan tekniklerin birleştirilmesi MET soğutma sistemlerine yol açmaz. Son MET çözümü, tesise özel bir çözüm olacaktır. Ancak sanayideki tecrübelerle dayanarak MET üzerinden bazı sonuçlar çıkarılabilir.

Kaynak bilgi

[237, Fernández-Ramos, 2007]

### 3.4 Kojenerasyon

[65, Nuutila, 2005], [97, Kreith, 1997].

Kojenerasyonun teşviki hakkında 2004/8/EC sayılı Direktif, kojenerasyonu “bir proseste termal enerjinin ve elektrik enerjisinin ve/veya mekanik enerjinin eş zamanlı olarak üretimi” olarak tanımlar. Ayrıca “kombine ısı ve güç” (CHP) olarak da bilinir. Kojenerasyon için tercih edilebilecek bağlamlar sunan enerji vergileri konulu 2003/96/EC ve sayılı Direktif’in Avrupa Topluluğu tarafından kabul görmesiyle kojenerasyona olan ilgi artmıştır. Enerji verimliliği konusunu ele alan Yeşil Belge, enerji üretiminde ve iletiminde kayıplara, bu kayıpları ortadan kaldırmak için ısı geri kazanımına ve yerleştirilmiş kojenerasyona ılık tutar.

Bu bölüm farklı kojenerasyon uygulamalarını ve bu uygulamaların farklı durumlara göre uygulanabilirliğini ele alır. Uygulamalar günümüzde küçük çapta maliyet kazancı sağlamaktadır.

#### 3.4.1 Farklı türdeki kojenerasyonlar

##### Tanım

Kojenerasyon tesisleri kombine hava ve güç üreten tesislerdir. Tablo 3.20, farklı kojenerasyon teknolojilerini ve bunların ısı oranına denk gelen gücünü ele alır.

| Kojenerasyon teknolojisi                                                                                                                     | Isı oranına denk Gelen güç, °C |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Kombine çevrim gaz türbinleri, (atık ısı geri kazanım kazanları ile kombine Edilmiş gaz türbinleri, buhar türbini aşağıda ele alınmıştır.    | 0,95                           |
| Buhar türbini tesisleri (geri basınç)                                                                                                        | 0,45                           |
| Ara buharlı kondensasyon türbini (geri basınç, kontrol edilmeyen ara buharlı kondensasyon türbinleri ve ara buharlı kondensasyon türbinleri) | 0,45                           |
| Isı geri kazanım kazanlarına sahip gaz türbinleri                                                                                            | 0,55                           |
| içten yakmalı motorlar (Otto ya da dizel(yenileyici) motorlar, ısı yardımcıları)                                                             | 0,75                           |
| Mikrotürbinler                                                                                                                               |                                |
| Stirling motorları                                                                                                                           |                                |
| Yakıt hücreleri (ısı yardımcılıyla)                                                                                                          |                                |
| Buhar motorları                                                                                                                              |                                |
| Organik Rankin çevrimi                                                                                                                       |                                |
| diğer türler                                                                                                                                 |                                |

Tablo 3.20:Kojenerasyon teknolojilerinin listesi ve ısı oranına denk gelen güç [146, EC, 2004]

Üretilen elektrik miktarı üretilen ısı miktarıyla karşılaştırılır ve genellikle ısı oranına denk gelen güç olarak belirtilir. Üretilen elektrik miktarı üretilen ısıdan az olduğunda bu oran 1’dir. Enerjinin ısıya oran oranı gerçek verilere dayanmalıdır.

Yıllık yük karşısında zaman eğrisi CHP’nin ve CHP’nin boyutlarının belirlenmesinde kullanılabilir

Atık- enerji tesisleri (W-t-E)

Atıktan enerji geri dönüşümü tesisleri için ,WI BREF ve WFD<sup>26</sup> eşdeğer faktörler ve değerler içerir. Bunlar aşağıda yer alan faktörler için kullanılabilir:

- Enerji geri kazanımı verimliliğinin hesaplanmasına ilişkin katsayılar ve/veya tesis verimliliği faktörleri
- Enerjinin değişik kalitelerinin kıyaslama amacıyla özetlenmesi

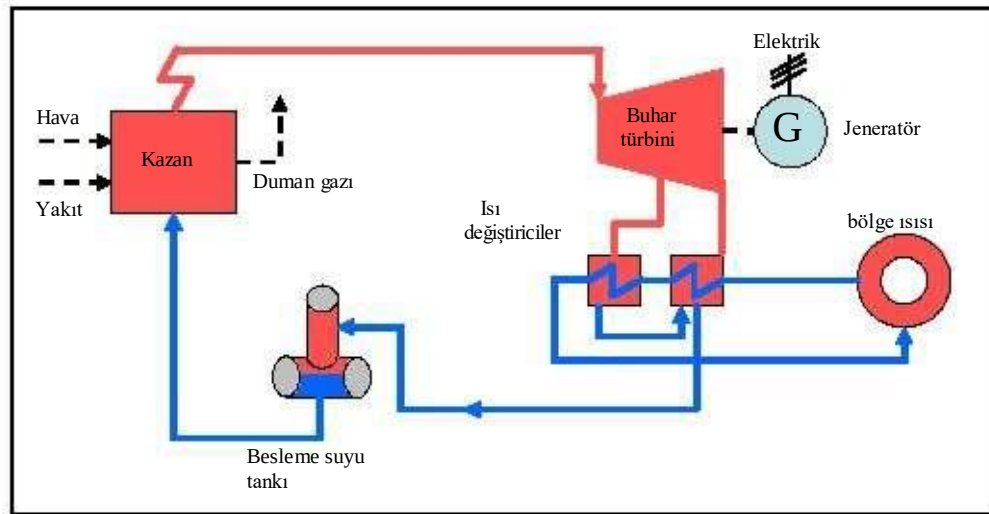
Bu yolla, farklı enerji türleri değerlendirilebilir ve enerji karışımı çıktısı ,ısı, buhar ve elektrik olarak özetlenebilir. Bu dönüşüm faktörleri kendiliğinden üretilen enerji ile W-t-E tesisleri için dışarıda üretilen enerji arasında kıyaslamalar yapmaya yardımcı olur. Buna göre Avrupa’da güç tesislerinde dışarıdan elektrik enerjisi üretiminin dönüşüm verimliliği ortalama %38 (bkz. EK 7.10.3) iken bu oran dış ısıtma tesislerinde %91’dir. Enerjinin yakıt ya da buhar olarak kullanımında muhtemel kullanım oranı %100’dür. Farklı enerji ölçüm birimlerindeki (MWh, MWhe, MWhh) kıyaslamalar dikkate alınabilir.

#### Geri basınç

En basit kojenerasyon tesisi yaygın olarak bilinen “geri basınç güç tesisi”dir. Burada CHP elektrik ve buhar bir buhar türbininde üretilir. (bkz. Şekil 3.12) geri basınç prosesinde çalışan buhar türbini tesislerinin elektrik kapasitesi genellikle birkaç düzine megawattır. Gücün ısı oranına denkliği ise yaklaşık 0,3-0,5’tir. gaz türbini tesislerinin güç kapasitesi buhar türbini tesislerinden biraz daha azdır. Ancak gücün ısı oranına denkliği 0.5’e yakındır.

Endüstriyel geri basınç gücü miktarı bir prosesin ısı tüketimine, yüksek basıncın özelliklerine, orta dereceli basınca ve geri basınç buharına bağlıdır. Geri basınç buharı üretiminin ana belirleyici faktörü gücün ısı oranına denkliğidir.

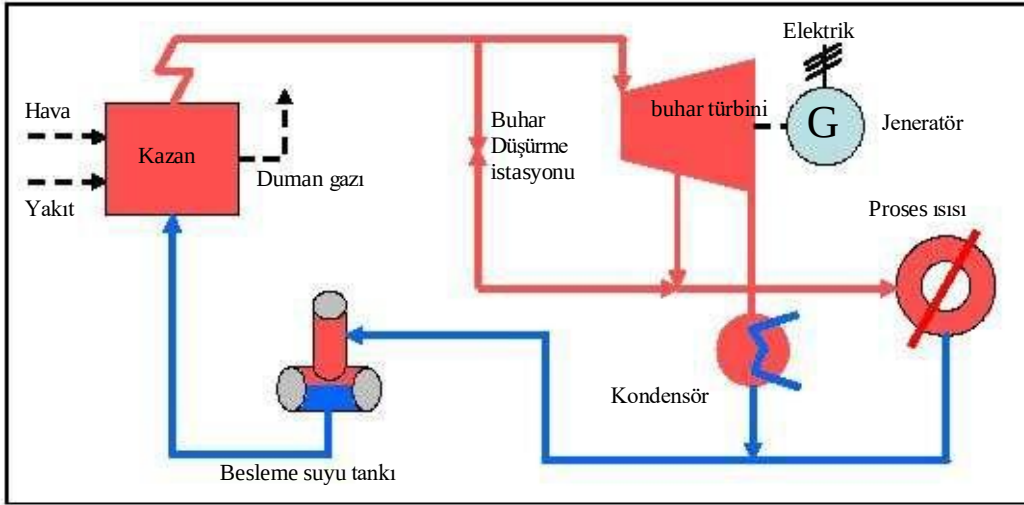
Bölge ısıtan güç tesislerinde buhar, buhar türbininin altındaki ısı değiştiricilerde yoğunlaştırılır ve tüketicilere sıcak su olarak gönderilir. Sanayi tesislerinde geri basınç güç tesislerinden gelen buhar, ısısını koruduğu fabrikayı besler. Bölge ısıtan güç tesislerindeki geri basınç, endüstriyel geri basınç tesislerindeki geri basınçtan daha düşüktür. Bu da endüstriyel geri basınç güç tesisindeki gücün ısı oranına denkliğinin, bölge ısıtan güç tesislerinden neden daha düşük olduğunu gösterir.



Şekil 3.12: geri basınç tesisi  
[65, Nuutila, 2005]

## Ara basınçlı kondensasyon

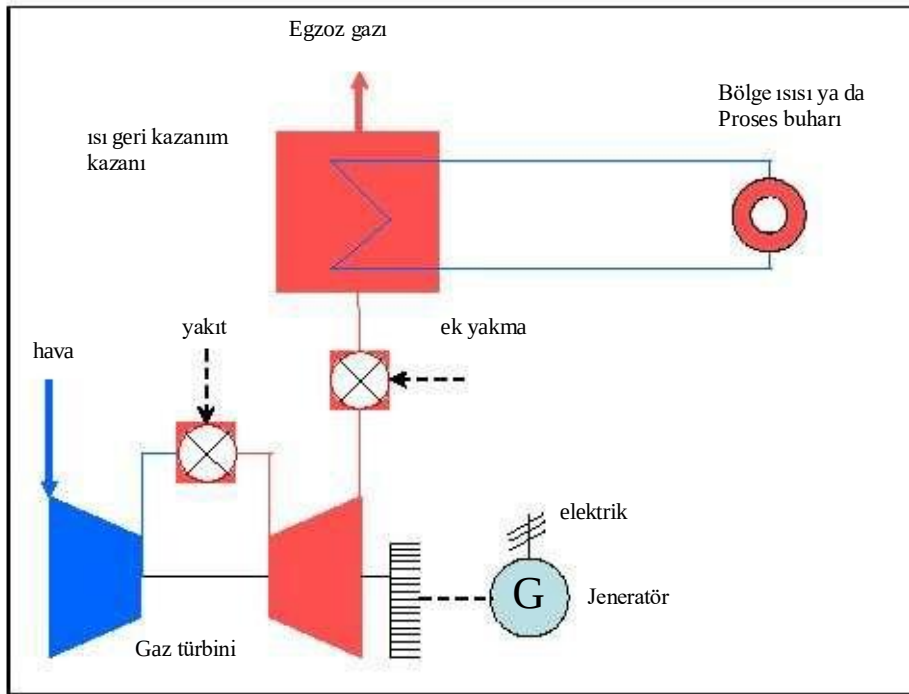
Yoğunlaştırma güç tesisi yalnızca elektrik üretir ancak ara basınçlı yoğunlaştırma gücü tesisinde ise ısı üretmek için türbinden buhar alınır. (bkz. Şekil 3.13) Buhar tedariki ile Bölüm 3.2’de açıklanmıştır.



Şekil 3.13: ara buharlı kondensasyon tesisi  
[65, Nuutila, 2005]

## Gaz türbinli ısı geri kazanım kazanı

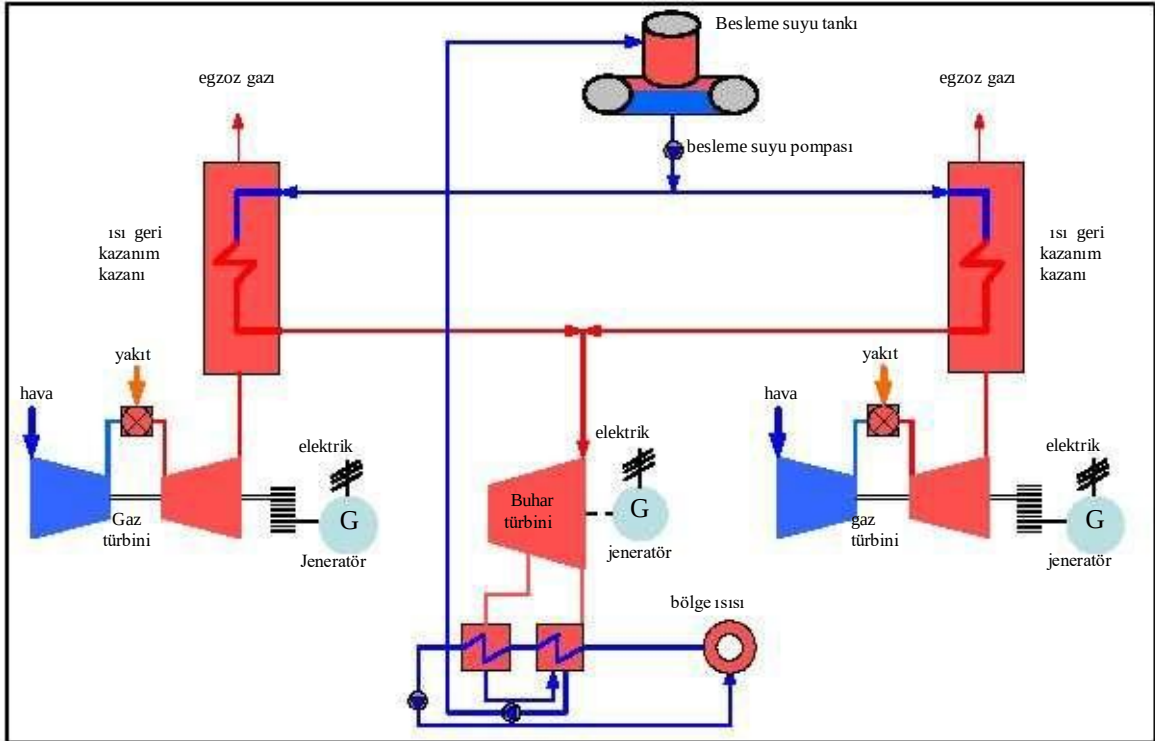
Gaz türbinli ısı geri kazanım kazanlarında ısı, türbinin sıcak duman gazlarıyla üretilir. (bkz. Şekil 3.14) birçok durumda doğal gaz, yağ ya da bunların karışımı kullanılır. Gaz türbinleri gazlı katı maddelerle ya da sıvı yakıtlarla da yakılabilir.



Şekil 3.14: gaz türbinli ısı geri kazanım kazanı  
[65, Nuutila, 2005]

### Kombine çevrim güç tesisi

Kombine çevrim güç tesisi bir ya da birden fazla buhar türbinine bağlanmış bir ya da birden fazla gaz türbinlerinden oluşur. (Bkz. Şekil 3.15). Kombine çevrim güç tesisi genellikle kombine ısı ve güç üretimi için kullanılır. Gaz türbini prosesinin egzoz gazlarından çıkan ısı buhar türbini prosesi için geri kazanılır. Birçok durumda geri kazanılan ısı daha sonra ısıtma amaçları için kullanılmak yerine daha fazla elektrığe dönüştürülür. Sistemin faydası yüksek oranda güç-ısı oranı ve yüksek verimliliğidir. Yakma teknolojilerindeki en son gelişme, katı yakıtın gazlaştırılmasının kombine çevrim tesisleriyle ve kojenerasyonla bağlantılı olmasıdır. Gazlaştırma tekniği sülfür ve nitrik oksit salınımlarını büyük ölçüde düşürecektir. Hatta bu düşüş gaz arıtma uygulamaları, gazlaştırma aşağı akımı ve gaz türbiniyle kombine edilen çevrimin yukarı akışı gibi yöntemleri kullanan konvansiyonel yakma teknikleriyle elde edilen salınımların azaltılmasından daha etkilidir.



Şekil 3.15: kombine çevrim güç tesisi  
[65, Nuuttila, 2005]

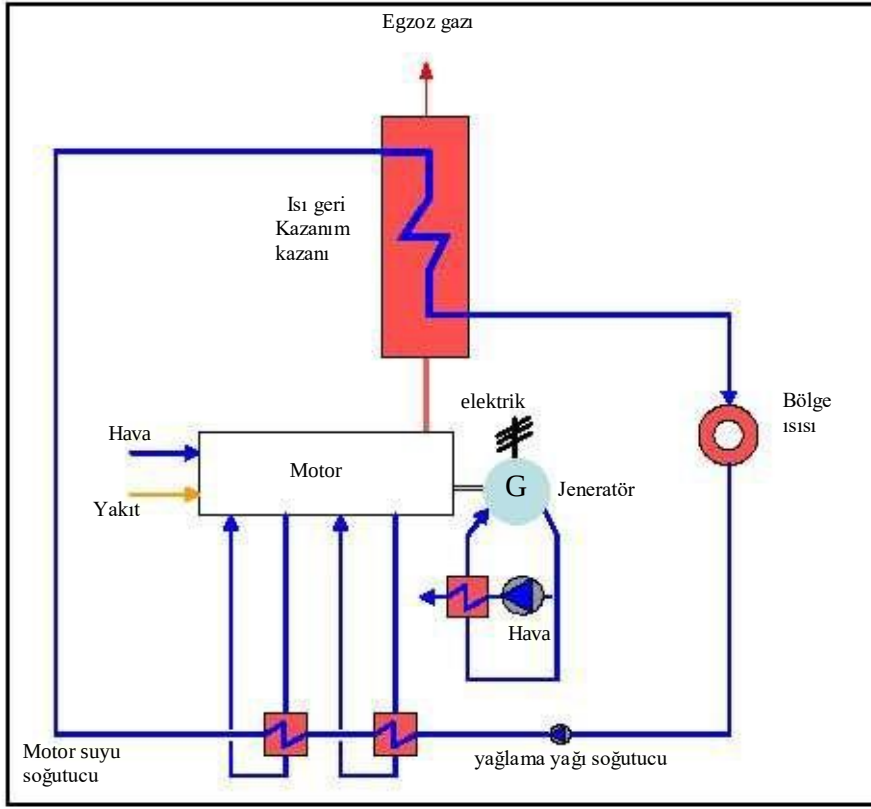
### içten yakmalı motorlar (yenileyici motorlar)

içten yakmalı ya da yenileyici motorlarda ısı yağlama yağından, motor soğutma suyundan ya da Şekil 3.16'da gösterildiği gibi egzoz gazlarından geri kazanılır.

içten yakmalı motorlar kimyasal bağlı enerjileri yakma yoluyla termal enerjiye dönüştürür. Duman gazının genişmesi piston hareketini zorlayarak silindir içerisinde gerçekleşir. Piston hareketinden çıkan mekanik enerji ana mil ile volana transfer edilir ve volana bağlı alternatör ile elektrığe dönüştürülür. Yüksek sıcaklıktaki termal genişlemenin mekanik enerjiye doğrudan dönüşmesi ve buradan da elektrik enerjisine dönüşmesi içten yakmalı motorlara en yüksek termal verimliliği (kullanılan yakıt birimi başına üretilen elektrik enerjisi) sağlar (tek çevrim itici güçler arasında) Ayrıca en düşük CO<sub>2</sub> salınımı elde edilir.

Hızları düşük (<300 rpm) iki zamanlı motor 80 MW<sub>e</sub> birim boyutuna kadar kullanılabilir. Orta hızlı (300 < n < 1500 rpm) dört zamanlı motorla 20 MW<sub>e</sub> birim boyutuna kadar kullanılabilir. Orta hızlı motorlar genellikle devam eden güç üretim uygulamaları için tercih edilir. Yüksek hızlı (>1500 rpm) dört zamanlı motorlar 3 MW<sub>e</sub> ye kadar kullanılabilir ve doruk yük uygulamalarında en yaygın olarak kullanılan motor çeşididir.

En çok kullanılan motor türleri dizel, buji/mikro ateşlemeli motor ve çift yakıtlı motorlardır. Bu motorlar için birçok yakıt alternatifi bulunmaktadır: doğal, maden (kömür yatağı) biyo ve hatta piroliz gazları, sıvı biyoyakıtlar, dizel yağı, ham petrol, ağır akaryakıt, yakıt emülsiyonları ve rafineri kalıntıları.



Şekil 3.16: içten yakmalı ya da yenileyici motor  
[65, Nuutila, 2005]

Sabit motorlu tesisler (örn. taşınabilir jeneratörler hariç) paralel olarak çalışan ve birçok motor tarafından çalıştırılan jeneratör dizilerini içerir. Çoklu motor kısmi yükte çalıştırıldığında daha yüksek verim sağlayacağı için farklı yük talepleriyle optimal düzeyde eşleşme sağlar, operasyona esneklik kazandırır. Soğuk çalışma süresi, kömür- yağ ya da gazla çalıştırılan buhar türbinleri ya da kombine çevrim gaz türbinli tesislerle karşılaştırıldığında daha kısadır. Çalışan motorun iletişim ağına karşılık verme yetisi daha yüksek olur ve böylece şebekenin daha kolay stabilize edilmesine yardımcı olur.

Kapalı radyatör soğutma sistemleri bu teknolojiye uygundur. Sabit motorun su tüketimini daha az seviyede tutar.

Kompakt tasarımları motorları dağıtılmış kombine ısı ve güç üretimi için (CHP) daha uygun hale getirir ve bu motorlar elektrige, kentsel ısı tüketicilerine ve sanayi bölgelerine daha yakın olabilir. Böylece dönüşüm kanallarında ve ısı transfer borularında buna ilişkin enerji kayıpları azaltılacaktır. Merkez elektrik üretiminde dönüşüm kayıpları ortalama olarak üretilen enerjinin %5-8'ine denk gelmektedir. Yani yerleşim alanlarına dağıtılan ısıdaki enerji kayıpları %10'dan az olabilir. En fazla dönüşüm kayıpları düşük voltajlı şebekelerde ve ev içi bağlantılarda meydana gelmektedir. Diğer yandan daha büyük tesislerde elektrik üretimi genellikle daha verimlidir.



içten yakmalı motorların yüksek tek çevrim verimliliği, yüksek egzoz gazları ve yüksek soğutucu su sıcaklıkları CHP çözümleri için bu motorların uygun olmasını sağlar. Yakıt yakma işleminde salınan enerjinin yaklaşık %30'u egzoz gazlarında vardır ve %20'si de soğutma suyu buharlarında bulunmaktadır. Egzoz gazı enerjisi motorun aşağı akış yönündeki kazanının bağlanmasıyla geri dönüştürülebilir. Bu işlemle buhar, sıcak su ya da sıcak yağ üretilir. Sıcak egzoz gazı ısı değiştiricilerle doğrudan ya da dolaylı olarak kurutma proseslerinde kullanılabilir. Soğutma suyu buharları düşük ve yüksek sıcaklık devrelerine ayrılabilir. Geri kazanım potansiyelinin derecesi, ısı tüketici tarafından kullanılacak en düşük sıcaklıkla alakalıdır. Soğutma suyu enerji potansiyelinin tamamı, düşük dönüş sıcaklıklarına sahip bölgesel ısıtma şebekelerinde geri kazanılabilir. Egzoz gazı kazanı ve ekonomizörle bağlantılı olan motor soğutma ısısı kaynakları, yakıtın sıvıyla birlikte (elektrik+ısı geri kazanımı) %85'e kadar kullanımını ve gaz uygulamalarında ise %90 varan kullanımı sağlar.

Isı enerjisi son kullanıcının ihtiyaçlarına göre buhar (20 bara kadar kızdırılabilir), sıcak su ya da sıcak yağ olarak son kullanıcılara ulaştırılabilir. Isı ayrıca soğutulmuş su üretiminde absorpsiyon soğutucu proses tarafından kullanılabilir.

Absorpsiyon ısı pompaları, motordaki düşük ısı soğutma devresinden daha yüksek sıcaklığa enerji transfer ederken kullanılabilir. Bu enerji yüksek dönüş sıcaklığı sağlayan bölge ısıtma ağında kullanılabilir. Bkz. Bölüm 3.4.3.

Sıcak ve soğuk su aküleri kısa süre içerisinde elektrik ve ısıtma/soğutma ihtiyacı arasındaki dengesizlikleri ortadan kaldırmak için kullanılabilir.

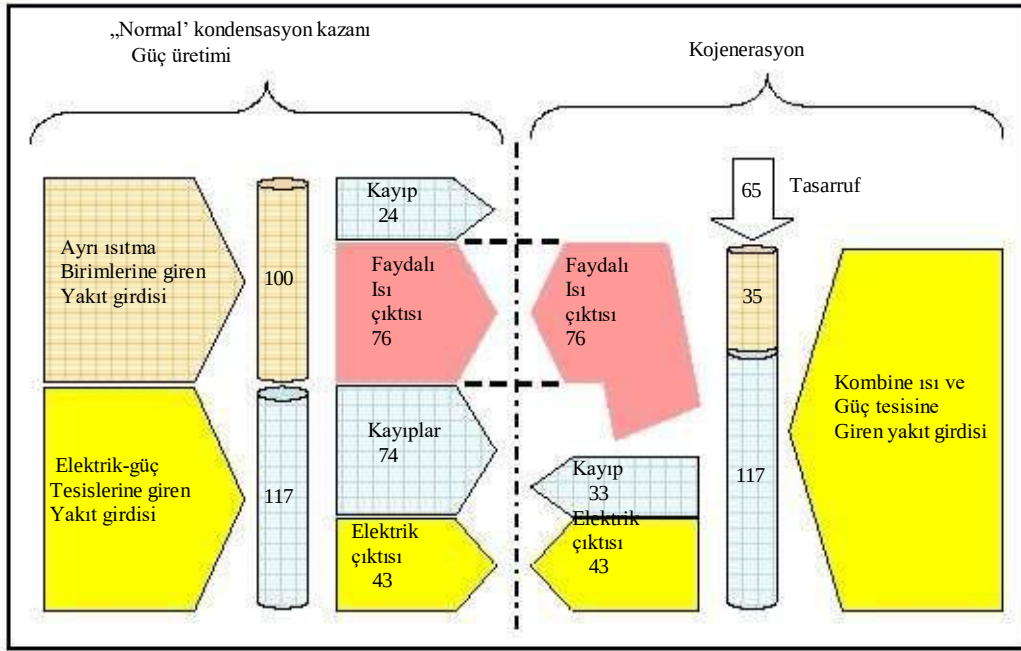
İçten yanmalı ya da yenileyici motorlar elektrik üretiminde %40-48 oranında yakıt tasarrufu sağlayabilir. Isı etkili bir biçimde kullanıldığında kombine ısıda ve güç devirlerinde yakıt tasarrufları %85-90'a kadar ulaşabilir. Trijenerasyonda esneklik için sıcak su ve soğutulmuş su depoları kullanılır. Ayrıca esnekliğin artırılması için kompresör soğutucuların ya da doğrudan yakılan yedek kazanların kapasitesinin kontrol edilmesi gerekebilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

CHP üretiminden elde edilen çeşitli çevresel ve ekonomik kazançlar vardır. Kombine çevrim tesisleri elektrik ve ısıyı minimum enerji atığıyla üreterek yakıt enerjisinin maksimum düzeyde kullanılmasını sağlar. Tesisdeki yakıt verimliliği %80-90 olurken, konvansiyonel tesislerde ve hatta kombine çevrim tesislerinde bu oran %58'dir.

Yüksek verimliliğe sahip CHP prosesi, sürekli enerji ve enerji verimliliği sağlar. Şekil 3.17 kömürle yakılan CHP tesisinin, bireysel ısı kazandaki prosesle ya da kömürle yakılan elektrik tesisindeki prosesle karşılaştırıldığında kömürle yakılan CHP değerlerini ortaya koyar. Ancak benzer sonuçlara diğer yakıtlarla da ulaşılabilir. Şekil 3.17'deki rakamlar ölçsüz enerji birimleridir. Bu örnekte ayrı ve CHP birimleri aynı miktarda yararlı çıktı üretmektedir. Ancak ayrı üretim CHP'deki 33 birim ile karşılaştırıldığında toplamda 98 enerji birimindeki kaybı ortaya koyar. Ayrı üretimdeki yakıt verimliliği %55'tir, bu oran kombine ısı ve güç üretiminde %78'dir. CHP üretimi aynı miktarda faydalı enerji üretmek için %30 daha az enerjiye ihtiyaç duyar. Yani CHP atmosferik salınımları eş miktara kadar düşürebilir. Ancak bu, elektrik ve/veya buhar için yerel enerji karışımına bağlıdır. (buhar üretimi)





Şekil 3.17: kondensasyon gücü tesisi ile kombine ısı ve güç tesisinin verimliliğinin kıyaslanması [65, Nuutila, 2005]

Elektrik üretimiyle birlikte kojenerasyonda atık, biyokütle gibi yenilenebilir kaynaklar ve gaz yağı ve gaz gibi fosil yakıtlar kullanılabilir.

#### Çapraz medya etkileri

Bir tesis, ısı geri kazanımı için optimize edildiğinde elektrik üretimi düşebilir (örn. W-t-E tesisleri, Bkz. WİBREF). Örneğin (WİBREF ve WFD ye göre eş faktörler kullanarak) %18 oranında elektrik üretimine sahip (WFD eşdeğeri 0.468) W-t-E tesisi; bölge ısıısının kullanımının %42,5’ine sahip W-t-E tesisiyle (WFD eşdeğeri 0,468) ya da buharı %42,5 oranında ticari amaçlı olarak kullanan tesis ile uyumludur.

#### İşletimsel veri

Yukarıdaki farklı kojenerasyon tekniklerine bakınız.

#### Uygulanabilirlik

CHP konseptinin seçilmesi birtakım faktörlere ve hatta iki tesis aynı olmasa bile benzer enerji ihtiyaçlarına dayanmaktadır. CHP tesisinin ilk aşamada belirlenmesine etki eden faktörler:

- ☐ Miktar bazında ısı için yeterli enerji talebinin olması önemli bir faktördür.
- ☐ CHP tesisinden gelen ısıyı kullanılmasıyla ulaşılabilecek sıcaklık derecesi
- ☐ Tesisin asgari yük elektrik talebi (örn. Tesisin elektrik talebinin nadiren altına düştüğü seviye)
- ☐ Isı ve güç talebi eş zamanlıdır.
- ☐ Elektrik fiyatına oranla uygun yakıt fiyatları
- ☐ Yıllık yüksek işletim süresi (tercihen 4 000 – 5 000 ful yük saatinden fazla).

Genel olarak, CHP birimleri orta ve düşük basınçlı buhar aralığındaki sıcaklıkta ısı ihtiyacı olan tesisler için uygulanabilir. Bir tesiste kojenerasyon potansiyelinin değerlendirilmesi çok fazla ısı talebi düşüşünün beklenmediğini gösterir. Aksi halde kojenerasyon kurulumu çok fazla ısı talebine göre tasarlanacak ve böylece kojenerasyon ünitesinin verimsiz çalışmasına neden olacaktır.

2007 yılında, nispeten küçük boyutta CHP ekonomik olarak daha uygundur. (bkz. Atrium Hospital, EK 77, Örnek 2) aşağıdaki maddeler farklı alanlarda hangi türde CHP kullanımının uygun olacağına dair açıklamaları kapsar. Ancak sınırlayıcı rakamlar örnek amaçlıdır ve yalnızca yerel koşullara bağlıdır. Genellikle, tesisteki talep değiştiği için elektrik ulusal şebekeye satılabilir. Yardımcı malzemelerin modellenmesi (Bkz. Bölüm. 2.15.2) üretim optimizasyonuna, ısı geri kazanım sistemlerine ve ek enerjinin alınıp satılmasına yardımcı olur.

#### CHP türünün belirlenmesi

Buhar türbinleri aşağıdaki özelliklere sahip tesisler için kullanılabilir:

- ☐ Elektrik ana yükü 3-5 MW<sub>e</sub> olan tesisler
- ☐ Düşük değerde proses buharı ihtiyacı bulunan tesislerde ve gücün ısı talebine oranının 1:4'ten fazla olduğu tesislerde
- ☐ Ucuz ve değeri düşük yakıtların mevcut olduğu durumlarda
- ☐ Yeterli alan varsa
- ☐ Yüksek dereceli proses ısısının bulunduğu durumlarda (örn. Ocaklardan yakma kazanlarına)
- ☐ Mevcut kazanın yenisiyle değiştirilmesi gerektiğinde
- ☐ Gücün ısıya oranının en aza indirilmesi gerektiği durumlarda. CHP tesislerinde geri basınç seviyesi en aza
- ☐ indirilmeli ve özellikle yenilenebilir yakıtla kullanılırken gücün ısıya oranını maksimum seviyeye çıkarmak amacıyla yüksek basınç seviyesi de maksimum seviyeye çıkarılmalıdır.

#### Gaz türbinlerinin kullanımı:

- ☐ Gücün ısıya olan oranının maksimize edilmesi planlanmışsa
- ☐ Güç talebi devam ediyorsa ve bu talep MW<sub>e</sub> de fazlaysa (bu belgenin yazılması esnasında daha küçük gaz türbinleri piyasaya girmeye başlamıştı)
- ☐ Doğal gaz varsa (her ne kadar bu sınırlayıcı bir faktör olmasa da)
- ☐ Özellikle 500 °C'den daha yüksek sıcaklıklarda orta ve /veya orta basınçlı buhar ya da sıcak su talebi yüksekse
- ☐ 450 °C ya da daha yüksek sıcaklıkta sıcak gaz talebi-egzoz gazları bu gazlar soğutmak için ortam havasıyla damıtılabilir ya da hava ısı değiştiriciye yönlendirilebilir. (bir buhar türbiniyle kombine çevrim içerisinde de kullanılabilir)

#### İçten yanmalı ya da iyileştirici motorlar aşağıdaki özelliklere sahip tesisler için kullanılabilir:

- ☐ Gücün ya da prosesin sürekli değil döngüsel olması
- ☐ Düşük basınçlı buharın, orta veya düşük sıcaklıktaki soğuk su ihtiyacının ortaya çıkması durumunda Gücün ısı talebine oranı yüksek olduğunda
- ☐ Doğal gaz bulunduğu – gazla güç verilmiş içten yakmalı motorlar tercih edilir
- ☐ Doğal gaz bulunmadığına – akaryakıt ya da LPG ile güç verilmiş motorlar uygun olabilir
- ☐ Elektrik yükünün 1 MW<sub>e</sub>'den az olduğu durumlarda– kıvılcım ateşlemeli (0,003'ten 10 MW<sub>e</sub>'ye kadar uygun tesisler)
- ☐ Elektrik yükünün 1 MW<sub>e</sub>'den fazla olduğu durumlarda-sıkıştırma ateşlemeli (3 ile 20 MW<sub>e</sub> arasında uygun tesisler).

#### Finansman

- ☐ finansman, yakıt ile elektrik fiyatı, ısı fiyatı, yük faktörü ve verimlilik arasındaki orana bağlıdır.
- ☐ finansman ısının ve elektriğin uzun süre boyunca temin edilmesine bağlıdır. politikaların desteklenmesi ve piyasa mekanizması; uygun enerji vergilendirme düzeni ve enerji piyasalarının serbestleştirilmesi gibi olumlu etkilere sahiptir.

#### Uygulama için itici güç

Politikaların desteklenmesi ve piyasa mekanizması (bkz. Finansman).

Örnekler:

- ☐ Äänekoski CHP güç tesisi, Finlandiya
- ☐ Rauhalahti CHP güç tesisi, Finlandiya
- ☐ sodyum karbonat tesislerinde kullanılanlar, bkz. LVIC-S BREF
- ☐ Bindewald Kupfermühle DE:
  - Un değirmeni: 100000 t buğday ve çavdar/yıl
  - Malt tesisi: 35000 t malt/yıl
- ☐ Dava KVV, Umea CHP W-t-E tesisi, İsveç
- ☐ Sysav, Malmö CHP W-t-E tesisi, İsveç.

Kaynak bilgi

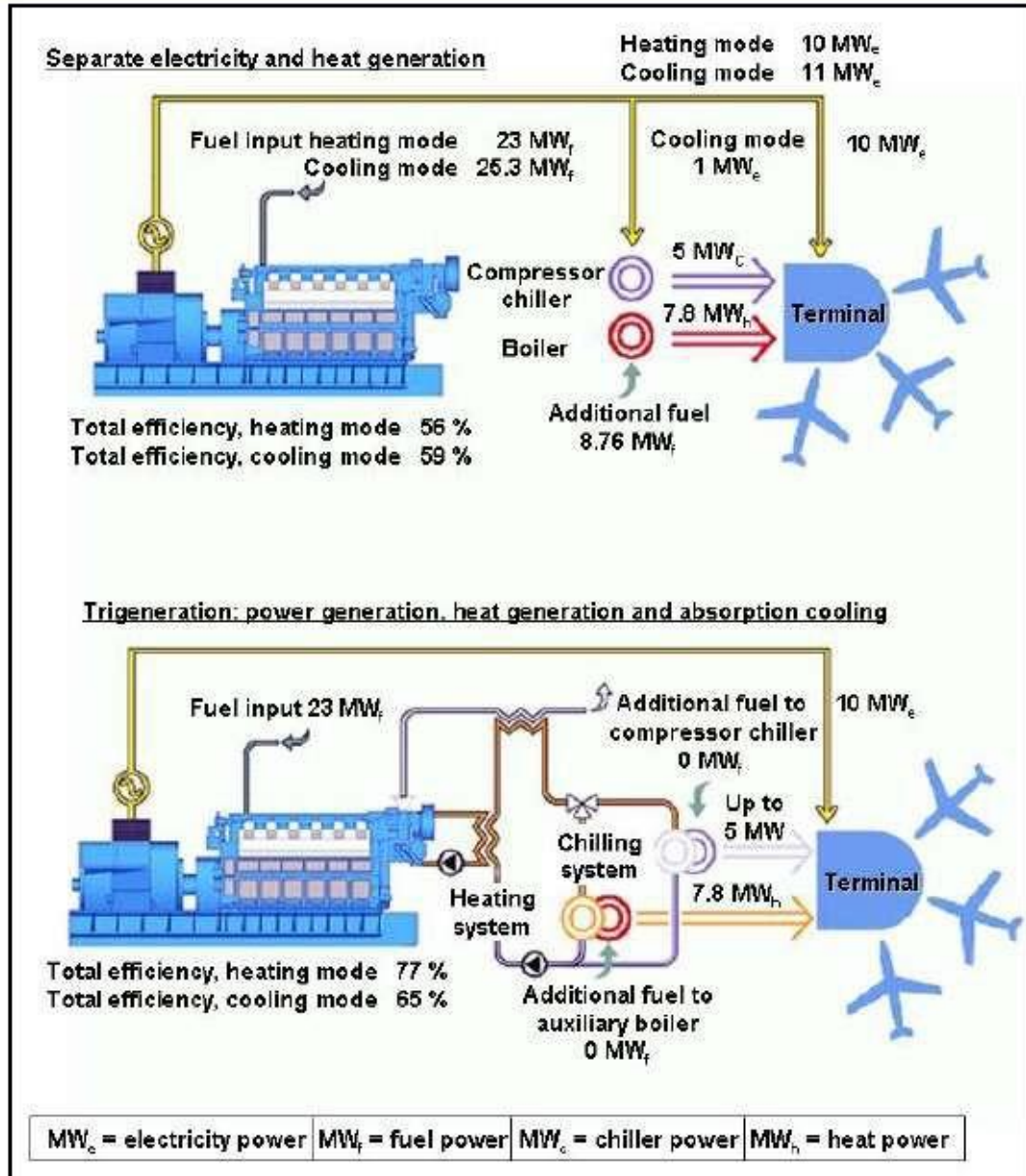
[65, Nuutila, 2005], [97, Kreith, 1997] [127, TWG, , 128, EIPPCB, , 140, EC, 2005, 146, EC, 2004]

### 3.4.2 Trijenerasyon

**Tanım**

Trijenerasyon genellikle yakıtın kullanışlı üç enerji ürününe eş zamanlı olarak dönüştürülmesi olarak anlaşılır: elektrik, sıcak su ya da buhar ve soğutulmuş su. Trijenerasyon sistemi aslında soğutulmuş su üretmek için ısının bir bölümünü kullanan absorpsiyon soğutucuya sahip kojenerasyon sistemidir. (Bölüm 3.4) (bkz. Şekil 3.18)

Şekil 3.18 soğutulmuş su üretimine yönelik iki konsepti karşılaştırır: elektrik kullanan kompresör soğutucuları ve lityum bromid absorpsiyon soğutucusunda geri kazandırılmış havayı kullanan trijenerasyon. Isı hem egzoz gazından hem de motorun yüksek sıcaklık soğutma devresinden geri kazanılır. Trijenerasyonda kompresör soğutucuların kapasitesinin ya da direk yakmalı yedek kazanların kullanılmasıyla esneklik artırılabilir.



Şekil 3.18: bir havalimanı için ayrı enerji üretimi ile karşılaştırılan trijenerasyon [64, Linde, 2005]

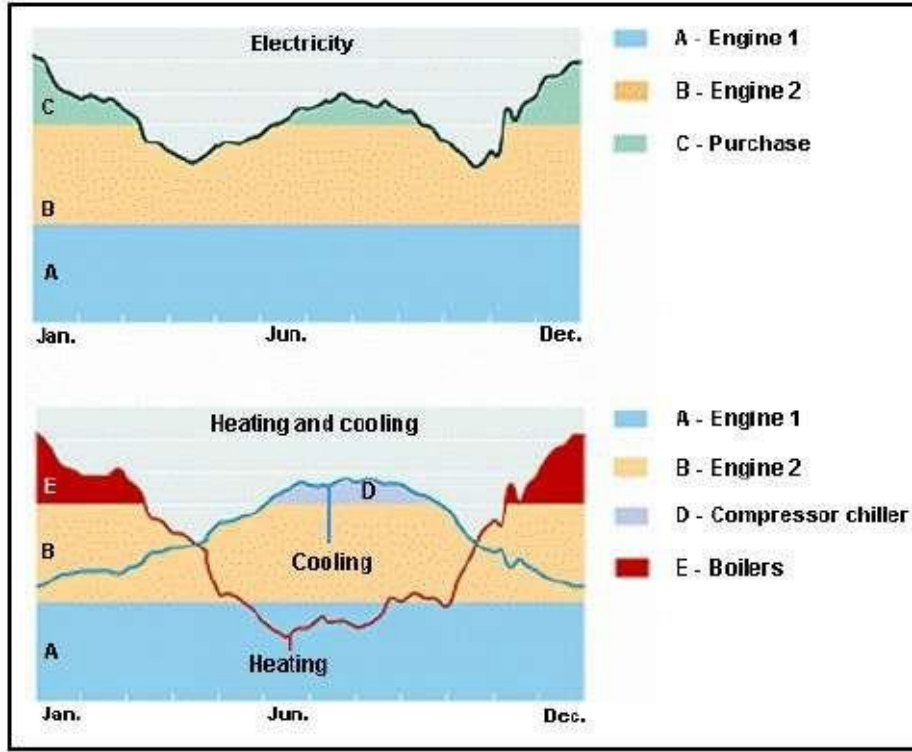
Tek aşamalı lityum bromid absorpsiyon soğutucular enerji kaynağı olarak 90 °C sıcaklıktaki sıcak suları bile kullanabilir. Ancak iki aşamalı lityum bromid absorpsiyon soğutucular 170 °C sıcaklığa ihtiyaç duyar. Bu da aslında buharla yakıldıklarını gösterir. 6-8 °C sıcaklıkta su üreten tek aşamalı lityum bromid absorpsiyon soğutucu yaklaşık 0,7 performans katsayısına (CHP) sahiptir. Çift aşamalı soğutucu ise 1,2 CHP'ye sahiptir. Bu da bu aletlerin kaynağı kapasitesinden 0,7 ya da 1,2 kat daha fazla soğutma kapasitesi üretmeleri anlamına gelir.

Motorla çalışan CHP tesisinde, tek ev çift aşamalı sistemler uygulanabilir. Ancak motor, egzoz gazında ve motor soğutmada artık ısı dağılımına neden olduğu için tek aşamalı motorlar daha uygundur çünkü daha fazla ısı geri kazanılabilir ve absorpsiyon soğutucuya transfer edilebilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Trijenerasyonun başlıca avantajlarından biri; ayrı güç ve ısı üretiminde yer alan yakıt girdisinden daha az girdi ile aynı çıktıyı elde edebilmesidir.

Bir mevsim boyunca ısıtma için (kış) ve diğer bir mevsimde soğutma için (yaz) geri kazanılmış ısının kullanılma esnekliği yüksek tesis verimliliği seviyesinde çalışma saatlerinin maksimize edilmesi için etkin bir yöntem sunar. Hem sahibi hem de çevre için fayda sağlar. (bkz. Şekil 3.19).



Şekil 3.19: trijenerasyon, yıl boyunca optimize tesis işletimi sağlar [64, Linde, 2005]

Yönetim felsefesi ve kontrol stratejisi oldukça önemlidir ve bu durum ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmelidir. Optimal çözüm, soğutulmuş su kapasitesinin tümünün absorpsiyon soğutucular tarafından üretilmesine dayanmamaktadır. Örneğin, iklimlendirmede yıllık soğutma ihtiyaçları, doruk soğutma kapasitesinin %70'ini karşılar. Geri kalan %30'u ise kompresör soğutucularla ilave edilir.

Bu yolla soğutucular için toplam yatırım masrafları azaltılabilir.

Çapraz medya etkileri

Yoktur.

işletimsel veri

Veri yoktur

Uygulanabilirlik

Trijenerasyon ve dağıtılan güç jenerasyonu

Sıcak ya da soğutulmuş suyu dağıtmak elektriği dağıtmaktan daha zor ve daha masraflıdır. Trijenerasyon otomatik olarak dağıtılmış güç üretimine neden olur çünkü trijenerasyon tesisi sıcak ya da soğuk su tüketicilerine yakın olmak zorundadır.

Bir tesisin yakıt verimliliğinin maksimum düzeye çıkarılması için sıcak ve soğutulmuş su ihtiyacını temel alarak bir konsept oluşturulur. Sıcak ve soğutulmuş su tüketicilerine yakın olan güç tesisi daha az elektrik dağıtım kayıplarına maruz kalır. Trijenerasyon, soğutucunun da dahile edildiği bir adım daha ötede bir yöntemdir. Geri kazanılan ısının, tesisin çalışma saatleri boyunca etkin bir şekilde kullanılması durumunda ekstra yatırım yapmanın bir mantığı yoktur.

Ancak ısıtının tümünün kullanılmadığı ya da ısı talebi ortaya çıkmadığı durumlarda soğutulmuş su ya da havanın kullanım alanı mevcutsa ekstra yatırımlar kendini amorti etmeye başlar. Örneğin, trijenerasyon binalarda ısıtma amacıyla yaz mevsimlerinde soğutucu olarak, kış mevsimlerinde ise ısıtıcı olarak kullanılır.

Birçok sanayi kuruluşu ve kamu binası ısıtma ve soğutma işlemlerinin uygun karışımını uygular. Bunlara ilişkin dört örnek: bira fabrikaları, alışveriş merkezleri, havalimanları ve hastaneler.

Finansman  
Veri yoktur.

Uygulama için itici güç  
Maliyet kazancı

Örnekler

- Madrid Barajas Airport, ES (bkz. EK 7.10.4)
- Atrium Hospital, NL (bkz. EK 7.7).

Kaynak bilgi  
[64, Linde, 2005, 93, Tolonen, 2005]

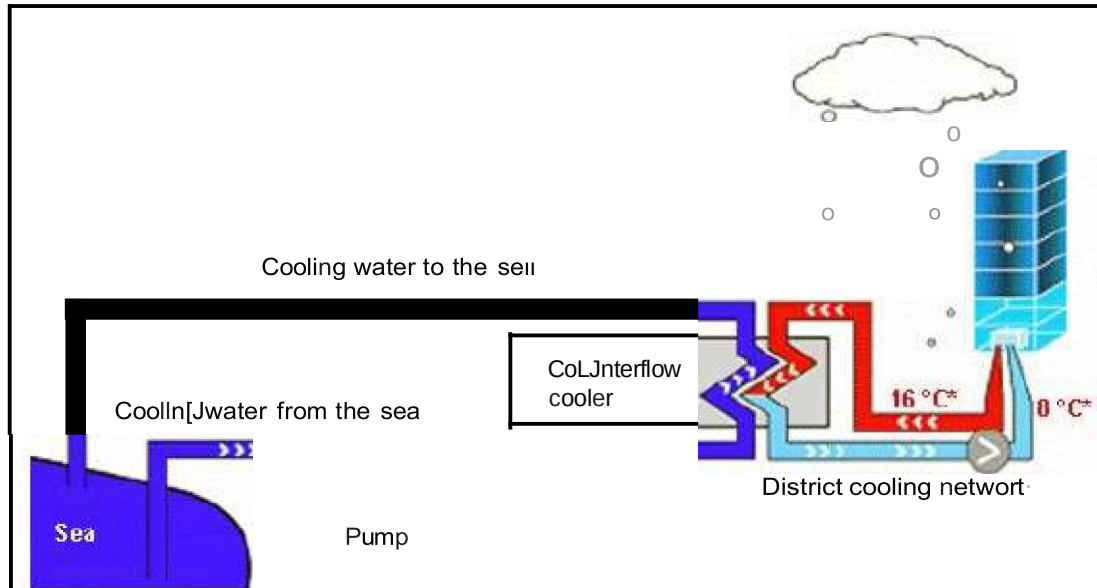
### 3.4.3 Bölge soğutma

#### Tanım

Bölge soğutma kojenerasyonun bir başka yönüdür: kojenerasyon absorpsiyon soğutucularını çalıştıran ısıtının merkezi olarak üretilmesini sağlar ve elektrik şebekelere satılır. Kojenerasyon ayrıca merkezi üretimle ve soğutucu enerjinin dağıtılmasıyla bölge soğutma (DC) işlemine yardımcı olabilir. Soğutucu enerji ayrı dağıtım ağında transfer edilmiş soğutulmuş su aracılığıyla müşterilere ulaştırılır.

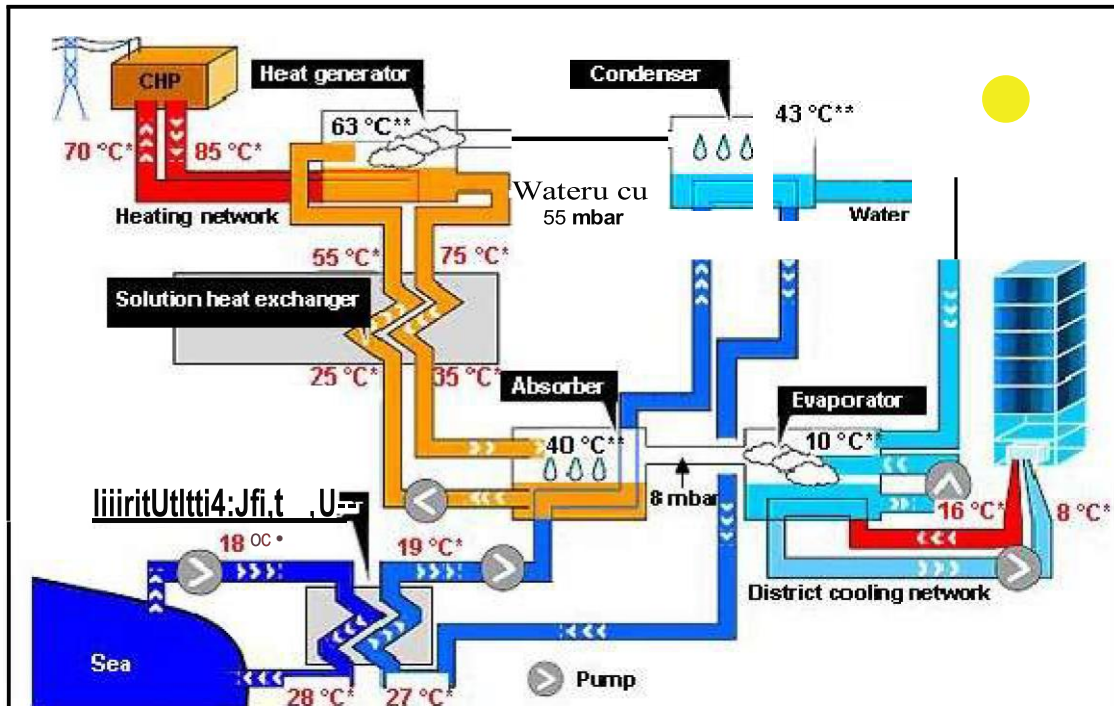
Bölge soğutma mevsime ve dış sıcaklığa bağlı olarak farklı yollarla gerçekleştirilebilir. Kış mevsiminde en azından İskandinav ülkelerinde soğutma, denizden alınan soğuk suyla yapılabilir. (bkz. Bölüm 3.20) Yaz mevsiminde ise bölge soğutma absorpsiyon teknolojisiyle gerçekleştirilebilir. (bkz. Şekil 3.21 ve Bölüm 3.3.2) bölge soğutma havalandırma için kullanılabilir, ofislerin, ticari binaları ve yerleşim mekanlarının soğutulması için kullanılabilir.





A The production of district cooling depends of the time of the year.  
 °C\* - Refers to water temperature

Şekil 3.20: serbest soğutma teknolojisiyle kış mevsiminde bölge soğutma [93, Tolonen, 2005]



OC\* - Refers to water temperature  
 OC\*\* - Refers to room temperature

Şekil 3.21: yaz mevsiminde absorpsiyon teknolojisiyle bölge soğutma [93, Tolonen, 2005]

### Elde edilen çevresel faydalar

Helsinki, Finlandiya’da bölge ısıtmanın (DH) ve bölge soğutmanın (DC) eko-verimliliğinin artırılması aşağıda yer alan sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasını sağlamıştır:

- ☐ Sera gazları ve nitrojen oksit, sülfür dioksit ve partiküller gibi diğer sanlımlar büyük ölçüde azaltılmıştır.
- ☐ Elektrik tüketimindeki düşüş ayrıca yaz aylarında elektrik tüketiminde binaya özel soğutma birimlerinin neden olduğu en yüksek seviyelerin aşağı çekilmesine yardımcı olur.
- ☐ Ekim-Mayıs ayları arasında, soğuk deniz suyundan alınan tüm DC enerjisi yenilenebilirdir. Bu da yıllık DC tüketiminin %30’una denk gelir.
- ☐ Daha sıcak mevsimlerde absorpsiyon soğutucular, denize boşaltılacak aşırı ısıyı (CHP tesislerinden)kullanır. CHP tesisinde yakıt tüketimi artsa da binalardaki ayrı soğutma sistemleriyle kıyaslandığında toplam yakıt tüketimi yükselecektir.
- ☐ DC’de soğutucu ekipmanın yarattığı gürültü ve titreşim ortadan kaldırılmıştır. Binalarda soğutucu ekipman için ayrılan yer diğer amaçlar için boş bırakılmıştır. Yoğunlaştırma kulelerindeki mikrobik artış ortadan kaldırılmıştır.
- ☐ Binalara özgü kompresör soğutmada kullanılan soğutucu araçların aksine DC proseslerinde herhangi bir zararlı maddenin buharlaştığı (örn. CFC ve HCFC bileşenlerinde) görülmemiştir.
- ☐ DC şehirdeki görünümün estetikliğini artırır: üretim birimleri ve borular görünmemektedir. Binaların çatılarındaki büyük kondansörlere ve pencerelerdeki çoklu soğutuculara gerek yoktur.
- ☐ DH ve DC sistemlerinin yaşam döngüsü binaya özgü birimlerde yer alan yaşam döngüsünden daha uzundur. Örn. Soğutucu tesisin ömrü ayrı birimlerle karşılaştırıldığında tam iki katıdır. DH ve DC’nin ana hatlarının teknik hizmet ömrü bir yüzyıldan fazladır.

### Çapraz medya etkileri

Dağıtım sisteminin kurulmasının etkileri

İşletimsel veri Güvenilir.

### Uygulanabilirlik

Bu teknolojinin geniş uygulama alanı olması beklenmektedir. Ancak bu yerel koşullara bağlıdır.

### Finansman

Dağıtım sistemleri için ciddi yatırımlar gerekmektedir.

### Uygulama için itici güç

Veri bulunmamaktadır.

### Örnekler

Helsinki Energy, Finlandiya

Hollanda, Amsterdam’da tesislere yakın göller bölge soğutmada kullanılır.

Kaynak bilgi

[93, Tolonen, 2005], [120, Helsinki Energy, 2004]

- ☐
- ☐



### 3.5 Elektrik gücü tedarigi

#### Giriş

Kamu elektrik gücü yüksek voltaj şebekeleriyle sağlanır. Bu şebekede voltaj ve akım üç aşamada 50Hz (Avrupa’da) ve 120 °lik aralıklarla sinüs dalgası çevrimlerinde farklılık gösterir. iletimde mevcut kayıpları en aza indirebilecek kadar yüksektir. Kullanılan ekipmana bağlı olarak tesise girerken ya da özel ekipmana doğru ulaşırken voltaj düşer. Bu genellikle sanayideki kullanımda 440 V’a ve bürolarda kullanımda ise 240V’a kadar düşer.

Dağıtım sistemlerindeki dayanıklılık, bazı ekipmanların etkisi ve tedarik malzemesindeki kullanımlar gibi çeşitli faktörler enerjinin dağıtımını ve kullanımını etkiler. Sabit voltajlar ve distorsiyonsuz dalga biçimleri güç sistemlerinde oldukça ilgi gören faktörlerdir.

2002 yılında AB-25 ülkelerinde elektrik tüketimi 2641 TWh ve şebeke kayıpları 195 TWh olarak belirlenmiştir. En büyük tüketici 1168 TWh (%44) ile sanayidir. Bunu evsel tüketimler 717 TWh (%27) ile izlemektedir. Evsel tüketimlerin ardından 620 TWh (%23) ile hizmet birimleri gelmektedir. Bu üç sektör, tüketimin yaklaşık %94’ünü oluşturmaktadır.

#### 3.5.1 Güç faktörü düzeltme

##### Tanım

Birçok elektrikli alet endüktif yük taşır. Örn:

- ☐ AC tek aşamalı ve 3-aşamalı motorlar (bkz. Bölüm 3.6)
- ☐ Değişken hız sürücüler (bkz. Bölüm 3.6.3) dönüştürücüler
- ☐ (bkz. Bölüm 3.5.4)
- ☐ yüksek yoğunluğa sahip boşaltma lambaları (bkz. Bölüm 3.10).

Bu faktörlerin hepsi elektrik ve reaktif elektrik gücü gerektirir. Aktif elektrik gücü kullanışlı mekanik güce dönüştürülür. Reaktif elektrik gücü ise aletin manyetik alanlarını korumak için kullanılır. Reaktif elektrik gücü periyodik olarak jeneratör ve yük arasında karşılıklı olarak transfer edilir. (aynı sıklıkta) kapasitör bankları ve gömülmüş kablolar reaktif enerjiyi alır.

Gerçek (aktif) elektrik gücüne ve reaktif elektrik gücüne vektör eklenmesi görünür gücü oluşturur. Güç üretimi yardımcı malzemeleri ve şebeke operatörleri bu görünür gücü uygun hale getirir ve dağıtır. Bu da jeneratörlerin, dönüştürücülerin, güç hatlarının ve anahtarlama tertibatının çok büyük enerji oranlarına göre boyutlandırılması gerektiğine işaret eder. Bu boyutlandırma tek bir yükün çalıştırdığı aktif elektrik gücünden daha fazla güç sağlar.

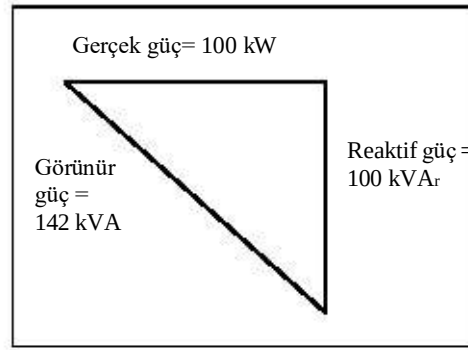
Güç kaynağı yardımcı malzemeleri (tesis içinde ve dışında) için ekipman masrafları ve ekstra güç kayıpları nedeniyle bazı masraflar ortaya çıkabilir. Dış tedarikçiler reaktif güç belirli bir eşiği aştığında ekstra fiyatlandırma uygularlar. Genellikle 1,0 ve 0,9 cos arasında hedef güç faktörü belirlenir. Bu noktada enerji ihtiyaçları büyük ölçüde azalır. EK 7.17’de basit bir örnekle gösterilmiştir.

$$(\text{elektrik}) \text{ güç faktörü} = \frac{\text{Gerçek güç}}{\text{Görünür güç}}$$

Örneğin aşağıda Şekil 3.22’de gösterilen güç üçgeni: ,

- ☐ Gerçek güç = 100 kW ve görünür güç = 142 kVA
- ☐ Güç faktörü = 100/142 = 0,70.

Buna göre elektrik malzemelerinden gelen akımın yalnızca %70'i yararlı iş üretmek için kullanılmaktadır. (daha detaylı bilgi için Bkz. 7.17).



Şekil 3.22: Reaktif ve görünür güç

Yükte bir kapasitörün kurulması ile güç faktörü düzeltilindiğinde bu durum güç tedariki şirketinde reaktif güç çekişini kısmen ya da tamamıyla ortadan kaldırır. Güç faktörü düzeltme, fiziksel olarak yüklere yakın olduğunda ve modern teknolojiyi kullandığında en iyi sonucu verir.

Ekipman türü ve yukarıda yer alan tedarik listesi değiştikçe güç faktörü de zamanla değişir ve bu yüzden periyodik olarak kontrolden geçirilmesi gerekir. (tesise ve kullanıma bağlı olarak bu kontroller 3-10 yıl arasında olabilir) Ayrıca güç faktörünü düzeltmek için kullanılan kapasitörler zamanla aşındığı için periyodik denemelerden geçirilmelidir (en basit yöntem olarak, kapasitörlerin işletme sırasındaki ısınma miktarları belirlenerek

Alınacak diğer önlemler:

- ☐ Rölantide çalışma sürelerinin azaltılması ya da az yüklü motorların en aza indirilmesi (bkz. Bölüm 3.6)
- ☐ Ekipmanın, belirlenen oranın altında çalışmasının engellenmesi
- ☐ Enerji tasarruflu motorlarla yanıp tükenen standart motorların değiştirilmesi (bkz. Bölüm 3.6) Hatta bu
- ☐ motorlar enerji tasarruflu motorlarla değiştirilebilir ancak güç faktörü yükteki değişikliklerde etkilenir. Bir motorun yüksek güç faktörü tasarımlarından verim alması için ölçülen kapasitesine yakın olarak çalıştırılması gerekir.(bkz. Bölüm 3.6).

Elde edilen çevresel faydalar  
Tedarikçi ve tüketici için enerji tasarrufu

Tablo 3.2 AB sanayinde gerçekleştirilen 0,95'lik güç faktörünün etkilerini göstermektedir.

| AB-25 sanayi<br>Güç faktörü | Aktif enerji<br>TWh | Cos  | Reaktif enerji<br>TVA.h | Görünür enerji<br>TVA.h |
|-----------------------------|---------------------|------|-------------------------|-------------------------|
| Hesaplanan güç faktörü      | 1168                | 0,70 | 1192                    | 1669                    |
| Hedeflenen güç faktörü      | 1168                | 0,95 | 384                     | 1229                    |

Tablo 3.21: AB-25 ülkelerinde hesaplanan endüstriyel elektrik tüketimi  
[131, ZVEI, , 140, EC, 2005]

AB'de sanayi için güç faktörü düzeltme işlemi uygulandığında 31 TWh'lık güç tasarruf edilebilir. Ancak bu potansiyelin bir kısmı kötüye kullanılmaktadır. Bu hesaplama AB-25 ülkelerinin 2002 yılında sanayi ve hizmet sektöründe elektrik tüketiminin 1788 TWh olarak belirlenmesiyle ortaya çıkmıştır. Sanayi bu elektriğin %65'ini kullanmaktadır<sup>27</sup>.

<sup>27</sup> 31 TWh 8milyon eve, yaklaşık 2600 güç jeneratörüne ve 10 gazla yakmalı güç istasyonlarına ve 23 nükleer güç istasyonuna ve 12 MT dan fazla CO<sub>2</sub> Ye denk gelmektedir.

Bir işletmede işletmeci 0,73 olan güç düzeltme faktörünü 0,95 olarak düzeltiyorsa güç kullanımından %0,6 tasarruf edilmiş olur. (0,73, sanayi ve hizmet için belirlenen rakamdır)

Çapraz medya etkileri  
Belirtilmemiştir.

İşletimsel veri  
Düzeltilmeyen güç tedarigi tesisin dağıtım sisteminde güç kayıplarına neden olmaktadır. Güç kayıpları arttıkça voltajda düşüş meydana gelir. Aşırı düşüş fazla ısıtmaya, motorların ve diğer indükleyici ekipmanların erken arıza vermesine neden olur.

Uygulanabilirlik  
Tüm tesisler

Finansman  
İşletmedeki düzeltme faktörleri 0,95'ten daha az ise dış tedarikçiler aşırı reaktif elektrik gücü için ekstra ücretler belirleyebilirler. (bkz. EK 7.11).

Güç faktörü düzeltmesinin masrafı düşüktür. Bazı yeni ekipmanlar (örn. Enerji tasarruflu motorlar) güç faktörü düzeltme için yardımcı olabilirler.

Uygulama için itici güç  
☐ dış tedarik şebekesinde ve işletme içerisinde güç tasarrufu  
☐ tesis içerisinde elektrik tedarik sistemi kapasitesinin artırılması  
☐ malzeme güvenilirliğinin artması ve duruş süresinin kısaltılması

Örnekler  
Yaygın olarak uygulananlar

Kaynak bilgi  
Daha detaylı bilgi için EK 7.17)  
[130, US\_DOE\_PowerFactor, , 131, ZVEI]

### 3.5.2 Harmonikler

Tanım  
Doğrusal olmayan yüklere sahip bazı elektrikli ekipmanlar tedarikte harmoniklere sebep olur. (sinüs dalgasındaki distorsiyonlara ek olarak) Doğrusal olmayan yükler: Doğrultucular, bazı türdeki elektrik lambaları, elektrikli ark fırınları, kaynak ekipmanları, anahtarlı güç kaynakları ve bilgisayarlar

Harmonikleri azaltmak ya da ortadan kaldırmak için filtreler uygulanabilir. AB güç faktörünü artırmak amacıyla harmonikler için bazı sınırlamalar getirmiştir. Bu konuya ilişkin harmonik filtreli anahtarlı güç kaynaklarının kullanılmasını gerektiren standartlar bulunmaktadır. (EN 61000-3-2 ve EN61000-3-12)

Elde edilen çevresel faydalar  
Güç tasarrufu

Çapraz medya etkileri  
Bildirilmemiştir.

İşletimsel veri  
Harmonikler:

- ☐ Devre kesicilerin gürültü dolaşımına
- ☐ UPS sistemlerinin ve jeneratör sistemlerinin arızalanmasına
- ☐ Ölçümleme problemlerine
- ☐ Bilgisayar arızalarına
- ☐ Yüksek voltaj problemlerine yol açar.

Harmonikler standart akı ölçerlerle saptanmaz, yalnızca “doğru RMS” metreleriyle ölçülür.

Uygulanabilirlik  
Harmoniklere neden olan ekipmanlar sebebiyle tüm tesisin kontrolden geçirilmesi

Finansman  
Ekipman arızalarına bağlı kayıplar

- Uygulama için itici güç
- ☐ ekipman güvenilirliğinin artması
  - ☐ arıza sürelerindeki kayıpların azaltılması
  - ☐ harmoniklerle birlikte zemindeki akımların azaltılması
  - ☐ harmoniklerin bulunduğu durumlarda tasarım zemininin güvenliğine ilişkin sınırlar aşılmıştır.

Örnekler  
Yaygın olarak  
kullanılanlar.

Kaynak bilgi  
[132, Wikipedia\_Harmonics, , 135, EUROELECTRICS, , 136, CDA]

### 3.5.3 Tedariğin optimize edilmesi

#### Tanım

Kablo döşemede direnç gösteren kayıplar yaşanabilir. Büyük miktarda güç kullanan ekipmanlar, mümkün olduğunca yakın bir yüksek voltaj kaynağından temin edilir. (örn. Dönüştürücü mümkün olduğunca yakın olmalıdır)

Ekipmana giden kablolar gereksiz direnci ve ısı olarak kayıpları önlemek için büyük olmalıdır. Güç tedariği, dönüştürücüler gibi yüksek verimlilik sağlayan ekipmanların kullanılmasıyla optimize edilebilir.

Motorlar gibi diğer yüksek verimlilik sağlayan ekipmanlar Bölüm 3.6’da kompresörler Bölüm 3.7’de ve pompalar Bölüm 3.8’de yer almaktadır.

Elde edilen çevresel faydalar  
Veri yoktur.

Çapraz medya etkileri  
Veri yoktur.

- İşletimsel veri
- ☐ güç kullanan büyük ekipmanlar dönüştürücülere destek olmak için uyumlu bir şekilde planlanmalıdır.
  - ☐ kablo döşeme işleri tüm tesislerde kontrol edilmeli ve gerekli görüldüğü yerlerde daha büyük kablolar döşenmelidir.

## Uygulanabilirlik

- ☐ ekipmanların güvenilirliğinin artması
- ☐ duruş süresindeki kayıpların azaltılması
- ☐ masrafların işletme ömrü temelinde düşürülmesi

## Finansman

Ekipman duruş süresinde ve güç tüketiminde tasarruf sağlamak

## Uygulama için itici güç

Masraf.

## Örnekle

Yaygın olarak kullanılanlar

## Kaynak bilgi

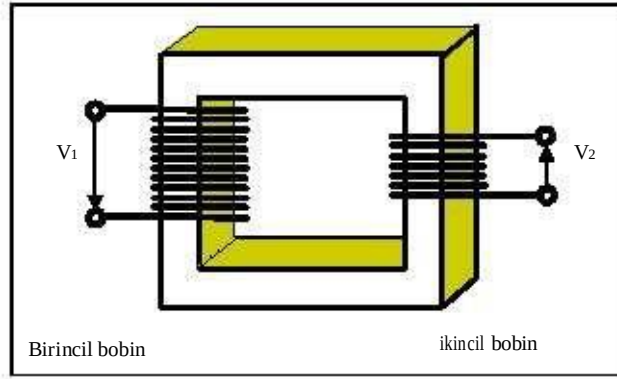
[135, EUROELECTRICS, , 230, Association, 2007]

## 3.5.4 Dönüştürücülerin enerji verimliliği yönetimi

## Tanım

Dönüştürücüler, elektrik tedarikini bir seviyeden diğer bir seviyeye dönüştürebilen araçlardır. Bu işlem gereklidir çünkü voltaj, sanayideki makinalarda kullanılan seviyeden daha yüksek seviyelerde dağıtılır: dağıtım sisteminde kullanılan yüksek voltajlar dağıtım hatlarında enerji kayıplarını azaltır.

Dönüştürücüler, ferromanyetik plakalardan oluşan bir çekirdekten meydana gelmektedir. Birinci ve ikinci bobinler çekirdeğin zıt taraflarında sarılmış konumdadır. Voltajların dönüşüm oranları  $V_2/V_1$  (bkz. Şekil 3.23) olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.23: Dönüştürücü diyagramı  
[245, Di Franco, 2008]

$P_1$  dönüştürücüye giren elektrik gücüyse,  $P_2$  çıkan güç  $P_L$  ise kayıplardır. Böylece güç dengesi:

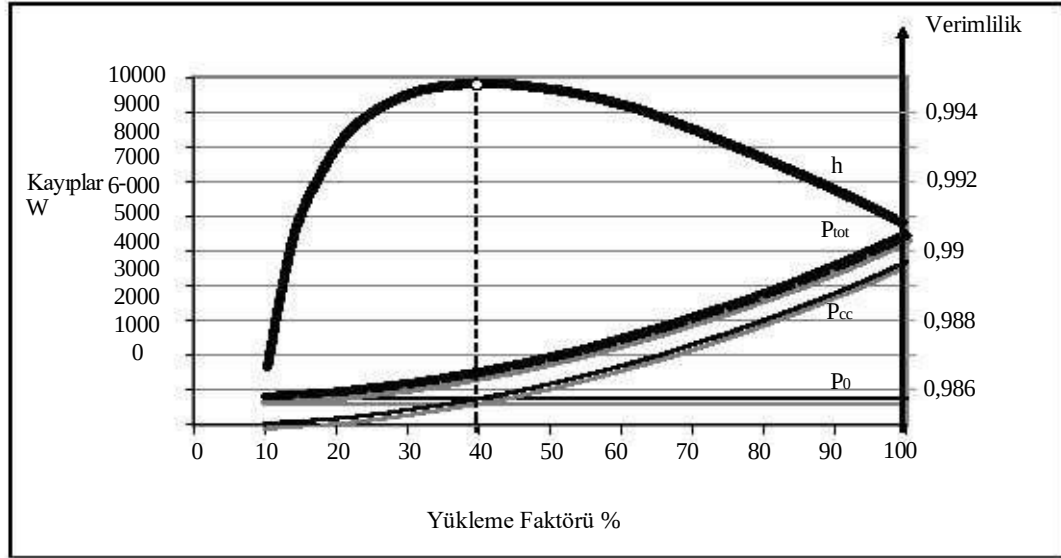
$$P_1 = P_2 + P_L \quad \text{Denklem 3.9}$$

Ve dönüştürücü verimliliği aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_L}{P_1} \quad \text{Denklem 3.10}$$

Kayıplar ikiye ayrılır: demir bileşenlerdeki kayıplar ve bakır bileşenlerdeki kayıplar. Demirdeki kayıplara histerizis ve ferromanyetik çekirdek plakaları neden olmaktadır. Bu kayıplar  $V_2$  ile orantılıdır ve normal gücün  $P_n$  %0,2-0,5'ini oluştururlar. ( $= P_2$ ).bakırdaki kayıplara ise bakır bobinindeki Joule etkisi neden olur. Bu kayıplar  $I_2$  ile orantılıdır ve nominal gücün  $P_n$  %1-3'ünü oluştururlar. (%100 yük)

Dönüştürücü %100'den daha az x yük gücü ile çalıştığı için ( $P_{etkili} = x P_n$ ), dönüştürme verimliliği ile yük faktörleri arasında Şekil 3.24'te yer alan eğrinin takip ettiği görülebilir. ( 250 kVA'lık dönüştürücü için). Bu durumda dönüştürücü yük faktörünün %40 ı oranında maksimum noktaya ulaşır .



Şekil 3.24: demir, bakır, verimlilik ve yük faktörü kayıpları arasındaki ilişki [245, Di Franco, 2008]

Dönüştürücünün gücü ne olursa olsun yük faktörü ile verimlilik arasındaki ilişki maksimum düzeyi gösterir. (nominal yükün yaklaşık %45'i olarak ayarlanmıştır)

Bu ayırıcı özellik nedeniyle, elektrik trafo merkezinde (dönüştürücü) aşağıda yer alan seçenekler değerlendirilebilir:

- ☐ Küresel elektrik yükü % 40 - 50  $P_n$ 'den az ise optimal faktöre yakın olan diğer dönüştürücüleri yüklemek için bir ya da birden fazla dönüştürücü devreden çıkarılabilir.
- ☐ Aksi bir durum söz konusuysa, (küresel elektrik yükü 75 %  $P_n$ 'den fazlaysa) yalnızca ekstra kapasite eklenebilir.
- ☐ Dönüştürücü trafo güncellenirken ya da trafoya yeniden güç verilirken kayıp oranı düşük dönüştürücülerin kurulması kayıp oranlarının %20-60 arasında azaltılmasına yönelik eğilimler olduğunu göstermektedir.

Elde edilen çevresel faydalar  
ikinci enerji kaynaklarının daha az tüketilmesi

Çapraz medya etkileri  
Bilinmemektedir.

İşletimsel veri

Dönüştürücü trafolarında ek elektrik gücü kaynağı kurulmaktadır, bu yüzden ortalama yük faktörü düşüktür. Yardımcı birim yöneticileri, dönüştürücülerden birinin ya da birden fazlasının arıza verdiği durumlarda sürekli güç tedariki sağlamak için bu yöntemi kullanır.

#### Uygulanabilirlik

Optimizasyon kriterleri tüm dönüştürücü daireleri için kullanılabilir. Yüklemin optimize edilmesi işlemi vakaların %25'inde uygulanabilir.

Sanayide her yıl yeniden kurulan dönüştürücülerin sayısı %5 olarak hesaplanmıştır ve bu yeni vakalarda dönüştürücülerin kayıp oranını düşüştüğü gözlemlenmektedir.

#### Finansman

“normal seri” dönüştürücülere göre kayıp oranı düşük dönüştürücülerin kurulması ya da düşük verimliliğe sahip dönüştürücülerin değiştirilmesi durumunda dönüştürücülerin uzun yıllar/süre boyunca çalışması dikkate alınarak geri ödeme süreleri kısa olarak belirlenir.

#### Uygulama için itici güç

Enerji ve mali tasarruf uygulama için itici güç faktörlerini oluşturur.

#### Örnekler

Dönüştürücü dairesinin yenilenmesi için elektrik gücü 200, 315, 500 ve 1250 kV olan ve geri ödeme süresi 1.1 olarak hesaplanan dört adet dönüştürücünün kurulması öngörülmektedir.

#### Kaynak bilgi

[228, Petrecca, 1992, 229, Di Franco]

## 3.6 Elektrikli motorla çalıştırılan alt sistemler<sup>28</sup>

### Giriş

Motorla çalıştırılan sistemlerdeki enerji verimliliği, üretim prosesinin ihtiyaçları ve çalıştırılan makinenin işletilme yöntemleri dikkate alınarak değerlendirilir. Bu bir sistem yaklaşımıdır, en yüksek düzeyde enerji verimliliği sağlanmasına yardımcı olur (bkz. Bölüm 1.3.5 ve 1.5.1) ve bu bölümde ilgili kısımlarda detaylı olarak ele alınır. Sistem yaklaşımıyla elde edilen minimum tasarruf oranı, bireysel bileşenlerle elde edilen tasarruflar kadardır, %30 ya da %30'dan daha fazladır. (bkz. Bölüm 1.5.1 ve bölüm 3.7'deki sıkıştırılmış hava sistemleri.)

Elektrikli motorla çalıştırılan alt sistemler elektrik gücünü mekanik güce çevirir. Birçok sanayi uygulamasında mekanik iş çalıştırılan makineye döner mekanik güç (döner mil ile) olarak transfer edilir. Elektrikli motorlar birçok sanayi makinesinin ana kuvvetidir: pompalar, fanlar, kompresörler, karıştırıcılar, taşıyıcılar, kabuk soyma taburları, öğütücüler, testereleler, ekstrüderler, santrifüjler, baskı makinaları, döner miller vb.

Elektrikli motorlar Avrupa'da başlıca enerji tüketim kaynaklarından biridir. Hesaplamalara göre bu motorlar:

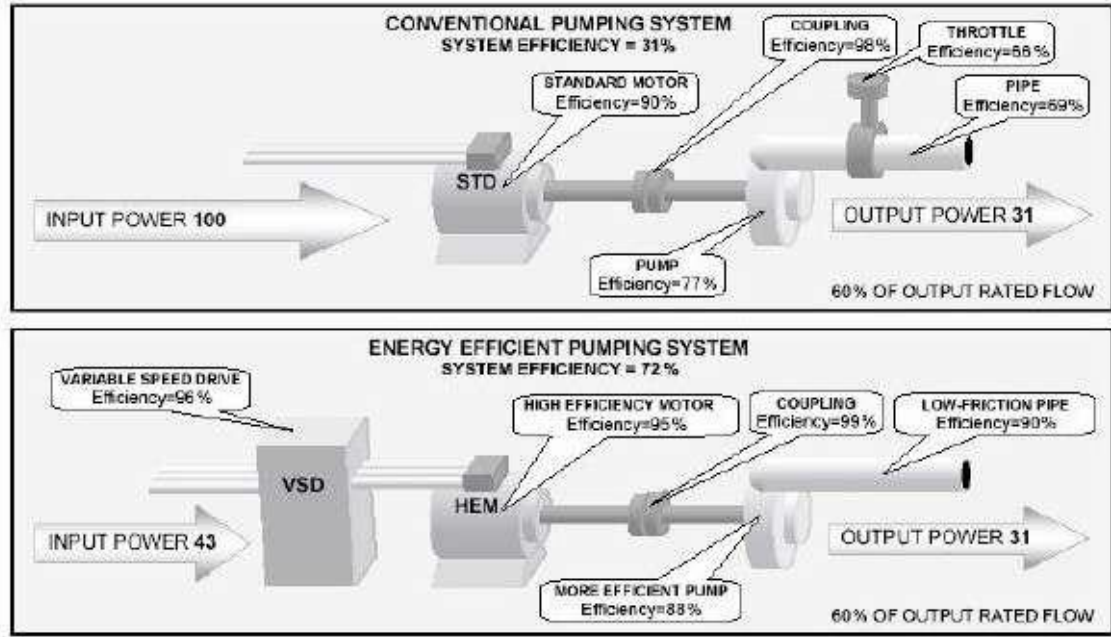
- ☐ 1997 yılında 707 TWh olarak hesaplanan sanayide tüketilmiş elektrik enerjisinin %68'ine ve üçüncü
- ☐ elektrik tüketiminin 1/3'üne denk gelmektedir.

<sup>28</sup> Bu belgede 'sistem' terimi, özel bir amaç için çalışan birbirine bağlı maddelerin ya da araçların bütünü (HVAC, CAS gibi) için kullanılmıştır. Bu sistemler genellikle motor alt sistemlerine sahiptir. (ya da bileşen sistemleri)

Elektrikli motorla çalıştırılan alt sistemler  
bu, bileşenlerin alt sistemidir ve içeriği:

- Güç kaynağı kurulumu
- Kontrol aracı (örn.AC sürücüsü) (bkz. elektrik motoru)
- Elektrikli motor, genellikle endüksiyon motoru
- mekanik iletim kavrama
- çalışan makina örn. Santrifüjlü pompa

Şekil 3.25 konvansiyonel enerji tablosunu ve enerji tasarruflu pompalama sistemlerini göstermektedir.



Şekil 3.25: konvansiyonel ve enerji tasarruflu pompalama sistemleri [246, ISPRA, 2008]

Çalışan makina

Yük makinası olarak da bilinen bu makina, sanayi tesisin nihai amacıyla ilişkili değer katılmış bir görev yerine getirir. Yerine getirilen görevler olarak ikiye ayrılır. Çalıştırılan makine:

- Özellikleri değiştirebilirler: basınç değişimi (sıkıştırma, pompalama), fiziksel boyut değişimi (ezme, tel çekme, döner metaller gibi.). Bu fonksiyon, bu belgede daha detaylı olarak yer alan daha büyük sistemlerde kullanılan basınç-değişim fonksiyonudur.  
pompalar (%20), bkz. Bölüm 3.8  
fanlar (%18), bkz. Bölüm 3.9  
hava kompresörleri (%17), bkz. Bölüm 3.7  
soğutucu kompresörler (%11), bkz. Bölüm 3.4.2.
- malzemelerin/cisimlerin taşınması (taşıyıcılar, vinçler, kaldıraçlar, yük vinçleri, vb.):  
taşıyıcılar (%4) ve diğer kullanımlar (%30).

(sistem çeşidine göre AB-15 ülkelerinde kullanılan motor enerjisi % si)



Motor sistemlerinin enerji verimliliğini etkileyen faktörler:

- ☐ Motor verimliliği
- ☐ uygun boyutlama
- ☐ motor kontrolleri: başlama/durdurma ve hız kontrolü
- ☐ güç kaynağının kalitesi
- ☐ mekanik iletim sistemi
- ☐ bakım uygulamaları
- ☐ son kullanım araçlarının verimliliği.

Tasarruf potansiyelinden yararlanmak için kullanıcılar motor kısmını düşünmeden önce alt sistemin bir parçası olduğu tüm sistemi optimize etmeyi amaçlamalıdır. (bkz. Bölüm 1.4.2 ve 1.5.1, bu bölümdeki bireysel sistem kısımları)

#### Mekanik iletim

Mekanik iletim çalışan makineyi ve motoru mekanik olarak birbirine bağlar. Bu makinanın mil ucunun , fren kutusuyla, zincirle ya da kayışlı tahrikle sabit kaplini ya da hidrolik kaplini olabilir. Bu türler, sürücü sisteminde ek güç kayıplarına neden olmaktadır.

#### Elektrik motoru

Elektrik motorları iki ana gruba ayrılır: DC motorları (doğrudan akım) ve AC motorları (alternatif akım). Bu iki tür sanayide yer almaktadır fakat son birkaç on yıldır teknoloji AC motorlarına eğilim göstermektedir.

#### AC'nin avantajı:

- ☐ dayanıklılık, basit tasarım, bakım ihtiyaçlarının az olması
- ☐ yüksek verimlilik seviyesi (özellikle yüksek güçte motorlarda)
- ☐ nispeten uygun fiyat

AC indüksiyon motorları bu avantajlardan ötürü yaygın olarak kullanılmaktadır ancak tek dönme hızı ile çalışırlar. Yük uygun değilse hızı değiştirmek gerekir. Bu da motorun önünde bir sürücü yerleştirilerek en yüksek enerji tasarrufu sağlayacak biçimde gerçekleştirilir.

Ayrı ayrı beslenen elektrik motorları, sanayide kullanılan elektrik motorlarının en yaygın olanıdır. Enerji dönüşüm prosesinde aktif olarak yer alan tek birçok evrelili sargı setini bünyesinde toplar. (örn. Ayrı ayrı beslenenler). Ayrı ayrı beslenen elektrik makinaları aşağıda belirtilen faktörlerin altında çalışır:

- ☐ ilk hareket torkunu gösteren indüksiyonlu (eş zamansız) motorlar (verimsiz olsa da) başlı başına bir makine gibi çalışırlar. İndüksiyon motor teknolojisi birkaç mega wattlık motorlara kadar uyum sağlayabilir. Eş zamanlı motorlar tek hıza sahip makinalardır. Bunlar faydalı bir ilk hareket torku üretmezler. İlk hareket işlemi için elektronik kontrolör gibi yedek malzemelere ihtiyaç duyarlar. Eş zamanlı motorlar petrokimya sanayinde kompresörler gibi yüksek güçteki uygulamalar için üretilir.

DC teknolojisi kalıcı mıknatıs (PM), fırçasız, eş zamanlı motordur. Bunlar, endüksiyon motorunda elde edilen dönme hızından daha az hız gerektiren uygulamalar için uygundur. Kâğıt ya da karton makinalarının bölümlü sürücüleri gibi bu düşük güçlü uygulamalarda (220 – 600 rpm), sistemin toplam verimliliğini artıran PM motorları kullanılarak mekanik iletim (fren kutusu) ortadan kaldırılabilir.



Şekil 3.26: 24 MW verime sahip kompresör motorları [95, Savolainen, 2005]

DC motorlarının avantajları, hızın elektrik kontrolünü kolaylaştırmasıdır. Ayrıca bazı uygulamalarda faydalı olan ilk başlama torku yüksektir. Ancak güç elektroniği bileşenlerinin hızlı gelişimi ve kontrol algoritmaları AC teknolojisinin konumunu sağlamlaştırır. Bu yüzden AC teknolojisinin üzerinde DC'nin performans üstünlüğü ortadan kaldırılacaktır. Modern AC motorları ve sürücüler birçok alanda DC muadillerinden üstün olmaktadır. Diğer bir deyişle, kâğıt makinası sarıcısının hız torkunu kontrol etmek gibi çok fazla emek gerektiren uygulamalar, AC motorlarıyla ve sürücülerle gerçekleştirilir.

#### Kontrol aracı

En basit haliyle bu araç, ana kabloların motora bağlanması ya da motordan ayrılması için gerekli anahtar ya da kontaktördür. Bu araç manuel olarak ya da kontrol voltajını uzaktan kullanarak çalıştırılabilir. Motor koruma fonksiyonları bu araçların içine yerleştirilir ve marş dinamosu güvenlik fonksiyonlarına sahip anahtardır.

Ana kabloların motora bağlanması için geliştirilen yöntemlerden biri de “statik yol verici”dir. (aka: yıldız üçgen yol verici). Bu araç AC motorunun orta düzeyde çalıştırılmasını sağlar, çalıştırma sırasında “ani akımı” azaltır böylece mekanikleri ve ateşleme fitillerini korur. Statik yol verme özelliği olmadan AC motorları çalışır ve dinamik bir şekilde belirlenmiş hızına ulaşır. Ancak statik yok verici enerji tasarruflu bir araç değildir fakat bunu iddia eden bazı kaynaklar ve yanlış değerlendirmeler bulunmaktadır.

Yukarıda sözü edilen araçların enerji tasarrufu sağlamasının tek bir yolu, bu motorlara ihtiyaç yokken kapalı konumda tutulmalarıdır.

gerçek motor kontrol araçları elektrik motorlarının verimini (hızını ve torkunu) düzenleyebilir. AC sürücüsünün işletme ilkeleri, dönme hızını değiştirebilmek için şebeke elektriğinin frekansını (Avrupa’da 50 Hz) motor için diğer frekansa dönüştürmektir. AC motorları için kontrol aracı aşağıdaki gibi adlandırılır:

- ☐ “frekans dönüştürücü”
- ☐ “değişken hız sürücüsü”(VSD)
- ☐ “ayarlanabilir frekans sürücüsü” (AFD)
- ☐ Bunların kombinasyonu (ASD, VFD) aynı araçları sanayide gerçek kullanıcılar tarafından kullanılan
- ☐ “motor invertörü” ya da sadece “invertör” olarak adlandırmak için de kullanılır.

Motorla çalıştırılan sistemler Avrupa Birliği’nde endüstriyel enerjinin %65’ini tüketir. AC sürücülerini kullanan AB-15 ülkelerinin enerji tasarrufu yılda 43 TWh’dır. Elektrik motorlarının verimliliğinin bizzat artırılması için AB-15 SAVE çalışmalarına göre bu miktar yılda 15 TWh’dır.

Motorla çalıştırılan sistemlerde enerji verimliliği konseptini ele almak için mevcut en az iki farklı yöntem bulunmaktadır. Birincisi, bireysel bileşenler ve verimlilikleridir. Bu yöntemde ekipmanın yalnızca yüksek oranda verimliliğinin sağlanması önemlidir. Diğeri ise bu bölümün başına yer aldığı gibi sistem yaklaşımını benimsemektir. Bu sistemde, tüm sistem tasarrufu oldukça yüksektir.

### 3.6.1 Enerji tasarruflu motorlar (EEMs)

#### Tanım ve işletimsel veri

(Elde edilen çevresel faydalar, Çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik, Finansman, Uygulama için itici güç, Örnekler ve Elektrikli motorlar için ENE tekniklerini kapsayan Kaynak bilgi, Bölüm 3.6.7’de yer almaktadır)

Enerji tasarruflu motorlar (EEMs) ve yüksek tasarruflu motorlar (HEMs) büyük oranda enerji verimliliği sağlarlar. Başlangıçta ek masraflar 20 kW’dan daha yüksek güce sahip motorlar için %20-30 oranındadır. Bu oran, enerji tasarrufu kategorisine bağlı olarak 15kW’ın altında güce sahip motorlar için %50-100’den daha fazla olabilir. (ek çelik ve bakır kullanımı dolayısıyla) Ancak, 1-15 kW’lık motorlar için %2-8 oranında enerji tasarrufu sağlanabilir.

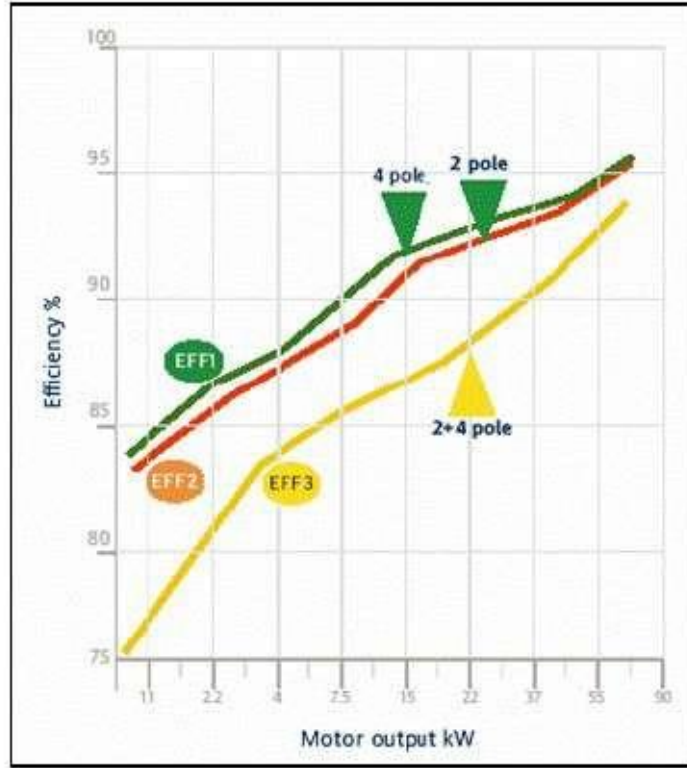
Azaltılan kayıplar sonucunda motorda daha az sıcaklık artışı yaşandığı için motor sargısı yalıtımının ve mil yatağının performans ömrü artar. Böylece birçok durumda:

- ☐ Güvenilirlik artar
- ☐ Duruş süresi ve bakım masrafları azalır
- ☐ Termal gerginliklere dayanıklılık artar
- ☐ Aşırı yük koşullarının artışıyla başa çıkma yetkinliği
- ☐ Yüksek ve düşük voltajda otaya çıkan olağan dışı işletme koşullarına ve faz dengesizliklerine dayanıklılık
- ☐ Daha düşük voltaj ve akım dalgası şekilleri (örn. Harmonikler) vb. gelişimi
- ☐ Güç faktörü artar.
- ☐ Gürültü azalır.

Elektrikli Makine ve Güç Elektroniği Üreticileri Avrupa Komitesi (CEMEP) ile Avrupa Komisyonu arasında Avrupa çapında imzalanan anlaşmaya göre , Avrupa Birliği’nde üretilen elektrikli motorların birçoğunun verimlilik seviyesi açıkça gösterilmiştir. Avrupa motor sınıflandırma planı, <100 kW’lık motorlar için uygulanır. Üç verimlilik sınıfından oluşur ve daha verimli modellerin belirlenmesi için motor üreticilerini teşvik eder:

- ☐ EFF1 (yüksek verimliliğe sahip motorlar)
- ☐ EFF2 (standart verimliliğe sahip motorlar)
- ☐ EFF3 (verimi düşük motorlar).

Bu verimlilik seviyeleri; 400V, 50Hz, S1 çalışma görevleri ve 1.1 ile 90kW arasında verimliliğe sahip 2 ve 4 kutuplu ve 3 fazlı AC'ler için uygulanabilir. Bu da piyasadaki en büyük satış hacmi anlamına gelir. Şekil 3.27'de üç çeşit motorun enerji verimliliği ve çevrim fonksiyonları yer almaktadır.



Şekil 3.27: Üç fazlı AC endüksiyon motorlarının enerji verimliliği

Eko Tasarım (EuP) Direktifi EFF3 ve EFF2 sınıfı motorları 2011 yılından itibaren ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) bu belgenin yazılması esnasında yeni bir uluslararası sınıflandırma şeması üzerinde çalışmaktaydı. Bu şemaya göre, EFF2 ve EFF# motorları en altta EFF1 sınıfı motorlar ise birinci sınıf kategoride yer alacaktır.

Uygun motor seçimi için EU-SAVE PROMOT projeleriyle önerilen EuroDEEM<sup>30</sup> ve Motor Master Plus gibi yeterli bilgisayar donanımı kullanılabilir.

Uygun motor çözümleri için, 24 ayrı üreticiden alınan 3500'den fazla motor çeşidinin enerji verimliliğine ilişkin sahip olduğu bilgileri bir araya getiren EuroDEEM verileri<sup>31</sup> uygulanabilir.

### 3.6.2 Uygun motor ebatı

#### Tanım ve işletimsel veri

(Elde edilen çevresel faydalar, Çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik, Finansman, Uygulama için itici güç, Örnekler ve elektrik motoruna ilişkin tekniklerin yer aldığı ENE için Kaynak bilgi ile ilgili daha fazla detay Bölüm 3.6.7'de yer almaktadır.)

<sup>29</sup> Sponsor: Amerika Enerji Departmanı

<sup>30</sup> Avrupa Komisyonu – DG TREN tarafından desteklenmektedir.

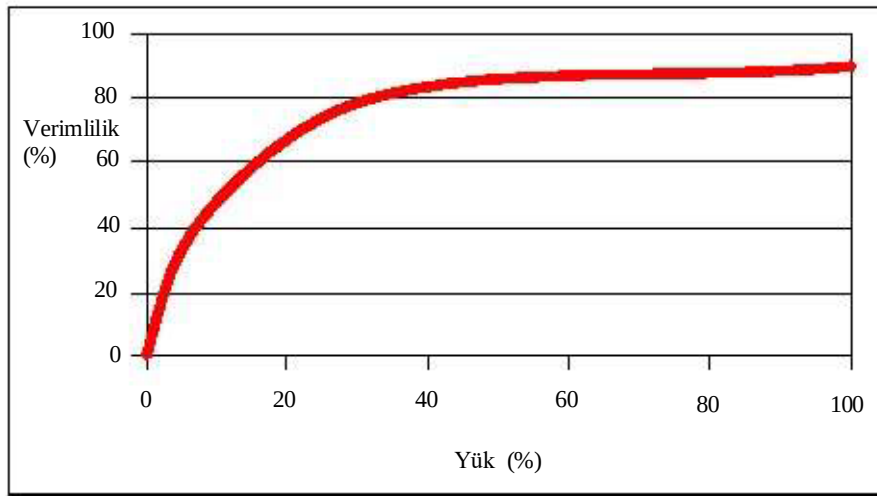
<sup>31</sup> Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanmıştır.

Elektrikli motorlar çalıştırmak zorunda oldukları yük için normalden daha büyüktürler. Motorların birçoğu ful yük noktasında çalışmaz. Avrupa Birliği'nde alan deneyler, ortalamada motorların yüklerine oranla %60 çalıştığını ortaya koymaktadır.

Maksimum enerji verimliliği, motorlar için ful yükün %60-100'üdür. Endüksiyon motoru verimliliği ful yükün %75'inde zirveye ulaşır ve yük noktasının %50'sine doğru düşer. Full yükün %40'ının altında elektrik motoru optimize koşullarda çalışamazsa ve verimliliği hızla düşer. Daha büyük boyutlardaki motorlar, yükün %30'unun altına düşse bile yüksek verimlilik sağlayarak çalışır.

Uygun boyut:

- ☐ Motorların doruk verimlilikle çalışmasına kolaylık sağlayarak enerji verimliliğini artırır
- ☐ Düşük güç faktörleri nedeniyle hat kayıplarını azaltır
- ☐ işletme hızını, fanların ve pompaların güç tüketimini az da olsa düşürür



Şekil 3.28: elektrik motoru için verimlilik karşısında yük

### 3.6.3 Değişken hız sürücüler

Tanım ve işletimsel veri

(Elde edilen çevresel faydalar, Çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik, Finansman, Uygulama için itici güç, Örnekler ve elektrik motoruna ilişkin tekniklerin yer aldığı ENE için Kaynak bilgi ile ilgili daha fazla detay Bölüm 3.6.7'de yer almaktadır.)

Değişken hız sürücülerinin (VSD) kullanılmasıyla motor hızının ayarlanması ve (VSDs) yüksek miktarda enerji verimliliği sağlar. Böylece proses kontrolü daha iyi hale gelir, mekanik ekipmanlarda daha az yıpranmalar yaşanır ve akustik ses azalır. Yükler değişkenlik gösterdiğinde, VSD'ler santrifüjlü pompaların, kompresörlerin ve fan uygulamalarının elektrik tüketimini %4-50 oranında azaltabilir.

Santrifüjlü makineler, miller ve makina aletleri gibi malzeme işleme uygulamaları ve sarıcı, taşıyıcı ve kaldırıcı gibi malzeme taşıyan uygulamalar, VSD'nin kullanılmasıyla genel performans ve enerji tüketimi konusunda kar edilmesini sağlar.

VSD kullanımının diğer avantajları ise:

- ☐ Çalıştırılan malzemenin faydalı işletim aralığının genişletilmesi Motorların
- ☐ hatlardan yalıtılması (Motor basıncını ve verimsizliği azaltır )
- ☐ Çoklu motorların doğru şekilde senkronize edilmesi
- ☐ Değişen işletim koşullarına verilecek tepkilerde hızı ve güvenilirliği artırmak

VSD'ler özellikle yükün sabit olduğu durumlarda(örn. Sıvı yataklı hava girdisi fanı, oksidasyon hava kompresörü gibi) her tesisi için uygun olmaz çünkü VSD enerji girdisinin %3-4'ünü kaybeder. (mevcut fazı doğru akıma çevirmek ve uyarlamak)

### 3.6.4 İletim kayıpları

#### Tanım ve işletimsel veri

(Elde edilen çevresel faydalar, Çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik, Finansman, Uygulama için itici güç, Örnekler ve elektrik motoruna ilişkin tekniklerin yer aldığı ENE için Kaynak bilgi ile ilgili daha fazla detay Bölüm 3.6.7'de yer almaktadır. )

Şaftların, kayışların, zincirlerin ve dişlilerin bulunduğu iletim ekipmanları uygun şekilde monte edilmeli ve bunların bakımları yapılmalıdır. Motordan yüke kadar olan iletim sistemleri kayıp sebebidir. Bu kayıplar %0-45 arasında değişebilir. Uygun olduğu durumlarda, V kayışlarının yerine senkron kayış kullanılabilir. Dişli V kayışları klasik V yakışlarından daha verimlidir. Sarmal dişliler, vida dişlilerinden çok daha verimlidir. Direkt kuplaj en uygun seçenek olarak belirlenmeli (teknik olarak uygunsa) ve V kayışları kullanılmamalıdır.

### 3.6.5 Motor onarımı

(Elde edilen çevresel faydalar, Çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik, Finansman, Uygulama için itici güç, Örnekler ve elektrik motoruna ilişkin tekniklerin yer aldığı ENE için Kaynak bilgi ile ilgili daha fazla detay Bölüm 3.6.7'de yer almaktadır. )

5 kW'ın üstündeki motorlar çalışmayabilir ve performans ömürleri boyunca birkaç kez tamir edilebilir. Laboratuvar testleri, motorların düzgün biçimde tamir edilmemesi motorların verimliliğini %0.5-1 oranında düşürdüğünü hatta eksi motorlarda bu oranın %4 ya da daha fazla olabileceğini ortaya koymuştur.

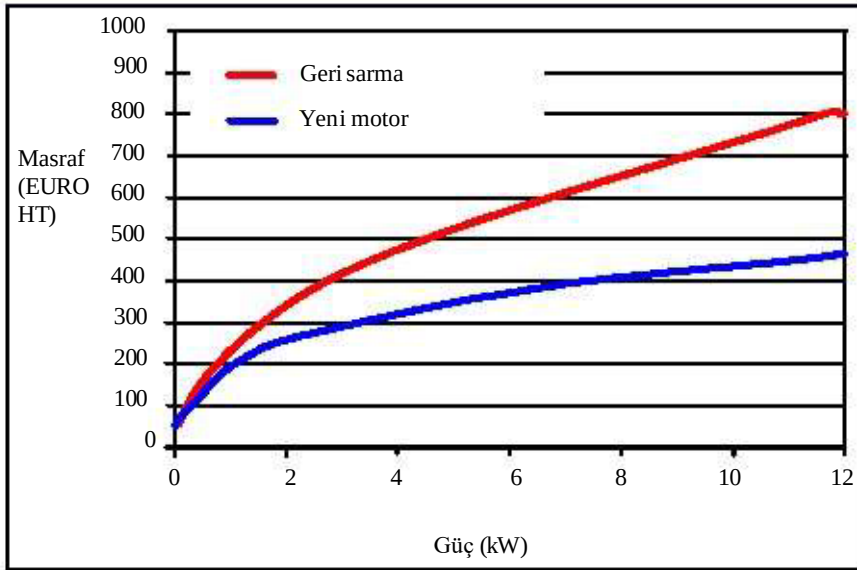
Onarım ile değiştirme arasında bir seçim yapılabilmesi için elektrik masrafları/kWh, motor gücü, ortalama yük faktörleri ve yıl içerisindeki çalışma süreleri dikkate alınmalıdır. Onarım prosesine ve onarım hizmeti sağlayan şirketlere dikkat etmek gerekir. Tamircilerin orijinal üretici tarafından onaylanması gerekmektedir. (enerji tasarruflu motor tamircisi, EEMR)

Yeni bir EEM'nin satın alınmasıyla arızalanan motorun değiştirilmesi, uzun süre boyunca çalışan motorlar için doğru bir yöntemdir. Örneğin, yıllık 4000 saat çalışan ve 20 ile 130 kWh arasında güce sahip motorların (elektrik masrafı: 0,06 Euro/kWh) EEM ile değiştirilmesi sonucunda 3 yıldan az bir süre içerisinde geri ödeme alınabilir.

### 3.6.6 Geri sarma

(Elde edilen çevresel faydalar, Çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik, Finansman, Uygulama için itici güç, Örnekler ve elektrik motoruna ilişkin tekniklerin yer aldığı ENE için Kaynak bilgi ile ilgili daha fazla detay Bölüm 3.6.7'de yer almaktadır. )

Motor geriye sarma işlemi sanayide sıklıkla uygulanır. Maliyeti düşüktür ve yeni motor almaktan daha kolay bir çözümdür. Ancak motorun geriye sarılması verimliliğini kalıcı olarak %1 oranında düşürür. Tamir işleminin dikkatli yapılması ve tamir hizmeti sağlayıcılarının seçilmesine özen gösterilmesi gerekir. Bu tamircilerin orijinal üreticiler tarafından onaylanması önemlidir. (enerji tasarruflu motor tamircileri, EEMR). Yeni motorun neden olacağı ekstra masraflar daha iyi enerji verimliliğiyle telafi edilir. Bu yüzden performans ömrü düşünüldüğünde geri sarma işlemi ekonomik olmamaktadır. Geri sarma işlemine kıyasla yeni motorun neden olacağı masraflar aşağıdaki Şekil 3.29'da yer almaktadır.



Şekil 3.29: geri sarma ile kıyaslandığında yeni motorun maliyeti

### 3.6.7 Elde edilen çevresel faydalar, Çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik, Finansman, Uygulama için itici güç, Örnekler ve elektrik motoruna ilişkin tekniklerin yer aldığı ENE

#### Elde edilen çevresel faydalar

Tablo 3.22, potansiyel olarak motorla çalıştırılan alt sistemler için uygun olabilecek enerji tasarruf önlemlerine yer vermektedir. Tablodaki değerler sembolik olsa da önlemlerin uygulanabilirliği işletmenin özelliklerine bağlıdır.

| Motorla çalıştırılan alt sistemlerin enerji verimliliği | Tasarruf aralığı (%) |
|---------------------------------------------------------|----------------------|
| Sistem kurma ya da yenileme                             |                      |
| Enerji tasarruflu motorlar (EEM)                        | 2-8                  |
| Uygun boyut                                             | 1-3                  |
| Enerji tasarruflu motor tamiri (EEMR)                   | 0,5 - 2              |
|                                                         | 4 - 50               |
| Değişken hız sürüşler(VSD)                              | 2 - 10               |
| Yüksek verimlilik iletimi/indirgeyiciler                | 0.5 - 3              |
| Güç kalite kontrolü                                     |                      |
| Sistem işletimi ve bakımı                               |                      |
| Yağlama, düzelme, ayarlama                              | 1-5                  |

Tablo 3.22: motorla çalıştırılan alt sistemlerin güç enerjisi tasarruf önlemleri

#### Çapraz medya etkileri

Motorlarda ve dönüştürücülerde kayıplara neden olan hız kontrolörleri, harmoniklere yol açar. (bkz. Bölüm 3.5.2) EEM üretim için daha doğal kaynakları (bakır ve çelik) esas alır.

#### Uygulanabilirlik

Elektrik motor sürücüler, elektriğin mevcut olduğu tüm sanayi tesislerinde bulunmaktadır.

Özel önlemlerin uygulanabilirliği ve mali kazanç sağlama aralığı işletmenin hacmine ve özelliklerine bağlıdır. işletmenin ve içinde yer alan sistemin ihtiyaçlarının değerlendirilmesi, hangi önlemlerin uygulanabilir ve kazançlı olduğunun belirlenmesine yardımcı olur. Bu işlem, uzman sürücü sistemleri sağlayıcı ya da tesis içerisindeki uzman mühendislik kadrosu tarafından gerçekleştirilir. Bu işlem özellikle VSD ve EEM'ler için önemlidir çünkü saha fazla maliyet riski bulunmaktadır. Mevcut uygulamalarda yeni sürücü uygulamalarının parça değişimlerinden ayrı tutulması gerekmektedir.



Değerlendirme sonuçları; sisteme uygulanabilecek önlemleri, tasarruf tahminlerini, önlemlere ilişkin masrafları ve geri ödeme süresini kapsar.

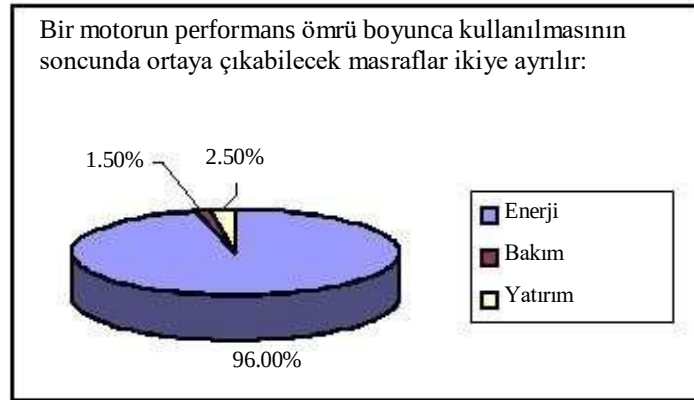
Örneğin, EEM'ler, daha düşük verimliliğe sahip motorlardan daha fazla malzeme içerir (bakır ve çelik) Sonuç olarak, EEM'nin enerji verimliliği daha fazladır kayma sıklığı daha azdır (daha fazla rpm sağlar) ve standart verimliliğe sahip motorlardan daha fazla başlatma akımına sahiptir. Aşağıdaki örnekler EEM'lerin en uygun çözüm olmadığını ortaya koyar:

- ☐ HVAC sistemleri ful yük koşulları altında çalışırken EEM'lerin değiştirilmesi vantilatörlerin hızını artırır (düşük kayma sebebiyle) ve böylece torku yükü artar. Bu durumda EEM kullanmak standart verimliliğe sahip bir motor kullanmaktan daha pahalıya mal olmaktadır. Tasarımlar son rpm'yi yükseltmeyecek şekilde düşünülmelidir.  
Bir uygulama yılda 1000-2000 saatten daha az çalışıyorsa (kesintili sürücüler), EEM'nin enerji verimliliğine ilişkin katkı sağlayamaz (bkz. Finansman)
- ☐ Uygulamanın başlamasının ardından aralıklarla durduruluyorsa EEM'nin daha yüksek başlama akımı sebebiyle tasarruf sağlanamayabilir
- ☐ Bir uygulama uzun süre boyunca kısmi yük ile çalışıyorsa (örn. pompalar) EEM kullanılarak elde edilebilecek tasarruflar göz ardı edilebilir ve VSD enerji tasarruflarını artırır.
- ☐

#### Finansman

EEM motorunun fiyatı klasik motordan %20 daha fazladır. Bir motorun performans ömrü boyunca işletilmesine ilişkin masraflar aşağıda gösterilmiştir:

Bkz. Şekil 3.30:



Şekil 3.30: elektrik motorunun performans ömrü boyunca neden olduğu masraf

Bir motor alırken ya da onarıırken enerji tüketiminin en aza indirilmesi gerekir. Şöyle ki:

- ☐ Geri ödeme süresi AC sürücülerinde 1 yıl ya da 1 yıldan daha az olabilir
- ☐ Yüksek verimliliğe sahip motorların enerji tasarruflarına ilişkin geri ödeme

Arızalı standart motoru geri sarma işlemi ile kıyaslandığında (yeni bir yüksek verimlilik sağlayan motorun satın alınması gibi) enerji tasarruflu tekniğin geri ödeme süresinin hesaplanması:

$$\text{Geri ödeme (yıl)} = \frac{\text{Masraf}_{\text{HEM}} - \text{masraf}_{\text{eski}}}{\text{kW} \cdot \text{H} \cdot \text{Masraf}_{\text{elektrik}} \cdot \left( \frac{1}{\text{Geri sanlan}} - \frac{1}{\text{HEM}} \right)}$$

Denklem 3.11



- ☐  $masraf_{CHEM} =$  yeni bir yüksek verimliliğe sahip motora ilişkin masraflar
- ☐  $masraf_{eski} =$  eski motorun geri sarma işlemine ilişkin masraflar
- ☐  $masraf_{elektrik}$  = elektrik giderleri
- ☐  $kW =$  Motorun çalışır vaziyetteyken aldığı ortalama güç

Uygulama için itici güç

- ☐ AC sürücüler, makine kontrolünün artırılması için kurulur
- ☐ diğer faktörler motor seçiminde önemlidir: örn. Güvenlik, kalite, güvenilirlik, reaktif güç ve bakım aralığı .

Örnekler

- ☐ LKAB (İsveç) bu maden tesisi bir yılda 1700 giga watt saat elektrik tüketir. Bunun %90'ı 15000 motora güç sağlamak için kullanılır. Yüksek tasarruf sağlayan motorlara geçildiğinde LKAB'da yıllık enerji faturası yüzlerce bin dolar miktarınca azalmıştır (tarih yok)
- ☐ Heinz gıda işleme fabrikası (UK) yeni enerji merkezi, sıkıştırma hava fanlarının AC sürücüler tarafından kontrol edilmesi sonucunda %14 daha fazla verim sağlamıştır. Enerji merkezinin dört kazanı bulunmaktadır ve mevcut kazan tesisini değiştirmiştir.

Kaynak bilgi

[137, EC, , 139, US\_DOE, , 231, The motor challenge programme, , 232, 60034-30]

### 3.7 Sıkıştırılmış hava sistemleri (CAS)

#### Tanım

Sıkıştırılmış hava, atmosferik basınçtan daha yüksek basınçlarda kullanılan ve muhafaza edilen havadır. Sıkıştırılmış hava sistemleri belirli bir yer kaplayan hava kütesini alır ve daha küçük bir yerde sıkıştırır.

Sıkıştırılmış hava endüstriyel enerji tüketiminin %10'una ya da AB-15 ülkelerinde yıllık 80 TWh ye denk gelmektedir.

Sıkıştırılmış hava iki şekilde kullanılır:

- ☐ Endüstriyel proseslerde entegre bileşen olarak. Örn.:
  - Durağan proses havası sağlamak için saflık oranı düşük nitrojenin temin edilmesi
  - Atık su arıtma gibi oksidasyon proseslerinde saflık oranı düşük oksijen temin edilmesi
  - Temiz oda için, kirleticilere karşı koruma, vb.
  - yüksek sıcaklık içeren proseslerde karıştırma, örn. bakır ve çelik
  - cam lifleri ve cam kapları
  - plastiklerin kalıba dökülmesi
  - pinomatik sınıflandırma
- ☐ enerji aracı olarak, örn:
  - sıkıştırılmış hava aletlerinin çalıştırılması
  - pnömatik aktüatörlerin çalıştırılması (örn. silindirler).

IPPC işletmelerinde, sıkıştırılmış hava endüstriyel proseslerde entegre bileşen olarak yaygın olarak kullanılır. Basınç, sıkıştırılmış hava ve talep profili proses tarafından daha önce belirlenir.

Sıkıştırılmış hava, temiz ve güvenlidir, çünkü ısı tutan parçalar dolayısıyla doğrudan ya da dolaylı olarak tutuşma ve patlama riski çok düşüktür. Bu sebeple kimya ve kimya ile ilgili sanayilerde tehlikeli alanlarda yaygın bir şekilde kullanılır. Elektriğin aksine “dönüş” borusu/kablosu gerektirmez, araçların çalıştırılması için kullanıldığında pozitif sıkıştırılmalı araçlarda, sabit basınç ve sabit torkta ve hatta düşük dönme hızında bile yüksek güç yoğunluğu sağlar. Bu da birçok uygulamadaki elektrikli aletlerle karşılaştırıldığında avantaj sağlar. Ayrıca değişen üretim koşullarına kolaylıkla uyum sağlar, kendi pnömotik mantık kontrolleriyle kullanılabilir. (genellikle yüksek hacimli üretim istasyonlarında) Kurulumu kolaydır. (ancak, daha ucuz elektronik kontroller yaygınlaşmaya başladıkça önemini yitirmiştir)

Pnömotik mekanik araçlar; kısa, hızlı ve düşük doğrusal hareketler için ya da montaj takımlarını ve proseslerini (manuel ya da otomatik) çalıştırmada düşük hızda yüksek güç yaratmak için kullanılır. Aynı amaç için kullanılan elektrikli aletler de vardır: kısa ve hızlı hareket için piston mknatısları ve yüksek güç için dişli çubuk sürücülerinin yer aldığı motorlar vardır. Ancak pnömotik aletler düşük ağırlık-güç oranı sebebiyle daha uygundur. Bu özellikleri sayesinde kızdırmaya gerek kalmada uzun süre boyunca kullanılabilirler. Bu aletler düşük maliyete sahiptir.

Ancak, itici güç olmadığı durumlarda, sıkıştırılmış hava yerine kullanılacak alternatifler düşünülmelidir.

Sıkıştırılmış hava temini tesis tasarımının entegre bir parçasıdır ve tesisin diğer hava ihtiyaçları ile paralel olarak analiz edilmelidir. IPPC uygulamalarında, CAS önemli bir enerji kullanıcısıdır ve tesislerde kullanılan enerjideki payı %5 ile 25 arasındadır. Enerji verimliliğine duyulan ilgi sebebiyle, kompresör ve buna bağlı ekipman üreticileri CAS’ların optimize edilmesi ve yeni/daha verimli alternatiflerin tasarlanması için teknolojiler ve araçlar geliştirmiştir.

Günümüzde yatırımları, performans ömrü süresinde ortaya çıkacak masraf analizleri ve yeni CAS’ların temin edilmesi ile bağlantılı olarak belirlenir. Enerji verimliliği CAS tasarımında ana parametre olarak düşünülür. Ancak mevcut CAS’ların optimize edilmesi ihtimali söz konusudur. Büyük kompresörlerin performans ömrü 15-20 yıldır. Bu süre içerisinde tesisteki talep profili değişebilir ve bu taleplerin yeniden değerlendirilmesi gerekebilir. Ayrıca mevcut sistemlerin enerji verimliliğinin artırılması için yeni teknolojiler geliştirilmiştir.

Genel olarak enerji araçlarının seçimi (örn. CAS) uygulama parametrelerine bağlıdır ve bu araçlar tek tek analiz edilmelidir.

#### CAS’ların enerji verimliliği

Başlıca birçok sanayi prosesinde sıkıştırılmış hava endüstriyel prosesin entegre bir parçasıdır. Bu uygulamaların büyük bir kısmında proseslerin gerçekleştirilmesi için halihazırda yeniden tasarıma gerek bırakmayacak şekilde kullanılan tek araçtır. Bunun gibi durumlarda CAS’larda enerji verimliliği sıkıştırılmış hava üretimi, artıtımı ve dağıtımı ile belirlenir.

Sıkıştırılmış havanın üretim, artıtım ve dağıtım enerji verimliliği; sistemin planlama, üretim ve bakım kalitesiyle belirlenir. Uzman bir tasarımın amacı uygulamanın ihtiyaçlarına uygun sıkıştırılmış hava sağlamaktır. Uygulamanın iyice anlaşılması şarttır. Ayrıca sıkıştırılmış hava talebi bir veya birden fazla enerji verimliliği tekniğinin uygulanmasından önce belirlenmelidir. Bu teknikleri, güvenilir bir sıkıştırılmış hava sistemi denetiminin kaliteli veri tabanı tarafından desteklendiği enerji yönetim sistemlerine dahil etmek mümkündür. (bkz. Bölüm 2.1 ve 2.15.1).

2000 yılında CAS’lardaki enerji verimliliği potansiyelini analiz etmek için Avrupa SAVE programı himayesinde bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma tüm uygulamaları kapsasa bile IPPC işletmelerinde CAS, sanayideki ortalama CAS’dan daha büyüktür. Bu çalışma, CAS’ın enerji verimliliğinin artırılması amacıyla alınacak önlemlerin gözden geçirilmesi için iyi bir kaynaktır.

Tablo 3.23:

| Enerji tasarrufu önlemleri                                                                                                                                                                                 | % uygulanabilirlik (1) | % kazanç (2) | % potansiyel katkı (3) | Yorumlar                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistem kurulumu ya da yenileme                                                                                                                                                                             |                        |              |                        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Sürücülerin geliştirilmesi (25 yüksek verimlilik motoru)                                                                                                                                                   |                        | 2            | 0,5                    | Küçük sistemlerde En verimli olanı budur II (<10 kW)                                                                                                                                                                                                                |
| sürücülerin geliştirilmesi (hız kontrolü)                                                                                                                                                                  | 25                     | 15           | 3,8                    | değişken yük sistemleri için uygulanabilir. Çoklu makinelerin bulunduğu işletmelerde yalnızca bir makine değişken hız sürücü ile monte edilmelidir. Sağlanan kazançlar, sistem geliştirme sonucudur. (kazanç için Tekli ya da çoklu makine Olması önemli değildir), |
| Kompresörlerin güncellenmesi                                                                                                                                                                               | 30                     | 7            | 2,1                    |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| gelişmiş kontrol sistemlerinin kullanılması                                                                                                                                                                | 20                     | 12           | 2,4                    |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| diğer fonksiyonlarda kullanılmak üzere atık ısının geri dönüştürülmesi                                                                                                                                     | 20                     | 20 80        | 4,0                    | Kazanç enerji kapsamında Düşünülmelidir. Çünkü Elektrik kullanılabilir Isıya dönüştürülür.                                                                                                                                                                          |
| Gelişmiş soğutma Kurutma ve Filtreleme                                                                                                                                                                     | 10                     | 5            | 0,5                    | Bu bölüm daha sık Filtre değiştirme ile ilgili konuları kapsamaz (bkz. Aşağıdaki bölüm)                                                                                                                                                                             |
| Sistem tasarımı Çok amaçlı sistemler dahil                                                                                                                                                                 | 50                     | 9            | 4,5                    |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Sürtünme basıncı Kayıplarının Azaltılması(örn. boru Çapının azaltılmasıyla)                                                                                                                                | 50                     | 3            | 1,5                    |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Son kullanım aletlerinin Optimize edilmesi                                                                                                                                                                 | 5                      | 40           | 2,0                    |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Sistem işletimi ve bakım                                                                                                                                                                                   |                        |              |                        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Hava sızıntılarının azaltılması                                                                                                                                                                            | 80                     | 20           | 16,0                   | Potansiyel olarak en fazla kazanç                                                                                                                                                                                                                                   |
| filtrelerin daha sık değiştirilmesi                                                                                                                                                                        | 40                     | 2            | 0,8                    |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| TOTAL                                                                                                                                                                                                      |                        |              | 32,9                   |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Tablo dipnotları:<br>(1)bu önlemin uygulanabilir ve tasarruflu olduğu durumlarda CAS'ların yüzdesi (2)<br>% enerji tüketimindeki yıllık azalma oranı<br>(3) Potansiyel katkı= uygulanabilirlik * indirgeme |                        |              |                        |                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Tablo 3.23: CAS'lardaki enerji tasarruf önlemleri  
[168, PNEUROP, 2007]

Aletlerin çalıştırılması için sıkıştırılmış havanın kullanılması esnasında “mekanik enerji” terimi, araç tarafından tüketilen sıkıştırılmış havayı üretmek için gerekli toplam elektrik girdisi gücü tarafından paylaşılan “araç şarf gücü” olarak tanımlanır. (tüketilen sıkıştırılmış hava %10-15 oranındadır.)

Elde edilen çevresel faydalar

CAS'ın değiştirilmesi ya da tasarlanması için kullanılan tekniklerin amacı, bu sistemin enerji verimliliğini artırmaktır. CAS'ın enerji verimliliğini artırmanın nihai faydası gürültü salınımlarının ve soğutma suyu kullanımının azaltılmasıdır. CAS'ların ve kompresörlerin performans ömrü oldukça uzundur ve bu yüzden ekipman değişiminde malzeme kullanımı azdır.

Çapraz medya etkileri

Salınımlar, gürültü ve yağ buharıyla sınırlıdır. Enerjinin kullanımına ilişkin CAS'ın diğer çevresel etkileri azdır.

Birçok tesiste CAS bağımlı bir alt sistemdir. Bu sistemlerdeki olası değişiklikler diğer sistemleri ya da prosesleri etkilemez. CAS'lar için kullanılan enerji, diğer sistemlerde kullanıma sebep olur. (bkz. Bölüm 1.3)

İşletimsel veri

CAS bileşenleri

CAS, uygulamanın dört adet alt sisteminin kombinasyonudur:

- ☐ Sıkıştırılmış hava üretimi
- ☐ Sıkıştırılmış hava depolama
- ☐ Sıkıştırılmış hava arıtma
- ☐ Sıkıştırılmış hava dağıtım

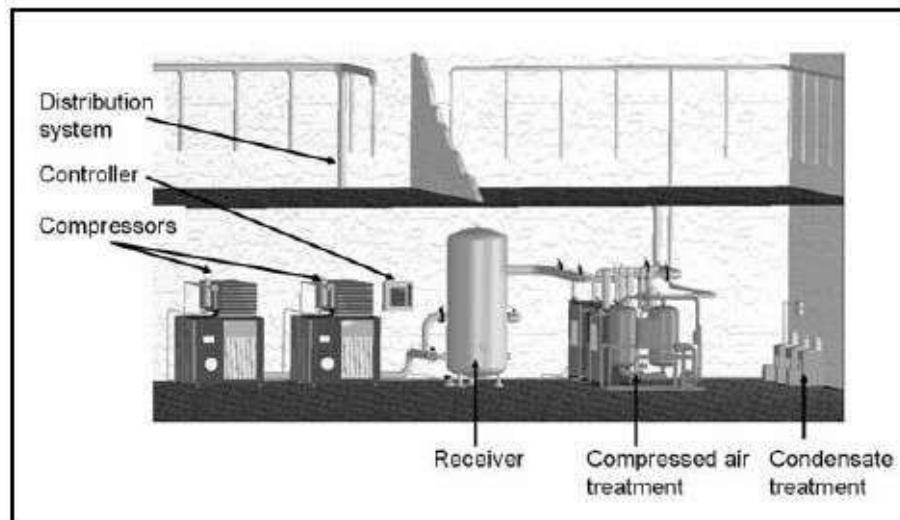
Buna ek olarak, ısı geri kazanımı ve kondensat arıtma gibi yardımcı sistemler de bulunmaktadır.

Alt sistemlerin bileşenlerine ilişkin örnekler Tablo 3.24'te yer almaktadır:

| Üretim    | depolama | Arıtma | Dağıtım      | Yardımcı sistemler |
|-----------|----------|--------|--------------|--------------------|
| Kompresör | alıcı    | Kurucu | Boru sistemi | Isı geri kazanımı  |
| Kontrolör |          | Filtre | Vanalar      | Kondensat kanalı   |
| Soğutucu  |          |        |              |                    |

Tablo 3.24: CAS'taki bileşenler  
[168, PNEUROP, 2007]

Sıkıştırılmış hava sistemlerinin bileşenlerine ilişkin şema Şekil 3.31'de yer almaktadır:



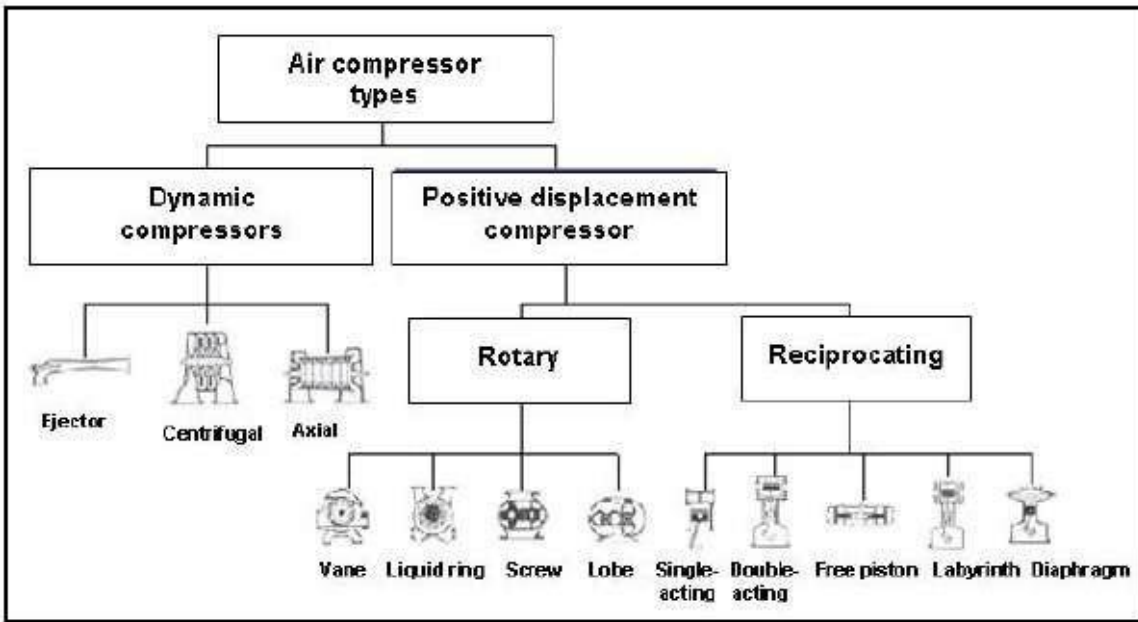
Şekil 3.31: sıkıştırılmış hava sistemlerinin bileşenleri (CAS) [168, PNEUROP, 2007]

Tesislerin büyük bir çoğunluğunda, merkezi sıkıştırılmış hava artımına ve büyük dağıtım sistemlerine sahip çoklu sıkıştırıcı istasyonlar bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, dokuma makinaları ve cam üretim makinaları genellikle entegre ve bu iş için tasarlanmış aletlere sahiptir. Özel uygulamalar için standart sistem tasarımı bulunmamaktadır. Prosese ve parametrelere bağlı olarak doğru bileşenleri seçmek ve bunların arasındaki ilişkiyi idare etmek gerekmektedir.

#### Kompresör çeşitleri

Verimlilik, kompresör çeşidine ve tasarıma göre değişiklik gösterir. Verimlilik ve işletme masrafları, kompresör seçiminde ana faktörlerdir. Fakat bu seçim gerekli kaliteye ve sıkıştırılmış havaya göre belirlenir.

Hava kompresör teknolojisi, iki temel gruptan oluşur: pozitif sıkıştırmalı ve dinamik kompresörler. Bunlar Şekil 3.32 ve metinde yer aldığı gibi çeşitli kompresör çeşitlerine ayrılır:



Şekil 3.32: kompresör çeşitleri  
[168, PNEUROP, 2007]

- Pozitif sıkıştırmalı kompresörler, orijinal basınçta yer kaplayan havayı düşürerek belirli miktardaki basıncı yükseltebilir. Bu tür kompresörlerin, iki temel tarzı vardır: iyileştirici ve döner. Bu temel tarzların her ikisi de farklı teknolojilerle bölünmüştür:

Pistonlu kompresörler düşük basınçlı havayı yüksek basınca sıkıştırmak için silindir içerisinde çalışan bir piston kullanır. Tek yönlü ve çift yönlü çeşitleri vardır.

Döner vidalı kompresörler 40 (30 kW) -500 hp (373 kW) aralığında sanayi kompresörlerinde yaygın olarak kullanılır. Hem yağlanmış hem de yağsız biçimlerde olabilir. Döner kompresörler, basit tasarımı, kurulum kolaylığı, ihtiyaçlarının az olması, uzun performans ömrü ve uygun fiyat sayesinde yaygın biçimde tercih edilir.

Dinamik kompresörler, elementin içinden geçerken havayı hızlandıran döner öğelerdeki sürekli akış makinalarıdır. Bu öğeler hız yüksekliğinin bir bölümünü döner elementte bir kısmını da istasyon difüzöründe ya da palalarda basınca dönüştürür. Dinamik kompresörün kapasitesi çalışma basıncıyla orantılı olarak değişir.

### Uygulanabilirlik

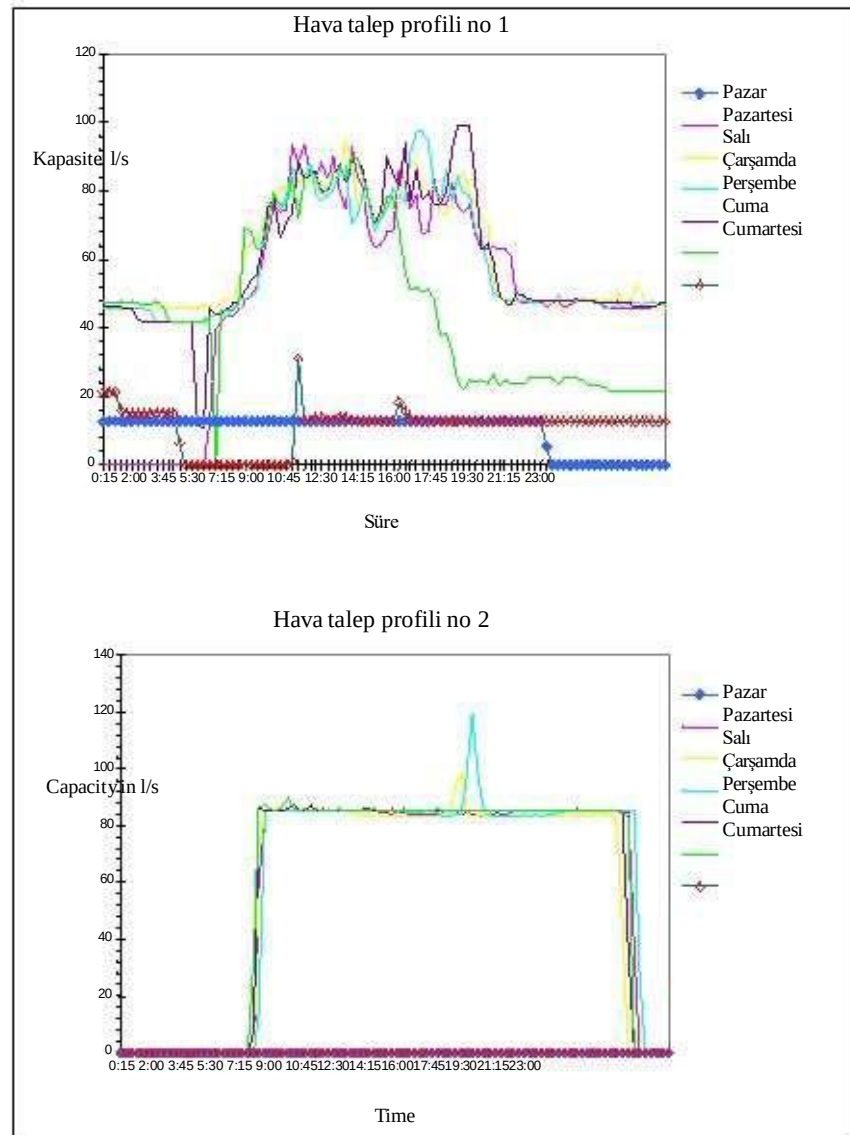
Her bir CAS, tasarımında özel tekniklerin uygulanmasını gerektiren karmaşık bir uygulamadır. Tasarım aşağıda yer alan parametrelere dayanır:

- ☐ Talep profili (en yüksek talep dahil)
- ☐ Sıkıştırılmış hava kalitesi ihtiyacı
- ☐ Basınç
- ☐ Binanın ya da tesisin neden olduğu uzamsal kısıtlamalar

Örnek olarak, ISO 8573-1 sıkıştırılmış hava kalitesinin üç çeşit kirleticiye göre sınıflandırılır. Farklı uygulamalarda gerekli olan saflığa ilişkin durumları gösteren çeşitli sınıflandırmalar mevcuttur:

- |                                                 |    |          |
|-------------------------------------------------|----|----------|
| <input type="checkbox"/> Katı partikül          | 8  | sınıflar |
| <input type="checkbox"/> Nemlilik ve akışkan su | 10 | sınıflar |
| <input type="checkbox"/> Toplam yağ içeriği     | 5  | sınıflar |

Buna ek olarak, tamamıyla farklı sistemler için enerji verimliliği tekniklerinin değerlendirilmesi mümkün değildir. Bu durum aşağıda Şekil 3.33'te yer alan talep profilleriyle gösterilir:



Şekil 3.33: farklı talep profilleri  
[168, PNEUROP, 2007]

Aşağıdaki tekniklere ilişkin tanımlar (bkz. Bölüm 3.7.1-3.7.10 arası) ihtimallere yönelik bilgiler içerir. Uzmanlık sistem ve talep analizi; yenibir tasarım ya da CAS optimizasyonu için ön koşuldur.

Bölüm 2’de karmaşık sistemlerdeki değişikliklerin tek tek değerlendirilmesi gerekir.

#### Finansman

Sıkıştırılmış havanın fiyatı Avrupa’da Nm<sup>3</sup> başına 0.006 ile 0.097 Euro arasından değişiklik gösterir. (2006 yılında elektrik fiyatı Finlandiya’da 0,052/kWh Euro ile bu fiyat Danimarka’da 0,1714 Euro idi: elektrik fiyatlarına ilişkin NUS danışmanlık çalışması) Bu miktarın %75’i enerjiye, %13’ü yatırıma ve %12’si de bakıma ayrılmıştır. (beş yıllık süre boyunca 6000 saat süreyle kullanım) Fiyatlardaki değişiklikler optimize edilmiş işletme ile optimize edilmemiş şirket arasındaki farklardan kaynaklanmaktadır. Bir işletmenin tasarlanmasında ve mevcut tesisin işletilmesine bu önemli parametrelerin dikkate alınması gerekir.

Sıkıştırılmış havanın enerji fiyatı Wh/Nm<sup>3</sup> deki özel enerji tüketimi (SEC) bağlamında ele alınır. Doğru biçimde boyutlandırılmış ve iyi yönetilmiş bir işletmede, nominal akışta ve 7 barlık basınçta çalışma kriterleriyle aşağıda yer alan madde referans olarak alınabilir (farklı kompresör teknolojilerini ele alır) :

$$85 \text{ Wh/Nm}^3 < \text{SEC} < 130 \text{ Wh/Nm}^3 \text{ [194, ADEME, 2007]}$$

Bu oran, tasarım kalitesini ve işletmedeki sıkıştırılmış hava yönetimini temsil eder. Bu oranı bilmek ve incelemek önemlidir (bkz. Bölüm 2.16, kıyaslama) çünkü hava fiyatlarında büyük yükselişlere neden olabilecek düzeyde gerileyebilir.

Enerji verimliliğini geliştirme alanında Üye Devletlerdeki kuruluşlar ve üreticiler birtakım girişimlerde bulunmuştur. Bu programlar, belirlenen tekniklerin yatırımın geri ödenmesinde büyük etkiye sahiptir.

#### Uygulama için itici güç

Kısa amortisman süreleriyle iç içe olan enerji verimliliği geliştirme; belirlenen tekniklerin uygulanmasına ilişkin teşviklerdir. (normal piyasa gücü)

#### Örnekler

Yaygın olarak kullanılanlar

#### Kaynak bilgi

[190, Druckluft, , 191, Druckluft, , 193, Druckluft] [168, PNEUROP, 2007, 169, EC, 1993, 194, ADEME, 2007] [189, Radgen&Blaustein, 2001, 196, Wikipedia]

### 3.7.1 Sistem tasarımı

#### Tanım

Günümüzde mevcut birçok CAS, geliştirilmiş tasarımlardan yoksundur. tesisin performans ömrü boyunca orijinal sisteme göre uygulanmayan yeniden tasarımlarla paralel olarak birçok aşamada kullanılan kompresörler ve çeşitli uygulamalar, CAS’ların performanslarının yetersiz düzeyde olmasına yol açmıştır.

CAS’daki ana parametrelerden biri basınç değeridir. Uygulamaya bağlı olarak birçok basınç talebi daha yüksek enerji verimliliği sağlayan düşük basınç ile daha küçük ve daha ucuz aletlerin kullanıldığı yüksek basıncın değiş tokuş edilmesi için olanak sağlar. Tüketicilerin büyük bir bölümü yaklaşık 6 bar(g) basınç kullanır ancak 13 bar(g) a kadar basınca ihtiyaç duyulabilir. Genellikle basınç, tüm araçlar için gerekli maksimum basınca karşılık vermek için seçilmektedir.



Çok düşük basınç, bazı makinalarda arızaya sebep olabilir, yalnız gereğinden fazla basınç böyle bir etkiye sahip değildir ancak verimliliği düşürür. Birçok durumda, 8 ya da 10 bar(g) sistem basıncı bulunmaktadır ancak havanın büyük bir bölümü basınç düşürücü kapaklarla 6 bar(g) da tutulmaktadır.

Tüm ihtiyaçların %95'ini karşılayabilen ve geri kalan bölüm için küçük bir basınç yükseltici alet kullanan basıncın seçilmesi uygundur. Operatörler 6 bar(g) dan daha fazla basınca ihtiyaç duyan aletleri ya da biri yüksek basınca sahip diğeri ise 6,5 bar(g) da olan iki farklı basınç seviyesindeki sistemleri ortadan kaldırmaya çalışır.

Diğer önemli parametre ise depolama hacminin belirlenmesidir. Sıkıştırılmış hava talebi, özellikle aralıklı olarak çalışan farklı aletlerden kaynaklanmaktadır. Depolama hacmi, basınç talebine ilişkin dalgalanmaları düşürmeye ve kısa süreli en üst seviye talepleri karşılamaya yardımcı olur. (bkz. Bölüm 3.7.10).

İşlenmiş talepler daha küçük kompresörlerin daha sabit çalışmasını sağlar, daha az rölaniti süresi ve daha az enerji talebi ortaya çıkar. Sistemlerin birden fazla hava alıcıları olabilir. Hava alıcıların, daha fazla kısa süreli talep kaynaklarının yanına yerleştirilmesi etkili olur, cihazların üst seviye talepleri karşılanır ve daha düşük sistem basıncı sağlar.

Sıkıştırılmış hava sistemleri için üçüncü ana tasarım ise boruların boyutlandırılması ve kompresörlerin yerlerinin belirlenmesidir. Sistemdeki her türlü tıkanıklık, kısıtlama veya pürüzlülük hava akışında dirence neden olur ve uzun boru hatlarında olduğu gibi basıncın düşmesine neden olur. Dağıtım sisteminde en fazla basınç düşüşü; boyutlandırılmamış hortumların, sıkı geçirme bağlantılarının, filtrelerin, regülatörlerin ve yağlayıcıların yer aldığı kullanım noktalarında ortaya çıkar. Ayrıca kaynaklanmış boruların kullanımı, oransal kayıpları azaltabilir.

Kimi zaman, hava talebi birkaç yıl içerisinde “organik olarak “ artabilir, borunun ön kısmındaki bölümü –daha küçük çapı- daha yüksek hacim akışı transfer etmek zorunda kalabilir, bu da basınç düşüşüne neden olabilir. Bazı durumlarda tesis ekipmanları hiç kullanılmaz. Bu kullanılmayan ekipmanların hava akışı, çalışan ekipmanı etkilemeden dağıtım sisteminden çok önce durdurulmalıdır.

Düzgün tasarlanmış bir sistem kullanım alanında kompresörün boşaltma basıncının %10'undan daha az basınç kaybı yaşar. Basınç kaybının düzenli olarak izlenmesiyle, belirlenen koşullar için düşük basınç düşüşüne sahip kurutucuların, hortumların ve sıkı geçirme bağlantılarının seçilmesiyle, dağıtım sistemi içerisinde hava dolaşımının kat ettiği mesafenin azaltılmasıyla ve yeni hava talebinin ortaya çıkması sonucunda boru çaplarının yeniden hesaplanmasıyla bu oran elde edilebilir.

“tüm sistem dizaynı” sıkıştırılmış havanın tasarım fonksiyonudur. Bu durum uygunsuz kullanıma yol açabilir. Örneğin, uygun basınca ulaşmak için uygulanan genişletme sonrası aşırı basınç uygulama gibi. Ancak bu durumla nadiren karşılaşılır. Günümüzde sanayide birçok kişi sıkıştırılmış havanın önemli bir maliyet faktörü olduğunun farkındadır.

Elde edilen çevresel faydalar

Sıkıştırılmış hava tasarım sisteminin modern sistem olarak sürdürülmesi( elektrik enerji tüketimini azalttığı için)

Çapraz medya etkileri

Veri yoktur.

İşletimsel veri

Daha fazla verimlilik için daha iyi ekipmanlar gerekebilir (daha fazla ve daha büyük borular, filtreler gibi)



**Uygulanabilirlik**

Tüm sistemlerin %50'si kadar verimli olan sıkıştırılmış hava sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemler, basıncı azaltarak %9 kazanç sağlayacak, depo boyutlandırma ile (sistemlerin %50'si) ve boru basınç kayıplarının düşürülmesi aracılığıyla %3 oranında elde edilebilecek enerji tasarrufuna yardımcı olacak tasarımların gözden geçirilmesiyle bu sistemler geliştirilebilir. ( $6\% = 0,5 \times (0,09 + 0,03)$ )

Sistem tasarımı bazı son kullanım cihazlarının optimize edilmesini kapsar. Tüm sistemlerin %5'inde talebi %40 oranında azaltmak ve %2 oranında enerji tasarrufu sağlamak mümkündür. (örn.  $0,05 \times 0,4$ )

**Finansman ve uygulama için itici güç**

Boru hatlarının yenilenmesini ve basıncın ayarlanmasını sağlayan sistemlerin gözden geçirilmesine ilişkin maliyetlerin hesaplanması kolay değildir ve bu hesaplamalar tesisteki koşullara bağlıdır. 50kWh'lık orta ölçekli bir sistemdeki tasarruflar aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$50 \text{ kW} \times 3000 \text{ h/yıl} \times \text{EUR } 0,08/\text{kW} \times 10\% = \text{EUR } 1200/\text{yıl}$$

Tüketicinin yakınına 90 litrelik depo yerleştirmek, nadiren kullanılan bölüm için kapama vanası eklemek, 20 metrelik boruları 10 metrelik hortumları ve bağlantıları değiştirmek için sistemde yapılacak değerlendirmelerin sonucunda ortaya çıkabilecek masraf 2000 Eurodur ve geri ödeme süresi yaklaşık 1,7 yıldır. Belirli basınç düzenlemeleri yapıldığında masraflar az olmaktadır ancak her koşulda ihtiyaçları karşılamak için yeterli olabilecek en düşük basınca göre değerlendirmeler yapılmalıdır.

Finansman, sıkıştırılmış hava sistemlerinin gözden geçirilmesinde itici bir güçtür. Bunun önündeki en büyük engel, sıkıştırılmış hava sistemleri konusunda sorumlu ya da uzman kişilerin olmaması ve bilgi eksikliğidir. Teknik kadro sıkıştırılmış havanın pahalı olduğunu tahmin edebilir ancak verimsizlikler hala belli değildir. Operatörün, konuyla ilgili tecrübesi olan personeli olmayabilir.

Sıkıştırılmış havaya ilişkin bilgilerin yaygınlaştırılması için birçok AB ülkesinde başlatılan girişimler “kazan-kazan-kazan” koşulu yaratarak uygulamanın teşvik edilmesini sağlamıştır: sıkıştırılmış hava sistemlerinin sahibi daha düşük maliyetlerden ötürü kazanç sağlar, kompresör ve diğer cihaz tedarikçileri daha fazla gelir sağlar ve çevre, güç istasyonlarından daha az emisyon çıkmasıyla kazanç sağlar.

**Örnekler**

Veri yoktur.

**Kaynak bilgi**

[168, PNEUROP, 2007, 194, ADEME, 2007]

**3.7.2 Değişken hız sürücüler (VSD)****Tanım**

Kompresörler için değişken hız sürücüler, (VSD, Bölüm 3.6.3) kullanıcıların gün ya da hafta içerisinde proses havası ihtiyacında dalgalanmalar ortaya çıktığında uygulanabilir. Yükleme/boşaltma, modülasyon, kapasite kontrolü ve diğer faktörler gibi klasik kompresör kontrol sistemleri hava talebindeki bu değişimi takip etmeye çalışır. Eğer bu durum yüksek değişim frekanslarına ve yüksek bekleme süresine neden oluyorsa, enerji verimliliğinde düşüş meydana gelir. VSD kompresörlerinde elektrik motorunun hızı sıkıştırılmış hava talepleriyle bağlantılı olarak çeşitlilik gösterir. Bu da yüksek miktarda enerji verimliliği demektir.

Birtakım çalışmalar sonucunda, sıkıştırılmış hava uygulamalarının büyük bir kısmı hava talebindeki büyük dalgalanmaları kontrol altına almaktadır. Böylece değişken hız sürümünün uygulanmasıyla büyük oranda potansiyel enerji tasarrufu ortaya çıkmaktadır.

**Elde edilen çevresel faydalar**

Enerji tasarrufu

Çapraz medya etkileri  
Yoktur.

işletimsel veri

Bağımsız laboratuvarlarda yapılan çalışmalar, normal hava talebi yöntemlerine karşı işletim gerçekleştirildiğinde daha yüksek enerji tasarrufu elde edildiğini ortaya koymuştur. Kompresörlerdeki değişken hız sürümleri enerji tasarrufu dışında birtakım faydaları da beraberinde getirmektedir:

- Basınç sabittir. Bu durum, bazı hassas proseslerde operasyonel dengeyi sağlar
- Güç faktörleri klasik sürümlerden daha yüksektir. Bu da reaktif gücün düşük başlama akımlarının hiçbir zaman motorların ful yüklerini geçmez. Sonuç olarak kullanıcılar elektrikli bileşenlerin oranlarını düşürür.
- Ayrıca uygun olduğu durumlarda, kullanıcılar, başlama sürecinde en üst akım seviyelerinden kaçınarak yardımcı malzeme sağlayan şirketlerin uygulayacağı para cezalarına meydan vermeyebilirler. En üst seviye tasarrufları otomatik olarak gerçekleşir.
- VSD teknolojisi, akımı ve torkudüşürerek daha düşük hızda daha kolay başlama işlemi sürdürmeye yardımcı olur. Böylece mekanik yıpranmayı ve gerilimi azaltarak, kompresörün performans ömrünü uzatır. Kompresör yalnızca gerektiğinde çalıştırıldığı için gürültü seviyesi düşürülmüş olur.

Uygulanabilirlik

Değişken hız sürümleri, sıkıştırılmış hava tedarikinde sık sık dalgalanmaların yaşandığı gıda, tekstil, ilaç ve kimya sanayi gibi çeşitli endüstrilerde uygun olabilir. Kompresör kapasitesinin tümünü kullanarak çalıştırılırsa, herhangi bir verim alınamaz. (bkz. Aşağıdaki örnekler)

VSD kompresörleri, mevcut sıkıştırılmış hava işletmelerinde uygulanabilir. Diğer yandan, VSD kontrolörleri halihazırdaki sabit devirli kompresörlerle entegre edilebilir. Ancak, VSD kontrolörleri ve motorun birbiriyle bağlantılı olarak tedarik edilmesiyle daha iyi performanslar elde edilebilir, çünkü bunlar, belirli hız aralığında en yüksek verimliliği sağlamak için eşleştirilmiştir. VSD uygulamaları, eski kompresörler konusunda yaşanan problemlerden ötürü modern kompresörlerle sınırlandırılmalıdır. Herhangi bir şüphe durumunda üreticiye ya da CAS uzmanına danışılmalıdır.

Birçok CAS'da değişken hız sürüm kompresörü bulunmaktadır. Bu yüzden ekstra bir değişken hız kompresörünün sanayide uygulanma oranı %25'tir. %30'a kadar tasarruf sağlanabilir ancak yalnızca bir kompresörün değişken hız sürümünün bulunduğu CAS'lar için bu oran %15'tir. Daha fazla CAS'ın avantaj yaratmak için bünyesine değişken hız sürümü eklemesi beklenmektedir.

Finansman

Enerji, kompresörün performans ömrü boyunca neden olacağı maliyetin %80'ini oluşturur. Geriye kalan %20'si ise yatırım ve bakım masraflarıdır. Çeşitli hız sürümlerinin kullanılmasıyla elde edilen tasarruf %15'tir. Performans ömrü boyunca ortaya çıkabilecek maliyetlerin %12'sinden tasarruf edilmesine katkı sağlar. Ancak, değişken hız kompresörleri için (klasik kompresörlerin aksine) ek masraflar, performans ömrü boyunca ortaya çıkabilecek masrafların %2-5'ini oluşturur.

Uygulama için itici güç

Finansman ve çevresel durumlar, başlıca faktörler.

Örnekler

Hartlepool, UK'de 18 aylık eski bir vidalı kompresör üzerinde BS1571 kapasite testi uygulanmıştır. Tedarik miktarının %50'sinden 9.4kWh enerji tasarrufu (ful yük gücünün %9'u) elde edilmiştir. Kompresörün daha düşük yükte çalıştırılmasıyla daha fazla tasarruf etmek de mümkündür. Ancak, ful yükte enerji tüketimi invertördeki güç kayıpları nedeniyle %4 daha fazla olabilir. Bu yüzden, VSD ful yükte uzun süre boyunca çalıştırılan kompresörlerle kullanılmamalıdır.

Kaynak bilgi

[168, PNEUROP, 2007, 194, ADEME, 2007, 195, DETR]

### 3.7.3 Yüksek verimli motorlar (HEM)

Tanım

Yüksek verimli motorlar için yapılmış resmi bir tanım olmasa da bu bileşenler genellikle, kayıpların belirli bir dereceye kadar indirildiği motorlar olarak tanımlanır. Yüksek verimli motorlar, enerji tasarrufu sağlamak için elektrik ve mekanik kayıpları en aza indirir. Yüksek verimli motorları diğer motorlardan ayırt etmek için dünya çapında belirlenen çeşitli sınıflandırmalar bulunmaktadır. Örn. EFF1, NEMA premium, vb. (bkz. Bölüm 3.6.1).

Elde edilen çevresel faydalar

Enerji tasarrufları

Çapraz medya etkileri

☐ çekilen akım daha azdır

☐ üretilen ısı daha azdır

İşletimsel veri

Veri bulunmamaktadır.

Uygulanabilirlik

Motor kayıpları, motorların kullanım yeri ve kullanım biçiminden bağımsızdır. Bu da enerji verimli motorları neredeyse her yerde kullanılabildiğini gösterir. Yüksek verimli motorlar, büyük uygulamalar için kullanılmaktadır (%75), ve geri kalan %25 daha küçük sistemlerde kullanılır.

Finansman

%1-2 oranındaki küçük bir tasarruf bile motorun performans ömrü boyunca ortaya çıkaracağı oransal tasarruflara katkı sağlar. Birikerek çoğalan tasarruflar önemlidir.

Uygulama için itici güç

Maliyet kazancı

Örnekler

Veri yoktur

Kaynak bilgi

[168, PNEUROP, 2007, 194, ADEME, 2007, 195, DETR]

### 3.7.4 CAS ana denetim sistemleri

Tanım

IPPC uygulamalarının büyük bir çoğunluğunda, CAS'lar çoklu kompresör işletmeleridir. Bu çoklu kompresör işletmelerinin enerji verimliliği CAS ana denetim ile önemli derecede artırılabilir. Bu denetim işlemi, kompresörlerle ilgili bilgi alışverişi sağlar ve bireysel kompresörlerin işletim modlarının tam anlamıyla kontrol eder.

Bunun gibi ana denetimler, iletişim bağlantısının yetkinliğine bağlıdır. Bu yetkinlik, yüzer röle kontağından bağlayıp otomasyon iletişimi kullanan ağlara kadar uzayıp gider. İletişim yetkinliğinin artması; kompresörle ilgili işletimsel verinin elde edilmesine ilişkin serbestlik sağlar. Bunun sebebi, bireysel kompresörlerin işletimsel modlarının kontrol edilmesi ve CAS'ın enerji tüketiminin optimize edilmesidir.

Ana denetimin kontrol stratejisi, bireysel kompresörlerin özelliklerini ve kontrol modunu dikkate almak zorundadır. Kompresör çeşitlerinin kontrol modlarına ilişkin bazı açıklamalar ve çizimler bulunmaktadır. Bireysel kompresörler için en yaygın olarak kullanılan kontrol modları:

- ☐ Yükten, randımana ,duruşa ve frekans kontrolüne geçiş
- ☐

Gelişmiş kompresörlerin ve ana denetimlerin en önemli özellikler aşağıdaki gibidir:

- ☐ Gelişmiş iletişim özellikleri (otomasyon iletişimine dayalı)
- ☐ CAS ana denetiminin, bireysel kompresörlerin işletimsel verilerine ulaşımı
- ☐ CAS ana denetim tarafından tüm kompresör modlarının kapsamlı olarak kontrol edilmesi
- ☐ CAS özelliklerinin tanınması da dahil olmak üzere ana denetim stratejisinin öğrenim süreci optimizasyonu
- ☐ Yüklenmiş, rölantiye alınmış ve durdurulmuş kompresörlerin yüksek enerji tasarruflu kombinasyonlarının belirlenmesi ve aktive edilmesi, toplamda serbest üfleme hava (FAD) talebine karşılık vermek amacıyla bu durumlar (yük, durdurma, rölanti) arasındaki iletişimi belirlemek
- ☐ FAD talebindeki kısa süreli dalgalanmaları telafi etmek için değişken frekanslı kompresörlerin verimli bir şekilde kontrol edilmesi, böylece düşük frekanslarda sabit hızda uzun süre boyunca verimsiz olarak çalışmayı önler.
- ☐ Değişken frekansların ve sabit hız kompresörlerinin rölantide çalışmasının optimize edilmesi
- ☐ Periyodik taleplerin belirlenmesi (günlük, haftalık vardiyalar ya da çalışma alanı koşulları) de dahil olmak üzere toplam FAD talebi için uygulanacak tahmin modelleri ve yöntemleri
- ☐ Uzaktan denetim, tesisi verilerinin toplanması, bakım planlama, tele servis ve/veya daha önceden web sürücülerini aracılığıyla işlenmiş işletimsel veri tedariği, kompresörler dahil olmak üzere CAS'ın diğer bileşenlerinin kontrol edilmesi gibi fonksiyonlar

Elde edilen çevresel faydalar

- ☐ enerji verimliliğinin
- ☐ artırılması
- çekilen akım ve üretilen ısı daha düşüktür

Çapraz medya etkileri

Yoktur.

işletimsel veri

tek kompresöre sahip işletmelerde: CAS „a ilişkin en uygun işletim koşulları, kompresörün optimum verimlilikte sabit hızla çalıştığı durumlarda ortaya çıkar. Ancak, talep süreklilik arz etmiyorsa, uzun süre boyunca çalışmayan kompresörlerin durdurulması daha verimli bir çözümdür:

- ☐ frekans kontrolü olmayan kompresörler rölanti süresi boyunca ya da durdurma sırasında yük ve %0 FAD ile %100 FAD elde etmek ve sabit hızda çalışmak amacıyla yükten, rölantiye ve durdurma koşullarına geçiş yapar. Bazı durumlarda, basınç kuralları %0 ile %100 FAD arasında değişen daha fazla frekansa ihtiyaç duyarsa ve bu ihtiyaç elektrik motorlu tahrik düzenin başlama frekansından fazlaysa kompresörün durdurma yerine rölantide çalıştırılması daha uygun olabilir.

Rölanti süresi boyunca güç tüketimi, ful yük değerinin %20-25'ine denk gelir. Ek kayıplar; durdurma işleminin ardından kompresörün havalandırılması sonucunda ve tahrik motorunun elektrik verme kayıplarından kaynaklanır. Tek kompresörlü işletmelerde gerekli anahtarlama sıklığı; yük profiline, alıcının (depolama) boyutuna ve kompresörün FAD'ına ve kabul edilebilir basınç dalgasına bağlıdır.

Bu denetim parametreleri yanlış seçilirse, sürekli modda ful hızla çalıştırılan kompresörlerle kıyaslandığında aralıklı modda çalışan sabit hızdaki kompresörlerin ortalama verimliliği önemli ölçüde azalabilir. Bunun gibi durumlarda, sürekli olarak çalışan kompresörün proses parametrelerinin optimize edilmesi amacıyla gelişmiş ana denetimlerin uygulanması, CAS'ın verimliliğinin artırılmasında etkin bir araçtır. Kompleks ana denetimler, rölantideki işletimleri ve anahtarlama frekansları en aza indirmek için tasarlanmıştır ve programlanmıştır. Bu denetimler, motor sıcaklığının (ölçülen ya da tahmin edilen) aniden çalıştırma koşullarına izin verdiği sürece kompresörlerin doğrudan durdurulmasına ilişkin stratejileri kullanır. Rölanti süresi en aza indirilirse sabit hızdaki kompresörler enerji verimi sağlar.

- Frekans kontrollerine sahip kompresörlerde kompresör ögesinin işletme hızı, maksimum ile minimum hız arasında sürekli değişir. Normalde, kontroller yaklaşık 4:1 ile 5:1 arasında olan minimum ile maksimum hız aralığında bulunur. Yer değiştirmeli kompresörlerin FAD'ı (dişli kompresörler) işletme hızı ile neredeyse orantılıdır. Frekans dönüştürücülerdeki kayıplar ve eş zamansız tahrik motorundaki dolaylı kayıplar nedeniyle, tahrik sisteminin verimliliği sabit hız tahrik düzeni ile karşılaştırıldığında daha azdır. (full yükte %3-4 oranında azalma, kısmi yüklemde daha fazla) bunun yanı sıra, yer değiştirmeli kompresörlerin verimlilik oranı (yağ enjekte edilmiş ve kuru olarak çalışan dişli kompresörler) tasarım noktasındaki işletim ile kıyaslandığında düşük işletme hızında daha da düşmektedir.

Tek kompresörlü işletmelerde, bu negatif etkiler değişken frekanslı kompresörlerin uygun özellikleri ile telafi edilebilir. (aynı uygulamada sabit hızdaki kompresörlerde ortaya çıkacak rölanti, havalandırma ve/veya başlama kayıplarını azaltırken) Sınırlı kontrol aralığı sebebiyle, değişken frekansa sahip kompresörler dahi düşük FAD taleplerinin ortaya çıkması durumunda rölanti, durdurma ve/veya başlama kayıpları yaşanabilir.

- Çoklu kompresöre sahip işletmeler: çoklu kompresörlerin yer aldığı işletmeler için yukarıda yer alan değerlendirmeler çok basittir, çünkü FAD talebindeki değişiklikler, çeşitli kompresörlerin işletim modlarının karmaşık kombinasyonu ve bunlar arasındaki ilişki sayesinde ana denetim ile uyumlu olacaktır. Ayrıca bu işlem değişken frekanslı kompresörlerin işletme hızlarının kontrol edilmesini kapsar, değişken frekanslar yoksa sabit hızdaki kompresörlerin anahtarlama frekanslarını ve rölanti durumundaki işletimlerini en aza indirmek için denetimlerin sürdürülmesini kapsar.

Çoklu kompresörlerin yer aldığı işletmelerdeki değişken frekanslı kompresörlerin düşük depolama kapasitesiyle, hızla değişen FAD talebiyle, birkaç kompresörle ve/veya yetersiz bir şekilde belirlenen kompresör boyutlarıyla entegrasyonu, CAS'da başarı sağlayabilir. Diğer yandan bu entegrasyon, farklı kompresörlerin düşük anahtarlama frekanslarıyla ve düşük rölanti süresiyle kombinasyonunu aktif hale getirerek üretilen FAD'ın FAD talebine uyulanması amacıyla ana denetimlere olanak sağlar.

Ana denetimler, belirlenen minimum basıncı uygun ölçüm noktasında tutmak için çoklu kompresörlerin ortak bir basınçta çalışmasını sağlar. Bu durum, kaskad şemalarıyla karşılaştırıldığında, enerji tasarrufları sağlar. Gelişmiş ana denetimler, anahtarlama frekanslarını ve kompresörlerin rölanti süresini artırmadan basınç dalgasını azaltacak stratejileri kullanır. Dar basınç dalgaları ortalama geri basıncı azaltır ve böylece yüklenen kompresörlerin enerji ihtiyaçlarını ve yapay aşağı akım taleplerini azaltır.

#### Uygulanabilirlik

SAVE çalışmasına göre, gelişmiş denetim sistemlerinin güçlendirilmesi mevcut CAS'ların %20'si için uygundur (ayrıca maliyet kazancı sağlar) IPPC işletmelerindeki büyük CAS'lar için gelişmiş ana denetimlerin uygulanması en son gelişme olarak düşünülebilir.

Gelişmiş ana denetim uygulamaları, kompresörlerin önceden seçilmesi ile ya da ana bileşenlerin (kompresörlerin) değiştirilmesiyle bağlantılı olarak sistem tasarım aşamasında planlandığında en yüksek enerji verimliliğine ulaşmak mümkün olmaktadır. Bu gibi durumlarda, gelişmiş, kapsamlı ve uygun iletişim becerilerine sahip kompresör kontrollerinin ve denetimlerinin belirlenmesi konusunda dikkatli olunmalıdır.

CAS'ların uzun performans ömrünün uzun olması sebebiyle, bu uygun senaryo her zaman uygulanamayabilir ancak CAS'ı gelişmiş ana denetimlerle yenilemek –daha yenilikçi bir alternatif yoksa- önemli derecede enerji tasarrufu sağlar. (hatta eski kompresörleri yüzer röle kontağıyla bağlayarak CAS'ın yenilenmesi mümkündür;)

#### Finansman

Yeni tasarlanan CAS'da ana kontrol sistemlerinin entegrasyonuna ilişkin maliyet kazancı talep profilleri, kablo uzunlukları ve kompresör tipleri gibi koşullara bağlıdır. Bunun sonucunda ortaya çıkabilecek ortalama enerji tasarrufları %12 olarak tahmin edilmektedir. Yenileme durumunda, mevcut ana denetim sisteminde eski kompresörlerin entegrasyonu ve planların mevcut olması belirsizlik yaratır ancak geri ödeme dönemi bir yıldan daha az bir süreyi kapsar.

#### Uygulama için itici güç

Uygulama için birinci itici güç enerji masraflarının azaltılmasıdır, fakat diğer faktörlerden bahsetmekte fayda vardır. Gelişmiş ana denetimler ve kompresör kontrolleri ileri düzeyde iletişim yetkinliği sağlarsa, ana denetimde kapsamlı bir işletimsel veri toplamak mümkün olabilir. Diğer özelliklerle uyum içerisinde olan bu denetim; planlanmış ya da koşullara uydurulmuş bakımlar, tele servis, uzaktan denetim, tesis verileri denetimi, sıkıştırılmış hava masrafları ve benzer hizmetlere ilişkin bir temel sağlar. Bu faktörler bakım masraflarının azalmasına, işletimsel uygunluğun artmasına ve sıkıştırılmış hava masrafları hakkında bilincin yükseltilmesine imkân sağlar.

#### Örnekler

Bilgisayarlı kompresör kontrol sistemlerinin kurulması sıkıştırılmış hava üretimi masraflarını %18,5 oranında düşürmüştür. Ford Motor Company (daha önceki ismi: Land Rover) Solihull, UK. Sistem kurulmuş ve üretim aşamasında hiçbir engelle karşılaşmamıştır. Sistem maliyetlerinin 16 ayı kapsayan geri ödeme süresi vardır. ( üç ya da daha fazla kompresör kullanan birçok sıkıştırılmış hava sistemlerinde benzeri uygulanabilir) Bu durum, elektrik masraflarının aşağıda gösterilen biçimde düşürmek amacıyla çok fazla sıkıştırılmış hava kullanıcıları için basit ve güvenilir bir kaynak sağlar:

- ☐ Potansiyel kullanıcı: üç ya da daha fazla kompresör içeren kompresör dairesi
- ☐ Yatırım maliyeti: sisteme ilişkin toplam maliyet: 44900EURO, bunun 28300 Euro'su ana sermaye masraflarıdır (1991 fiyatları)
- ☐ Elde edilen tasarruflar: 600000 kWh (2100 GJ/yıl, değer EURO 34000/yıl (1991 fiyatları)
- ☐ Geri ödeme süresi: 1,3 yıl (kontrolörden sağlanan doğrudan kazanç); sekiz ay (sızıntıların azaltılması da göz önünde bulundurulur)

(GBP 1 = EURO 1,415489, 1 Ocak 1991)

Günümüzde gerekli yatırım masrafları oldukça düşmüştür, bu yüzden ana sermaye yatırımı 1998 yılında 28300 Euro'dan 5060 Euro'ya düşmüştür. Yani 1998 yılında Land Rover'deki düşük elektrik masraflarına rağmen geri ödeme süresi 3 aydan daha kısaydı.

#### Kaynak bilgi

[113, Best practice programme, 1996]

### 3.7.5 Isı geri kazanımı

#### Tanım

Endüstriyel hava kompresörü tarafından kullanılan enerjini büyük bir bölümü ısıya çevrilir ve bu ısı dışarıya doğru yönlendirilmelidir. Birçok durumda, düzgün biçimde tasarlanmış ısı geri kazanım birimi bu uygun termal enerjinin büyük bir yüzdesini geri kazandırabilir, havayı ya da talep olduğunda suyu ısıtmak gibi işlerde kullanılabilir.

Elde edilen çevresel faydalar  
Enerji tasarrufları

Çapraz medya etkileri  
Yoktur.

işletimsel veri  
iki farklı geri kazanım sistemi bulunmaktadır:

- ☐ Isıtma havası: havayla soğutulmuş ambalajlanmış kompresörler, ortam ısıtma, endüstriyel kurutma, yağ yakıcılar için emilen havanın önceden ısıtılması ve sıcak havaya gerek duyan diğer uygulamalar için ısı geri kazanımı işlemini gerçekleştirmeye uygundur. Ortamdaki hava, sıkıştırılmış hava proseslerinden ısıyı alan kompresör soğutucular yoluyla geçer.

Ambalajlanmış kompresörler, kabinlerde muhafaza edilir ve bünyesinde ısı değiştiriciler ve fanlar bulunmaktadır, bu sebeple gerekli tek sistem değişimi, kompresörün soğutucu fanında herhangi bir geri basıncı ortadan kaldırmak ve kanal yüküyle başa çıkabilmek amacıyla kanal sisteminin eklenmesidir. Bu ısı geri kazanım sistemleri basit bir termostatla kontrol edilen açılır kapanır bir hava menfeziyle modüle edilebilir.

Ortam ısıtma için ısı geri kazanımı suyla soğutulan kompresörlerden daha az verimliliğe sahiptir çünkü ısı geri kazanımı için ekstra bir aşama gerekmektedir ve mevcut ısının sıcaklığı düşüktür. Suyla soğutulan kompresörlerin birçoğu boyut olarak büyük olduğundan, ortam ısıtma amacıyla ısı geri kazanımı uygun bir fırsat olarak değerlendirilebilir.

- ☐ Isıtma suyu: sıcak su üretmek için hava ve su ile soğutulan ambalajlanmış kompresörlerde bulunan yağlama yağından atık ısı çıkartmak için ısı değiştiriciyi kullanmak mümkündür. Tasarıma bağlı olarak, ısı değiştiriciler, içilebilir ya da içilmez su üretirler. Sıcak su gerekmediğinde, yağlayıcı standart yağlama soğutucuya yönlendirilir.

Sıcak su, merkezi ısıtmada, kazan sistemlerinde, duş sistemlerinde, endüstriyel temizlik proseslerinde, kaplama işlemlerinde, ısı pompalarında, çamaşırhanelerde ve sıcak ısının gerekli olduğu her yerde kullanılabilir.

#### Uygulanabilirlik

Isı geri kazanım sistemleri, piyasada tercih edilebilir bir ekipman olarak birçok kompresör için uyum sağlayabilir. (kompresör bobinine yerleştirilmiş biçimde ya da ayrı bir çözüm olarak) Mevcut CAS'lar genellikle kolay bir biçimde ve ekonomik olarak uygun şekilde yenilenir. Isı geri kazanım sistemleri, sıcak hava ve soğuk suyla soğutulmuş kompresörler için uygundur.

#### Finansman

Endüstriyel havalı kompresörlerin kullandığı elektrik enerjisinin %80-95'i termal enerjiye dönüştürülür. Birçok durumda, iyi bir biçimde tasarlanmış ısı geri kazanım birimi, bu termal enerjinin %50-90'ını geri kazandırır ve suyu ya da havayı ısıtma amacıyla kullanılabilir.

Potansiyel enerji tasarrufları sıkıştırılmış hava sistemlerine, işletme koşullarına ve kullanıma bağlıdır.



Sıkıştırılmış hava sistemlerinden gelen geri kazandırılabilir ısı doğrudan buhar üretmek için yeterli olmayabilir.

Soğutma havası giriş sıcaklığının üzerinde olan 25 -40 °C'lik hava sıcaklığı ve 50 -75 °C'lik su sıcaklığı elde edilebilir.

Yağ enjekte edilmiş dişli kompresörlerin enerji tasarruflarına ilişkin bir örnek Tablo 3.25'te yer almaktadır:

| Nominal güç kompresörü | Ger kazandırılabilir ısı (nominal gücün yakl. % 80'i) | Yıllık akaryakıt tasarrufu 4000 çalışma saati/yıl | Yıllık maliyet tasarrufu EURO 0,50/l akaryakıt |
|------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| kW                     | kW                                                    | Litre/yıl                                         |                                                |
| 90                     | 72                                                    | 36330                                             | EURO/yıl                                       |
|                        |                                                       |                                                   | 18165                                          |

Tablo 3.25: maliyet kazancı örnekleri  
[168, PNEUROP, 2007]

$$\text{Yıllık maliyet kazancı (EUR/yr)} = \frac{\text{nominal güç kompresörü (kW)} \times 0.8 \times \text{çalışma saati/yr} \times \text{fuel oil masrafları (EURO/l)}}{\text{yakıtların büyük kalorifik değeri (kWh/l)} \times \text{ısıtma yağı verimliliği faktörü}}$$

Denklem 3.12

$$\begin{aligned} \square & \\ \square \text{ yakıtların büyük kalorifik değeri} &= 10,57 \text{ (kWh/l)} \\ \square \text{ yağla ısıtma verimlilik faktörü} &= 75 \%. \end{aligned}$$

Uygulama için itici güç  
Maliyet kazancı

Örnekler  
Veri yoktur.

Kaynak bilgi  
[121, Caddet Enerji Verimliliği, 1999, 168, PNEUROP, 2007]

### 3.7.6 Sıkıştırılmış hava sistemi sızıntılarının azaltılması

Tanım

Sıkıştırılmış hava sistemleri sızıntılarının (CAS) azaltılması enerji kazancında en büyük faktördür. sızıntı sistem basıncı ile (üst basınç) doğrudan orantılıdır. Sızıntılar, her CAS'da vardır ve yalnızca üretim sırasında değil günün 24 saati etkindir.

Sızıntıya sebep olan kompresör kapasitesindeki kayıpların yüzdesi iyi bir bakımdan geçirilmiş büyük sistemde %10'dan az olmalıdır. Küçük sistemlerde, %5'ten az sızıntı oranları beklenmektedir. Bakımı düzgün yapılmamış bir "CAS'da sızıntı oranı %25'lere kadar çıkabilir.

Sıkıştırılmış hava sistemleri için önleyici bakım programları sızıntı önleyici tedbirleri ve periyodik sızıntı testlerini kapsamalıdır. Sızıntılar bulunup tamir edildiğinde sistem yeniden gözden geçirilmelidir. Tesler aşağıda yer alan maddeleri kapsar:

- ☐ Sızıntı miktarının hesaplanması: CAS'daki sızıntı miktarının hesaplanmasına yönelik hiçbir metodun sistemden bir beklentisi yoktur, bu da hava tüketen tüm cihazların kapalı olduğunu ve tüm hava tüketiminin de yalnızca sızıntıdan kaynaklandığını ortaya koymaktadır:



- Sıkıştırılmış hava tüketim ölçümünü gerçekleştirecek cihaz kurulmuşsa, doğrudan ölçüm yapılabilir.
- Start/stop kontrollerini kullanan kompresörlerin yer aldığı CAS içerisinde, sızıntı miktarının hesaplanması ölçüm süresiyle ilişkili olarak kompresörün çalışma süresiyle (yükli süre) belirlenir. Temsil, bir değer elde etmek için ölçümler kompresörün en az beş başlangıcını kapsamalıdır. Kompresör kapasitesinin yüzdesi olarak belirtilen sızıntı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Sızıntı (\%)} = 100 \times \text{çalışma süresi/ölçüm süresi}$$

- Diğer kontrol stratejileriyle birlikte CAS'ta vana sistem ve kompresör arasına kurulduğunda sızıntı tahmin edilebilir.
- Bu vananın sistemdeki hacim akışının ve vananın basınç göstergesinin hesaplanması sistem açısından gereklidir. Daha sonra sistem normal çalışma basıncına geri döndürülür (P1), kompresör ve vana kapatılır. Sistemin P1'den daha düşük basınç olan P2'ye düşmesi için gerekli süre hesaplanır. P2, işletim basıncının (P1) yaklaşık %50'sini oluşturmalıdır. Sızıntı akışı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:  

$$\text{Sızıntı (m}^3/\text{dk)} = \text{sistem hacmi (m}^3) \times (P1 (\text{bar}) - P2 (\text{bar})) \times 1,25/t$$

$$(\text{dk})$$
1,25 çoğaltıcı, değişen sistem basıncıyla birlikte düşürülmüş basınç için bir düzeltme olarak kabul edilebilir.  
Kompresör kapasitesinin yüzdesi olarak ifade edilen sızıntı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Sızıntı (\%)} = 100 \times \text{sızıntı (m}^3/\text{dk)} / \text{kompresör girişi hacim akışı (m}^3/\text{dk)}$$

- Sızıntıların azaltılması: sızıntıların durdurulması bir gevşek bir bağlantının sıkıştırılması kadar kolay olduğu gibi; kaplinlerin, tesisatın, boru bölümlerinin, hortumların, bağlantı noktalarının, kanalizasyonların ve tutucuların değiştirilmesi kadar zor olabilir. Birçok durumda, zayıf dolgudan kaynaklanır. Sistemin tüm kullanılmayan kısımları ya da kullanılmayan bir ekipmanı CAS'ın aktif kısımlarından izole edilmelidir.

Sızıntıları azaltmanın diğer bir yolu ise sistemin işletim basıncını azaltmaktır. Sızıntı boyunca daha düşük değişken basınçla sızıntı akış oranı azaltılabilir.

Elde edilen çevresel faydalar  
Enerji tasarrufu

İsraf edilen enerjinin kaynağı olmasının yanı sıra sızıntılar diğer işletim kayıplarına da neden olabilmektedir. Sızıntıları; hava araçlarının daha düşük verimle çalışmasına ve böylece verimliliğin düşmesine neden olacak sistem basıncının düşmesine yol açar. Bunun yanı sıra, ekipmanın daha sık devir yapması için zorlanması sonucunda sızıntılar neredeyse tüm sistem ekipmanlarının performans ömrü kısalmır. (kompresör bobini de dahil) Çalışma sürelerinin artması, ek bakım ihtiyaçlarına ve plansız duraksama sürelerinin artmasına neden olabilir. Son olarak, hava sızıntıları gereksiz yere kompresör kapasitesi eklenmesine yol açar.

Çapraz medya etkileri  
Bildirilmemiştir.

İşletimsel veri  
Sızıntıları, endüstriyel sıkıştırılmış hava sistemlerinde israf edilen enerjinin büyük bir bölümünü oluşturur, hatta kompresör veriminin %20-30'unun kayba uğramasına yol açar. İyi bir bakımdan geçirilmemiş bir tesiste toplamda sıkıştırılmış hava üretim kapasitesinin %20'sine denk gelen bir sızıntının ortaya çıkması beklenmektedir.

Diğer yandan, proaktif sızıntı tespiti ve onarımlar büyük CAS'larda olsa bile kompresör veriminin %10'una denk gelen sızıntıları azaltmaya yarayacaktır.

Sızıntı tespiti için kullanılabilecek birkaç yöntem:

- ☐ Büyük sızıntılar sebebiyle duyulabilecek seslerin tespiti
- ☐ Sızıntı şüphesi olan yerlere bir fırça yardımıyla köpük sürülmesi
- ☐ Ultrasonik akustik dedektör kullanımı
- ☐ Hidrojen ya da helyum kullanarak gaz sızıntılarını belirlemek

Sızıntı belirli bir kısımda meydana geleceği gibi aşağıda yer alan bölümlerde de sıklıkla ortaya çıkabilir:

- ☐ kuplaj, hortum, boru ve bağlantı yerleri
- ☐ basınç regülatörleri
- ☐ açık kondensat tutucular ve kapama vanaları
- ☐ boru bağlantıları, kesintiler, dolgular
- ☐ sıkıştırılmış hava araçları

#### Yygulanabilirlik

Genel olarak tüm CAS'lar için uygulanabilir.(bkz. Tablo 3.23).

#### Finansman

Sızıntı tespitinin ve onarımının maliyeti, bireysel CAS'a ve tesisteki bakım kadrosunun uzmanlığına bağlıdır. 50kWh'lık orta löçekli bir CAS'ta ortaya çıkabilecek tasarruf miktarı:

$$50 \text{ kW} \times 3000 \text{ saat/yıl} \times \text{EUR } 0,08/\text{kWh} \times 20 \% = \text{EURO } 2400/\text{yıl}$$

Düzenli sızıntı tespiti ve onarımı için gerekli miktar ise yıllık 1000Euro'dur.

Sızıntı azaltma işlemi %80 oranında uygulanabilir ve %20 oranında en büyük kazancın elde edilmesini sağlar, CAS enerji tüketiminin düşürülmesi için alınacak en önemli önlemdir.

Uygulama için itici güç

Veri yoktur.

#### Örnekler

1994 yılı verilerine dayanarak, Van Leer (UK) Ltd EURO 7.53/1000 m<sup>3</sup>.maliyetle 1000 m<sup>3</sup> sıkıştırılmış hava üretmek için 179 kWh enerji kullanmıştır. Uygulanan sızıntı azaltım işlemi yıllık 189200kWh değerinde yani 7641 Euro kazanç elde edilmesini sağlamıştır. Bu da sıkıştırılmış hava temininde maliyetin %25'inden tasarruf edildiği anlamına gelir. Sızıntı araştırması 2235 Euro tutmuştur ve onarım işlemleri için 2874 Euro harcanmıştır. (kısımların değiştirilmesi ve işçilik dahil) Yılda 7641 Euro tasarruf sağlanmış ve sızıntı azaltım programı 9 ayda geri ödeme sağlamıştır. (GBP 1 = EURO 1,314547, 1 Ocak 1994).

Kaynak bilgi

[168, PNEUROP, 2007]

### 3.7.7 Filtre bakımı

#### Tanım

Basınç kayıpları; kötü biçimde tamir edilmiş filtrelerden, filtrelerin yeterince temizlenmemesinden ve atılabilir filtrelerin yeteri sıklıkla değiştirilmemesinden kaynaklanabilir.

Elde edilen çevresel faydalar

- ☐ enerji tasarrufu
- ☐ yağ buharı ve diğer partiküllerin salınımının azaltılması

Çapraz medya etkileri  
Filtrelerin kullanımının artması ve atık olarak atılması

İşletimsel veri  
Veri bulunmamaktadır.

Uygulanabilirlik  
Tüm CAS'larda.

Finansman  
Bkz. Tablo 3.23.

Uygulama için itici güç  
Veri yoktur.

Örnekler  
Veri yoktur.

Kaynak bilgi

### 3.7.8 Kompresörlerin soğuk dış hava ile beslenmesi

#### Tanım

Başlıca kompresör istasyonları; hatlar arasında basınç düşüşünü azaltmak amacıyla sıkıştırılmış havaya ihtiyaç duyan ana yüklere yakın olarak kurulmuştur. Ana istasyonun, yer altına yerleştirilmesi ta da işletmede iç odalara yerleştirilmesi garip bir durum değildir. Buna benzer durumlarda, kompresörleri beslemek için yeterli miktarda temiz hava bulunmaz ve motorların dış hava sıcaklığından daha yüksek olan ortam havasıyla sıkıştırılması gerekir. Termodinamik sebeplerden ötürü, ılık havanın sıkıştırılması, soğuk havanın sıkıştırılmasından daha fazla enerji harcar. Tekniksel anlamda; kompresördeki iç hava sıcaklığının her 5 °C artması gerekli güç ihtiyacını yaklaşık %2 olarak artırır. Bölgeye bağlı olarak dış ve iç sıcaklıkların arasındaki farkın 5 °C'den fazla olduğu kış mevsiminde sıkıştırılmış hava istasyonunun dış havayla beslenmesi sonucunda bu enerji muhafaza edilebilir. Dış bölümü kompresörün girişine bağlayacak ve buradan da tüm sıkıştırılmış hava istasyonuna ulaşacak bir kanal sistemi kurulabilir. Kanalin uzunluğuna göre bir havalandırma sistemi gerekebilir ve bu enerji planlama sürecinde dikkate alınır. Dışarıdan alınan hava için alıcı kuzey bölümüne yerleştirilir ya da uzun süre boyunca gölgede kalacak bir pozisyona kurulur.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Birinci enerji kaynaklarının daha az tüketilmesi. Normal motorlar, elektrik motorlarıyla çalıştırılır.

Çapraz medya etkileri  
Bilinmemektedir.

İşletimsel veri  
Kompresörden çıkan büyük miktarda ısı (geri kazanılmış olsun ya da olmasın) nedeniyle, CA istasyonlarında daire sıcaklığı her zaman yüksektir. Kış aylarında bile 30-35 °C daire sıcaklığı normaldir. İç ve dış sıcaklık arasındaki fark ne kadar fazlaysa güç tasarrufu o kadar fazla olur. Bu tasarrufların işletimde çalışma saatlerine göre çoğaltılması gerekir.

### Uygulanabilirlik

Dışarıdan gelen soğuk hava ile kompresörlerin iç hava sıcaklığının azaltılması mümkündür. Kimi zaman dubarda bir delik açılması ve dışarıdan gelen havanın kompresör girişine ulaşması için bir kanalın yerleştirilmesi yeterli olmaktadır. CA istasyonlarının, dışarıyla ulaşılması zor yerlerde kurulması durumunda havalandırma odasının performansının artırılması gerekebilir. Bu yöntemin %50 oranında uygulanabilir olduğu tahmin edilmektedir.

### Finansman

Kompresöre giren hava sıcaklığının düşürülmesi birtakım avantajlar sağlar: soğuk hava besleme serbest kalır, kompresörlerin çalışırken harcadığı enerji azalır. (kWh tasarrufu); elektrik güç kaynağı azalır ( kWh tasarrufu).

Tablo 3.26, bu tekniğin kullanılması sonucunda elde edilebilecek tasarrufları gösterir. Bu örnek gerçek enerji analizleri sonucunda oluşturulmuştur.

|   | Tanım                                   | Value  | Biri      | Formula | Yorum                          |
|---|-----------------------------------------|--------|-----------|---------|--------------------------------|
| A | Sıkıştırma gücü                         | 135    | m         | -       |                                |
| B | Çalışma saatleri/yıl (full yük)         | 2000   | kW        | -       |                                |
| C | Gerekli enerji                          | 270000 | s/yıl kWh | AxB     |                                |
| D | Besleme havası sıcaklığının düşürülmesi | 5      | °C        | -       | Tahmin                         |
| E | Tasarruf                                | 2,00   | %         | -       | Teknik kaynak                  |
| F | Yıllık elektrik enerjisi tasarrufu      | 5400   | kWh       | CxE     |                                |
| G | kWh fiyatı                              | 0,1328 | EURO/kWh  | -       | Ortalama veri                  |
| H | yıllık finansal tasarruf                | 717    | EURO/yıl  | FxG     |                                |
| I | Yatırım                                 | 5000   | EURO      | -       | Kanal ve fan için hesaplamalar |
| L | Vergi öncesi iç getirim oranı (IRR)     | 6,7    | %         | -       | maliyet kazanç analizinden (*) |
| M | Net pozitif değer                       | 536    | EURO      | -       | maliyet kazanç analizinden (*) |
| N | Geri ödeme                              | 7,0    | Yıl       | -       | maliyet kazanç analizinden (*) |

(\*)10 yıllık performans ve %5 faiz oranı

Tablo 3.26: kompresörün dış hava ile beslenmesi sonucu elde edilen tasarruflar



Uygulama için itici güç  
kurulum kolaylığı  
enerji tasarrufu ve mali tasarruf

### Örnekler

İtalya'daki yarı iletim dışlisi

### Kaynak bilgi

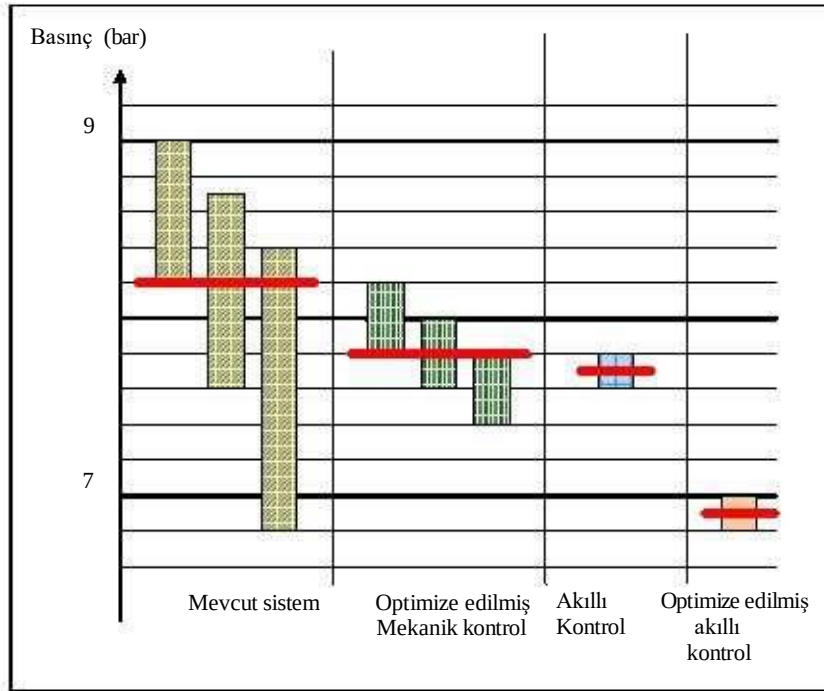
[229, Di Franco, , 231, The motor challenge programme, , 233, Petrecca, 1992]

### 3.7.9 Basınç seviyelerinin optimize edilmesi

#### Tanım

Üretilen sıkıştırılmış havanın basınç seviyesi ne kadar düşükse, üretim o kadar verimli olmaktadır. Ancak, tüm aktif tüketiciler için her zaman yeterli sıkıştırılmış hava tedarik etmek şarttır. Geliştirilmiş kontrol sistemleri en üst basınçların düşürülmesini sağlamaktadır. Esas olarak basınç aralığını “daraltacak” ve böylece üretilen sıkıştırılmış havanın basıncını düşürecek çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler aşağıdaki listede ve Şekil 3.35’te yer almaktadır:

- Kompresördeki mekanik anahtar aracılığıyla doğrudan yeniden düzenleme. Kompresörün basınç aralığını ayarlamanın en hesaplı yolu mekanik basınç anahtarı kullanmaktır. Ayarlar bazen kendiliğinden değiştiği için bu kontrol anahtarları zaman zaman yeniden düzenlenmelidir.
- Frekans dönüştürücü kompresör ya da en uygun kompresör boyutunu kullanan akıllı kontrol sistemi. Basınç aralığı frekans dönüştürücü kompresörü ile yeniden düzenlenebilir. Bu kompresör, en üst yük kompresörü olarak çalışır ve hız tahriklerini özel sıkıştırılmış hava ihtiyaçlarına göre ayarlar. Basınç aralığı, kompresörü en uygun boyutlara göre ayarlayan ana denetimlerle de belirlenebilir.
- Basınç aralığını doğru “sınırlara” göre düşürmek. (optimize edilmiş akıllı kontrol sistemi). Akıllı kontrol sistemi basıncı, kompresör ağının tedarik limitinin biraz altında çalışmasını sağlayan aralığa kadar düşürmektedir. Şekil 3.34 bu kontrol sisteminin farklı verimliliklerini gösterir.



Şekil 3.34: farklı kompresör kontrol yöntemleri  
[28, Berger, 2005]

Şekil 3.34 aşağıda açıklanmıştır:

- ☐ Farklı kontrol sistemlerinde yatay kırmızı çizgiler üretilen sıkıştırılmış havanın ortalama basıncını gösterir.
- ☐ Mevcut sistemler için çapraz biçimde doldurulan sarı kutucuklar sıkıştırılmış hava için ortalama basıncın 8,2 bar olduğunu gösterir.
- ☐ Dikey olarak çizilen sarı kutucular mekanik basınç anahtarlarının 0,4 bara ayarlanabileceğini gösterir (daha önceden belirlenen alt ve üst limit farkı) ortaya çıkan dayanıklılık sınırı sebebiyle üretilen sıkıştırılmış hava 7,8'dir. Bu durum, ilk üst seviye yük kompresörünün açıldığı noktanın değişmeden 7,6 bar'da kaldığına ilişkin varsayımlara dayanılarak belirlenmiştir.
- ☐ Maviyle belirlenen akıllı kontrol sistemi, tüm kompresör istasyonunun basınç aralığını 0,2 bar seviyesinde tutar. Bu kontrol sistemi basınç değişikliği oranlarına karşılık verir. Üst seviye yük kompresörünün açıldığı nokta gelecekte önceden belirlenmiş en düşük basınç limiti olarak kalmak şartıyla, basınç 7,7 bardır.

7,7 barlık basınç diğer kıyaslanabilir kompresör istasyonlarına bakıldığında oldukça yüksektir. İkinci üst seviye yük kompresörünün (ardından gelen kompresör) açılması için basınç limiti 6,8 bar olduğu için, bu seviye sıkıştırılmış hava için düşük olarak kabul edilmektedir. Bu basınç, benzer kompresör istasyonlarının basınç seviyeleriyle uyumludur. Bu durumda ortalama basınç 6,9 bardır.

Elde edilen çevresel faydalar

Uygulamada, basıncın 1 bar seviyesinde azaltılması %6-8 oranında enerji tasarrufu sağlar. Basıncın düşürülmesi sızıntıların da azaltılması anlamına gelmektedir.

Çapraz medya etkileri

Veri yoktur.

İşletimsel veri

Veri yoktur.

Uygulanabilirlik

Akıllı ve optimize edilmiş akıllı sistemlerde kullanılabilen VSD temelli kompresör kontrolü yalnızca yeni satın alma durumunda mali kazanç sağlar, çünkü mevcut kompresörde frekans dönüştürücünün kurulması üreticiler tarafından tavsiye edilmemektedir.

Finansman

Optimize edilmiş akıllı kontrol sistemiyle sıkıştırılmış hava basıncı 8,2 bardan 6,9 bara düşürülür bu da, %9,1 oranında enerji tasarrufu demektir. Kontrol sisteminin optimize edilmesinin maliyeti azdır ve bu sayede yılda yüzlerce MWh ve on binlerce Euro tasarruf sağlanır. (500 kW performansa sahip kompresörün kurulmasıyla, yılda 400 MWh ve EUR 20000 tasarruf sağlanır.) (yıllık 8700 işletim saati bazında)

Uygulama için itici güç

Maliyet kazancı

Örnek tesisler

Bilgisayarlı kompresör kontrol sistemlerinin kurulması Land Rover'da(UK) sıkıştırılmış hava üretim masraflarını %18,5 azaltmıştır. Üretilen sistemin geri ödeme süresi ise 16 aydır. Sıkıştırılmış hava sızıntılarının tamir edilmesiyle %20 daha fazla tasarruf sağlanmıştır.

Kaynak bilgi

[227, TWG, , 244, Best practice programme]

## 3.7.10

**Sıkıştırılmış havanın yüksek oranda dalgalanmaya maruz kalan kullanımlara yakın depolanması****Tanım**

Sıkıştırılmış hava depolayan tankların kullanım oranında dalgalanmaların yaşandığı CAS'a yakın yerlerde olması

Elde edilen çevresel etkiler

Yüksek miktardaki talepleri azaltır. Üst seviye talebinin azaltılmasıyla sistem daha az kompresör kapasitesine ihtiyaç duyar. Yükler eşit dağılmıştır ve kompresörler en verimli yükte çalışmaktadır.

Çapraz medya etkileri

Veri yoktur.

işletimsel veri

Veri yoktur.

Uygulanabilirlik

☐ talepte dalgalanmaların yaşandığı alanlar göz önünde bulundurulur.

☐ yaygın bir biçimde kullanılır.

Finansman .

Ana sermayenin ve işletim masraflarının azaltılması.

Uygulama için itici güç

Veri bulunmamaktadır.

Örnek tesisler

Veri yoktur.

Kaynak bilgi

Veri yoktur.

**3.8 Pompalama sistemleri**

Giriş

Pompalama sistemleri dünya üzerindeki elektrik enerji talebinin neredeyse %20'sine denk gelmektedir, belirli sanayi tesisi işletmelerinde enerji kullanımı %25-50 arasında olabilir. Pompalama sistemleri farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılır:

- ☐ Sanayi hizmetleri
- ☐ Gıda işleme
- ☐ kimyasallar
- ☐ petrokimyasal
- ☐ ilaç
- ☐ ticari ve zirai hizmetler
- ☐ kentsel su/atık su hizmetleri
- ☐ yerel uygulamalar

pompalar, sıvıların hareketini esas alan metot tarafından iki ana gruba ayrılır: rotodinamik pompalar ve karşıt hareketli pompalar. Sanayide, bu pompaların birçoğu elektrik motorlarıyla çalıştırılır ancak daha büyük endüstriyel uygulamalarda buhar türbinleriyle çalıştırılır (ya da başlı başına pistonlu motorlarla)

Rotodinamik pompalar (genellikle santrifüjlü) sıvıya teğetsel ivme kazandırmak için sıvı içerisinde dönen keskin çarklardan oluşmaktadır. (böylece sıvıdaki enerjide artış meydana gelir.) Pompanın amacı, enerjiyi tesisat sistemlerinde kullanılacak sıvı basınç enerjisine dönüştürmektir. Motorlardan sonra santrifüjlü pompalar dünyada en yaygın kullanılan makinedir, bu pompalar büyük miktarda enerji tüketirler.

Karşıt hareketli pompalar belirli bir miktarda sıvıyı tutarak geri kazan sıvının hareket etmesine sebep olur ve daha sonra tutulan hacmin boşaltım borusuna gönderilmesini sağlar. Karşıt hareketli pompalar aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- ☐ Döner tip (örn. Döner paletli pompalar). Döner paletli pompalar; yüksek basınçlı hidrolik pompaları, düşük vakumlu uygulamaları ve havalandırmalardaki soğutma hatlarının tahliyesini kapsar.
- ☐ Pistonlu tip (örn. Diyaframli pompalar). Diyaframli pompalar, iyi bir emme yüksekliği özelliğine sahiptir ancak bir kısmı düşük akış oranına sahip düşük basınçlı pompalardır. Kuru halde çalışma özellikleri vardır ve bu pompalar düşük kesme hızına sahiptir. (katı partikülleri kesmezler). Sıvılarda bulunan çamur ve kumtaşı gibi katılarla başa çıkabilir. içinde teflon diyaframların yer aldığı diyafram pompaları, bilyeli çekvalf ve hidrolik aktüatörler belirli miktarda kimyasal çözeltileri, sanayi kazanlarına ya da proses haznelere yüksek basınçta (en az 350 bar) iletmek için kullanılır. Diyaframli pompalar; medikal alanda ilaç sanayinde ve gıda ile ilgili uygulamalarda yağsız hava sağlamak için kullanılır.

Pompalama sistemi tarafından kullanılan enerji ve malzeme; pompa tasarımına, işletme tasarımına ve sistemin işletim biçimine bağlıdır. Santrifüjlü pompalar genellikle en ucuz olanlardır. Pompalar düşük ya da yüksek basınç sağlamak için tek aşamalı ya da çok aşamalı olarak kullanılabilirler. Kritik uygulamalarda genellikle yedek pompa olarak kullanılırlar.

### 3.8.1 Pompalama sistemlerinin değerlendirilmesi ve envanterinin çıkarılması

Tanım ve işletimsel veri

(Elde edilen çevresel faydalar, Çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik, Finansman, Uygulama için itici güç, Örnekler ve Pompalama sistemleri için ENE tekniklerini kapsayan Kaynak bilgi, Bölüm 3.8.7’de yer almaktadır) Uygulanabilir enerji tasarruf önlemleri belirlemek ve pompalama sistemini optimize etmek için atılacak ilk adım Pompalama sisteminin başlıca özellikleriyle birlikte bir envanterinin çıkarılmasıdır. Envanter iki aşamaya ayrılabilir: (bkz. Bölüm 2.15.1 ve EK7.7.3):

- ☐ Temel sistem tanımı: bu aşama şirkette kayıtlarının incelenmesini ve aşağıda yer alan verileri bir araya getirmek için uygulanacak basit yöntemleri kapsar:
- ☐ Enerji tüketen en büyük 50 pompanın listesinin çıkarılması (pompanın toplam güç oranı) : ebat ve tip
- ☐ Her bir pompanın fonksiyonu
- ☐ Her bir pompanın güç tüketimi
- ☐ Talep profili: gün veya hafta içerisinde belirlenen değişiklikler
- ☐ Kontrol sisteminin türü
- ☐ Yıllık çalışma saatleri ve yıllık enerji tüketimi
- ☐ Pompa ile ilgili özel problemler ve bakım
- ☐
- ☐



Birçok kuruluştta, bu verilerin büyük bir kısmı tesis içerisindeki personel tarafından bir araya getirilebilir.

- Sistemin işletim parametrelerinin ölçülmesi ve belgelendirilmesi: aşağıda yer alan öğelerin ölçülmesi ve belgelendirilmesi tüm pompalama sistemleri için uygundur ve büyük sistemler (100 kWh üstünde) için gereklidir. Bu verilerin toplanması teknik uzmanlık gerektirir. (tesis içindeki personel ya da üçüncü taraflar)

Pompalama sistemlerinin çeşitliliği sebebiyle değerlendirme için ele alınacak kesin bir liste bulunmamaktadır. Ancak Bölüm 3.8.2 -3.8.6 ele alınabilecek başlıca konuların bir listesini içermektedir.

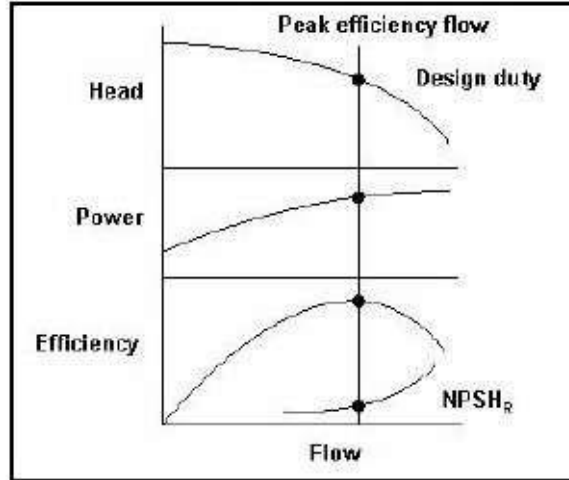
### 3.8.2 Pompa seçimi

Tanım ve işletimsel veri

(Elde edilen çevresel faydalar, Çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik, Finansman, Uygulama için itici güç, Örnekler ve Pompalama sistemleri için ENE tekniklerini kapsayan Kaynak bilgi, Bölüm 3.8.7’de yer almaktadır)

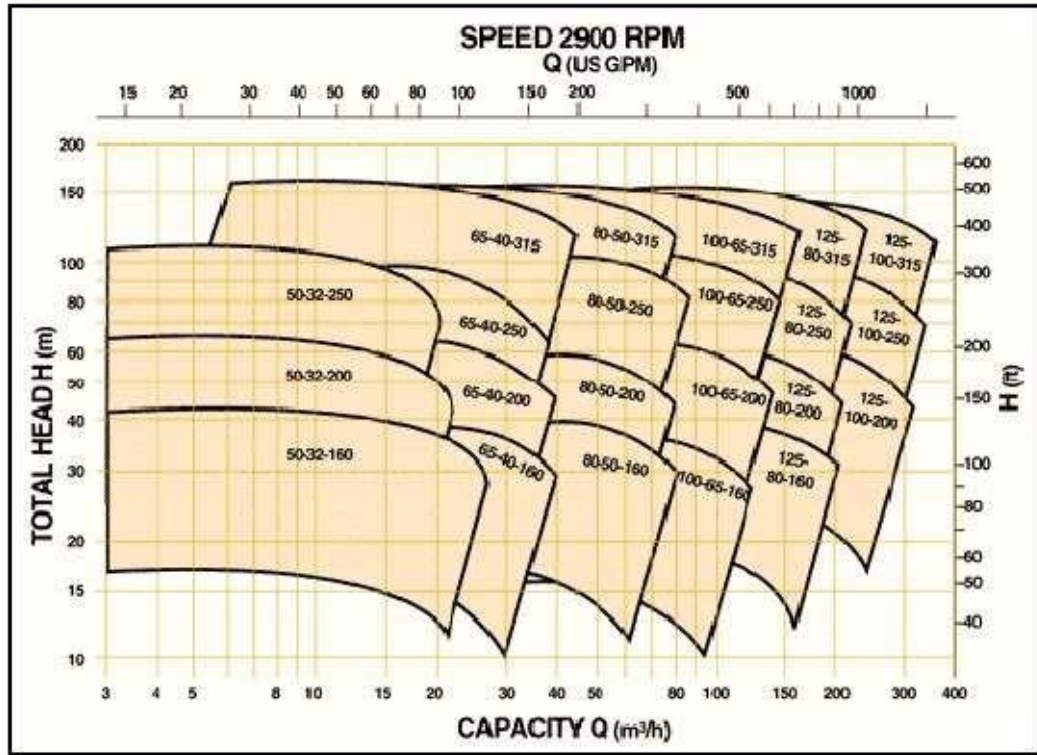
Pompa, pompalama sisteminin kalbidir. Pompaların seçimi; öncelikle statik yük ve akış oranı olan proses ihtiyaçlarına göre belirlenir. Bu seçim sisteme, sıvıya ve atmosfer özelliğine de bağlıdır.

Etkili bir pompalama sistemi için pompa seçimi: Şekil 3.35’te gösterildiği gibi en verimli noktaya mümkün olduğunca yakın bir işletim noktasına sahip olmak için belirlenmelidir.



Şekil 3.35: en üst seviye verimlilik akışı karşısında yük, güç ve verimlilik [199, TWG]

Şekil 3.36’da farklı pompa çeşitlerinde pompa kapasitesinin fonksiyonu olarak toplam yük aralığı gösterilmiştir.



Şekil 3.36: pompa kapasitesi karşısında yük  
[199, TWG]

Pompalama sistemlerinin %75'inin aşırı büyük olduğu birçoğunun da %20 oranında büyük olduğu tahmin edilmektedir. Aşırı büyük pompalar israf edilmiş pompalama enerjisinin tek ve en büyük kaynağıdır.

Pompa seçiminde büyük pompa tercihi ne maliyet kazancı ne de enerji verimliliği sağlar, aksine;

- ☐ Ana sermaye yüksek olur
- ☐ Gerekli olduğunda daha yüksek basınçlarda akış pompalandığı için enerji masrafı yüksek olur. Aşırı kısma, akıp geçen büyük miktarlar ve gereksiz yere pompaların çalıştırılması enerji israfına neden olur.

Aşırı büyüklükteki pompalar saptandığında, pervanelerin değiştirilmesi veya değişken hız kontrolllerinin belirlenmesi gibi kapasiteyi düşürecek diğer metotlarla bağlantılı olarak bu pompaların değiştirilmesi konusu ele alınmalıdır. Sentrifüjlü pompa pervanelerinin ayarlanması, aşırı büyüklükteki pompaların düzeltilmesinin en ucuz yoludur. Yük yüzde 10-50 oranında düşürülebilir. (pompa pervanesinin çapının ayarlanması ya da pompa gövdesi için satıcı tavsiye edilen sınırlara göre ayarlanması sonucunda)

Belirlenen kullanıcı için daha yüksek basınç akışı uygularken, geriye kalan sistemin daha düşük basınçta ve daha az enerjiyle çalışması için yardımcı pompa kullanılarak tüm sistemin enerji ihtiyacı azaltılmış olur.

Su pompaları için "The European Procurement Lines" belirlenen görev için yüksek verimlilik sağlayacak pompaların seçilmesi için birtakım yöntemler ortaya koymuştur. Bu metot aşağıda yer alan web adresinden temin edilebilir:

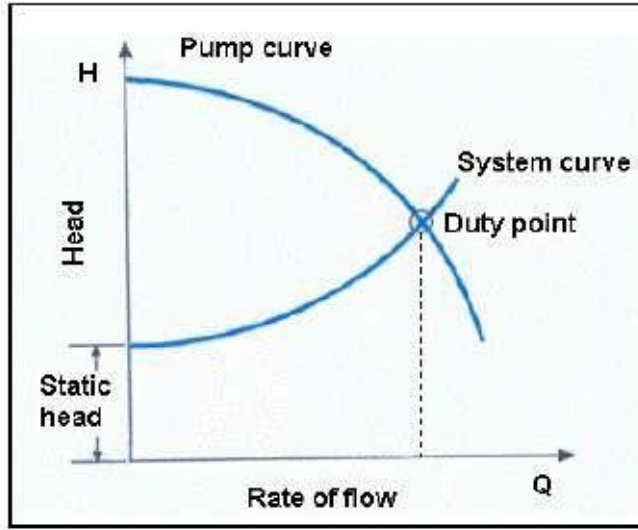
[http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/motorchallenge/pdf/EU\\_pumpguide\\_final.pdf](http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/motorchallenge/pdf/EU_pumpguide_final.pdf)

### 3.8.3 Tesisat sistemleri

Tanım ve işletimsel veri

(Elde edilen çevresel faydalar, Çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik, Finansman, Uygulama için itici güç, Örnekler ve Pompalama sistemleri için ENE tekniklerini kapsayan Kaynak bilgi, Bölüm 3.8.7’de yer almaktadır)

Tesisat sistemleri, pompa performansının belirlenmesine yardımcı olur. Aslında tesisat özelliklerinin (aşağıda yer alan Şekil 3.37’deki gibi) pompalama istasyonları için gerekli performansa ulaşmak amacıyla kullanılan bu pompaların tesisat sistemlerinin özellikleriyle birleştirilmelidir.



Şekil 3.37: pompa yükü karşısında akış oranı

Tesisat sistemiyle doğrudan bağlantılı olan enerji tüketimi sistemdeki ekipmanlar, borular ve vanalar içerisinde hareket eden sıvıların sürtünme kaybının bir sonucudur. Bu kayıp, akış oranının karesiyle orantılıdır. Sürtünme kaybı aşağıda yer alan araçlarla azaltılabilir:

- ☐ Çok fazla vana kullanmamak
- ☐ Borularda çok fazla dirsek kullanmamak (özellikle dar dirsekler)
- ☐ Tesisat çapının belirli ölçüde tutulması

### 3.8.4 Bakım

Tanım ve işletimsel veri

(Elde edilen çevresel faydalar, Çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik, Finansman, Uygulama için itici güç, Örnekler ve Pompalama sistemleri için ENE tekniklerini kapsayan Kaynak bilgi, Bölüm 3.8.7’de yer almaktadır)

Aşırı büyük pompaların bakımı sonucunda ortaya çıkan değerlendirmeler:

- ☐ Pompalar oyulmuştur
- ☐ Pompalar yıpranmıştır
- ☐ Pompalar işletim için uygun değildir

Sabit yük ve akışa göre belirlenmiş pompalara aşırı kapasiteye işaret eder. Kontrol vanası çevresindeki basınç düşüşü israf edilen enerjiye işaret eder. (basınç düşüşü ve akışla orantılıdır)

Gürültü yaratan pompalarda genellikle, aşırı kısma ya da aşırı akış sebebiyle oyuklar oluşur. Gürültü kontrol vanaları ve bypass vanası yüksek enerji kaybına denk gelen yüksek basınç düşüşü anlamına gelir.

Pompa performansı ve verimliliği zamanla düşer. Yıpranmış pompa bileşenleri arasında aşırı boşluklar sebebiyle iç bölümde sızıntının artması pompa kapasitesini ve verimini düşürür. Bu bileşenler: arka plaka, pervaneler, geçit yatağı, halkalar ve kaymalı yatak. Denetim testi bu durumu ortaya çıkarabilir, enerjinin azaltılması için pervanelerin makineyle işlenmesine ya da daha küçük pervanelerin yerleştirilmesine yardımcı olur. Performans oranı ciddi bir biçimde değişiklik gösteriyorsa iç boşluklar onarılmalıdır.

Pompa kaplama sürtünme kayıplarını azaltacaktır.

### 3.8.5 Pompalama sisteminin kontrolü ve düzenlenmesi

Tanım ve işletimsel veri

(Elde edilen çevresel faydalar, Çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik, Finansman, Uygulama için itici güç, Örnekler ve Pompalama sistemleri için ENE tekniklerini kapsayan Kaynak bilgi, Bölüm 3.8.7’de yer almaktadır)

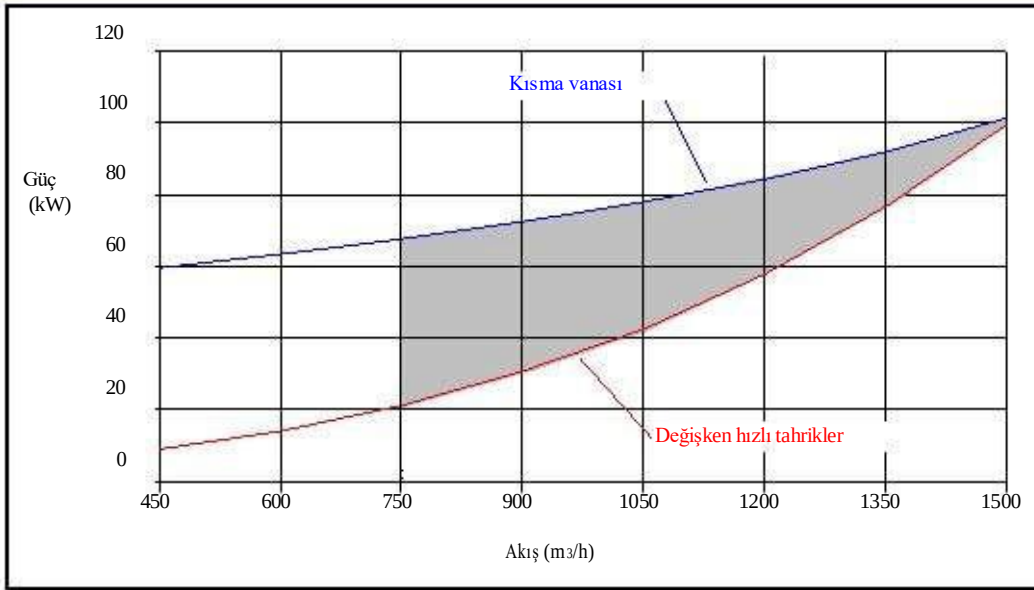
Pompa uygulamaları birtakım görev noktalarını kapsamalıdır. En büyük akış ve en büyük yük pompanın görevlerini belirler. Sistemin kontrol edilmesi ve düzenlenmesi; yük basıncı ve akış için çalışma koşullarını optimize etmek açısından (pompalama sistemlerinde) önemlidir. Bu kontrollerin faydaları:

- ☐ Proses kontrolü
- ☐ Sistem güvenilirliği
- ☐ Enerji tasarrufları

Büyük akışa sahip ya da basınç değişikliklerinin yer aldığı herhangi bir pompa için, akışların ve basınçların maksimum değerlerinin %75’inden az olduğu durumlarda aşırı kısma, bypass akışları ve (kontrol sisteminden ya da koruma deliklerinde) pompaların gereksiz yere çalıştırılması sebebiyle enerji israfı yaşanır.

Aşağıdaki kontrol teknikleri kullanılabilir:

- ☐ Gereksiz pompaların kapatılması. Bu basit ama gözden kaçmış önlem; tesisteki su kullanımının ya da pompalanmış diğer sıvıların ciddi oranda azaltılmasının ardından uygulanabilir. This obvious but (bu yüzden tüm sistemi gözden geçirmek gerekir)
- ☐ Değişken hızlı tahrikler (elektrik motorunda) pompa veriminin çeşitli sistem ihtiyaçlarıyla uyum sağlamasıyla maksimum düzeyde kazanç sağlar . Fakat bu tahrikler diğer kapasite kontrolü metotlarıyla kıyaslandığında daha yüksek yatırım masraflarına neden olur. Yüklerin sabit olduğu durumlarda uygulanamayabilir. (bkz. Bölüm 3.6.3)
- ☐ Çoklu pompalar, değişken hız, bypass ya da kısma işleminin kontrolü için bir alternatif sunar. Sistem akışı düşük olduğunda bir veya irden fazla pompanın kapatılmasıyla tasarruf sağlanabilir. Diğer pompalar yüksek verimlilikle çalışır. Pompalama yükü maksimum tek kapasitenin yarısından az ise çoklu küçük pompalar kullanılmalıdır. Çoklu pompalama sistemlerinde; aşırı kapasite bypassı, pompaların gereksiz yere çalıştırılması aşırı basıncın devam ettirilmesi ve pompalar arasında akış artışının fazla olması sebebiyle enerji kaybı ortaya çıkar.
- ☐ Pompa tahliye atık enerjisinin (vana kullanarak) azaltılmasıyla santrifüjlü pompanın kontrol edilmesi. Gaz kelebeği kontrolü diğer yaygın olarak kullanılan alternatiflerden daha az enerji israf eder: kontrol olmadan ya da bypass kontrolü). Gaz kelebeği kontrolleri en uygun çözüm gibi görünmese de pompa enerjisinden tasarruf edilmesi anlamına gelir.



Şekil 3.38: rotodinamik pompa için iki adet pompalama düzenleme sisteminin enerji tüketimine ilişkin örnek

### 3.8.6 Motor ve iletim

Bkz. Elektrik motoruyla çalıştırılan alt sistemler, Bölüm 3.6. Görev için pompa seçimi, pompalam ihtiyaçları için doğru boyuttaki pompaların belirlenmesi önemlidir. (bkz. bölüm 3.8.2) (bkz. Bölüm 3.6.2.)

### 3.8.7 Pompalama sistemlerindeki ENE için Elde Ediln Çevresel Faydalar, çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik ve diğer konular

Elde edilen çevresel faydalar

Bası araştırmalara göre pompalama sistemleri tarafından tüketilen enerjinin %30-50'si ekipmanlar ve kontrol sisteminde yapılacak değişiklikler sayesinde tasarruf edilebilirdi.

Çapraz medya etkileri

Bildirilmemiştir.

Uygulama için itici güç

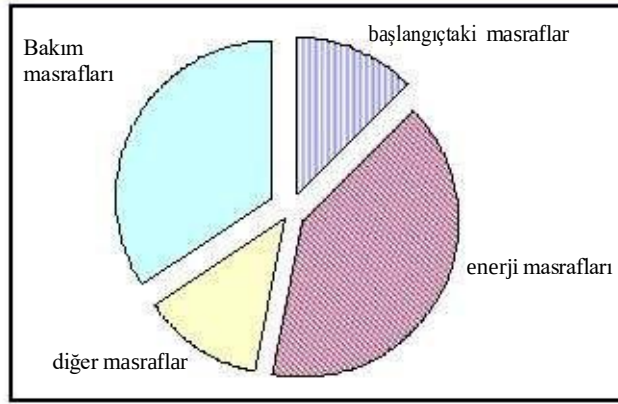
Özel önlemlerin uygulanabilirliği ve maliyet kazançlarının kapsamı; işletmenin özelliğine, boyutuna ve sisteme bağlıdır. Sistemin ve işletmenin değerlendirilmesi; doğru kazanç sağlayacak önlemleri belirlemede ele alınacak tek yöntemdir. Bu belirleme kalifiye pompalama hizmeti tedarikçisi tarafından ya da tesis içerisinde kalifiye mühendis kadrosu tarafından gerçekleştirilir.

Değerlendirme sonuçları, sisteme uygulanabilecek önlemleri belirleyecektir ve bu sonuçlar tasarruf hesaplamalarını, önlemlerin neden olabileceği masrafları ve geri ödeme süresi kapsayacaktır.

Finansman

Pompalama sistemlerinin 10-20 yıllık performans ömrü vardır, bu yüzden performans ömrü boyunca ortaya çıkabilecek masrafların başlangıçta (satın alma) düşünülmesi gerekir.

Sistemin bir parçası olarak çalışırken hizmet verseler bile pompalar bağımsız bileşen olarak satın alınır. Bu yüzden sistemin dikkate alınması maliyet kazançlarının doğru biçimde değerlendirilebilmesi açısından önemlidir.



Şekil 3.39: orta ölçekli sanayi pompasının performans ömrü boyunca ortaya çıkabilecek masraflar [200, TWG]

Uygulama için itici güç  
Enerji tasarrufu ve maliyet kazancı

Örnekler  
Optimizasyon teknikleri yaygın olarak kullanılır.

Kaynak bilgi  
[170, EC, 2003, 199, TWG, , 200, TWG]

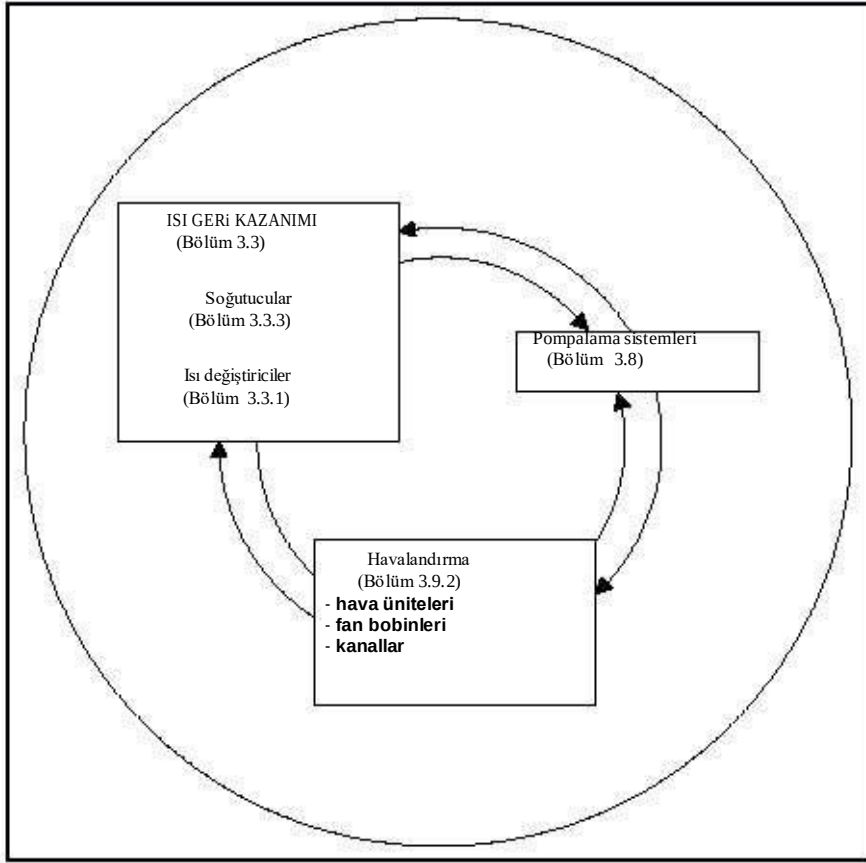
### 3.9 Sistemlerin ısıtılması, soğutulması ve iklimlendirilmesi (HVAC)

Giriş

HVAC sistemi, ısıtma ya da soğutma ekipmanlarını (kazanlar için bölüm 3.2; ısı pompaları için Bölüm 3.3.2), pompaları (bölüm 3.8) ve/veya fanları, boru tesisatı ağlarını, soğutucuları (bölüm 3.3.3), ısı değiştiricileri (Bölüm 3.3.1) bir araya getirir. (bir ortamdan ya da bir prosesten ısı absorbe ederek ya da transfer ederek) HVAC sistemine ilişkin şema Şekil 3.40'ta yer almaktadır.

Yapılan araştırmalar, HVAC sistemlerinde enerjinin %60'ının soğutucu/ısı pompası tarafından ve geriye kalan %40'ının çevresel makineler tarafından tüketildiğini göstermektedir.

## HVAC



Şekil 3.40: HVAC sistemlerinin şeması

## 3.9.1 Ortam ısıtma ve soğutma

## Tanım

IPPC işletmelerinde ortam ısıtma ve soğutma faaliyetlerine yönelik imkanlar bulunmaktadır. Uygulama ve kullanım, Avrupa’da sektöre ve yerleşime bağlıdır ve bu uygulamalar:

- ☐ Uygun çalışma koşullarını sağlamak,
- ☐ Ürün kalitesini sürdürmek (örn. Soğutma daireleri)
- ☐ Giriş malzemelerinin kalitesini artırma ve kapalı atığın özelliklerini değerlendirme
- ☐ İskandinav bölgesinde depolama, zemin ısıtma metal sanayinde bileşenlerin arıtılması sırasında korozyonun önlenmesi

Bu sistemler yerleştirilebilir (örn. Depolama alanlarındaki ekipmanlar için IR ortam ısıtıcı) ya da merkezileştirilebilir (örn. Ofislerdeki havalandırma sistemleri)

Ortam ısıtma/soğutma işleminde enerji tüketimi fazladır. Örneğin Fransa’da bu miktar 30TWh, yani yakıt tüketiminin %10’udur. Sanayi binalarında yüksek ısıtma sıcaklıklarının 1 ya da 2°C düşürülmesi mümkündür. Isıtma işleminde ise sıcaklık 1 veya 2 °C artabilir. Bu önlemler, personel değiştirilmesinin gerekli olduğunu ve bir bilgilendirme kampanyası başlatarak mevcut personelin bilgilendirilmesi gerektiğini ortaya koyar.

Enerji tasarrufu iki şekilde sağlanabilir:

- ☐ Isıtma ve soğutma ihtiyaçlarını aşağıdaki maddeler yardımıyla düşürerek:
- ☐ Bina yalıtımı
- ☐ Yeterli derecede sırlama
- ☐ Hava sızıntılarının azaltılması
- ☐ Kapıların otomatik olarak kapanması
- ☐ Tabakasızlaştırma
- ☐ Üretimin gerçekleşmediği durumda daha düşük sıcaklık ayarı (programlanabilir düzenleme)
- ☐ Ayar noktasının düşürülmesi
- ☐ Isıtma sistemlerinin enerji verimliliğinin aşağıda yer alan maddeler yardımıyla artırılması:
- ☐ Atık ısının kullanımı ya da geri kazanımı (bkz. Bölüm 3.3)
- ☐ Isı pompaları
- ☐ Binanın kullanılmayan alanlarındaki düşürülen sıcaklıkla uyum sağlayan yerel ve ışımsal ısıtma sistemleri

Elde edilen çevresel faydalar  
Veri yoktur.

Çapraz medya etkileri  
Veri yoktur.

İşletimsel veri

Isıtma için sıcaklık ayar noktasını 1°C azaltmak ve havalandırma için 1°C artırmak iç ve dış hava arasındaki ortalama sıcaklık farkına bağlı olarak enerji tüketimini yaklaşık %5-10 azaltır. Genel olarak, havalandırma sıcaklıklarını artırmak daha fazla enerji tasarrufu sağlarken sıcaklık değişkenleri genellikle yüksektir. Bu değerlendirmeler bir genellemeden ibarettir ve gerçek tasarruflar, iklime ve bölgesel koşullara bağlı olarak çeşitlilik gösterebilir.

Üretimin gerçekleşmediği dönemlerde ısıtma/soğutmanın sınırlandırılması günlük 8 saat çalışan bir tesisin elektrik tüketiminin %40'ının tasarruf edilmesini sağlayabilir. Kullanılmayan alanlarda kalıcı olarak düşürülmüş sıcaklıklarla, kullanılan alanlarda ise yerel ışımsal ısıtma ile uyumlu hale getirilen sınır ısıtma değeri, kullanılan alanların yüzdesine bağlı olarak yaklaşık %80 oranında enerji tasarrufu sağlar.

Uygulanabilirlik

Sıcaklıklar diğer kriterler aracılığıyla da belirlenebilir. (örn. Elemanlar için minimum düzeyde düzenleyici sıcaklık, gıdanın üretim kalitesini korumak amacıyla maksimum ısı derecesi.)

Finansman  
Veri yoktur.

Uygulama için itici güç  
Veri yoktur.

Örnekler  
Veri yoktur.

Kaynak bilgi  
[278, ADEME], [234, PROMOT, , 260, TWG, 2008]



### 3.9.2 Havalandırma

#### Giriş

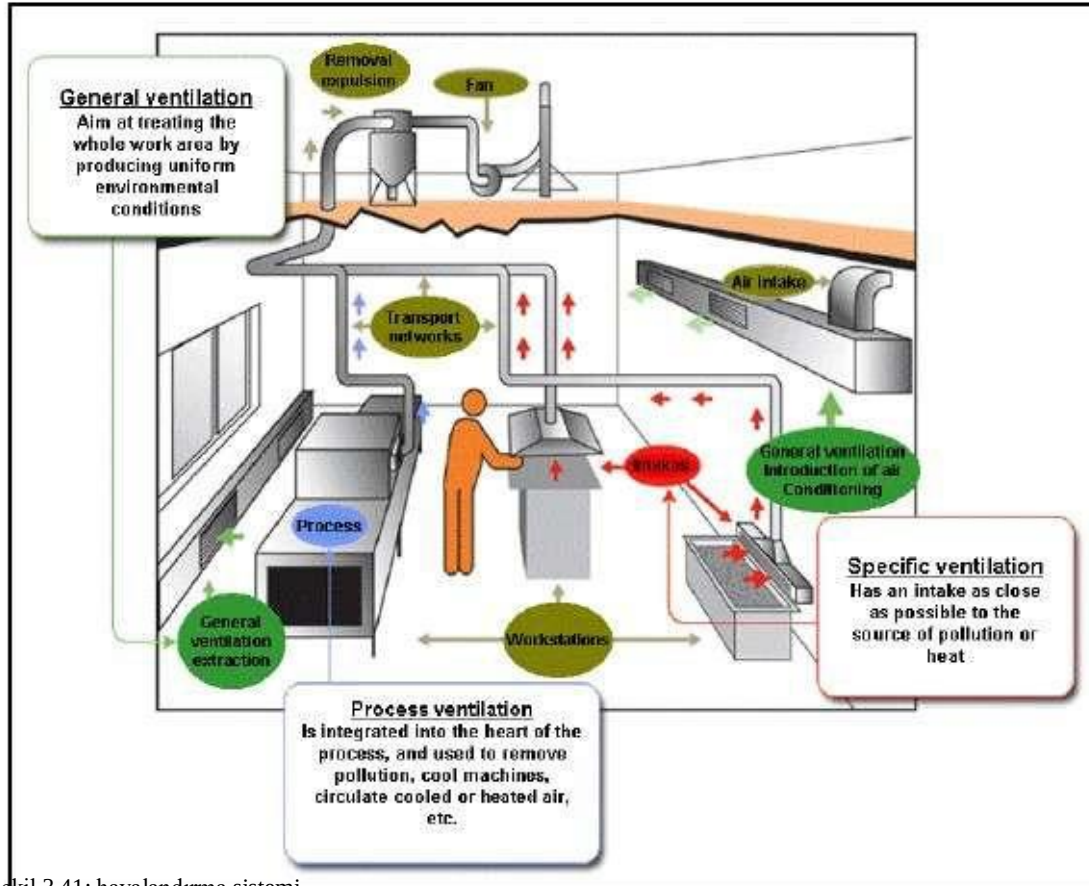
Havalandırma sistemi, çeşitli sanayi işletmelerinin fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için şarttır.

Bu sistem:

- ☐ Elemanları kirleticilerden ve tesis içerisindeki ısı salınımlarından korur ürün kalitesini korumak için temiz bir çalışma ortamı sağlar

Havalandırma tesisi, birbiriyle ilişki içerisinde olan çeşitli kısımlarda oluşabilir. (bkz. Şekil 3.41) Örneğin;

- ☐ Hava sistemi (giriş, dağıtıcı, ulaştırma ağı)
- ☐ Fanlar (fanlar, motorlar, iletim sistemleri)
- ☐ Havalandırma kontrol ve düzenleme sistemleri (akış değişikliği, merkezileştirilmiş teknik yönetim (CTM) gibi)
- ☐ Enerji geri kazanım araçları
- ☐ Hava temizleyiciler
- ☐ Belirlenen hava sisteminin farklı türleri and the (genel havalandırma, özel havalandırma, klimalı ya da klimasız)



Şekil 3.41: havalandırma sistemi

## 3.9.2.1

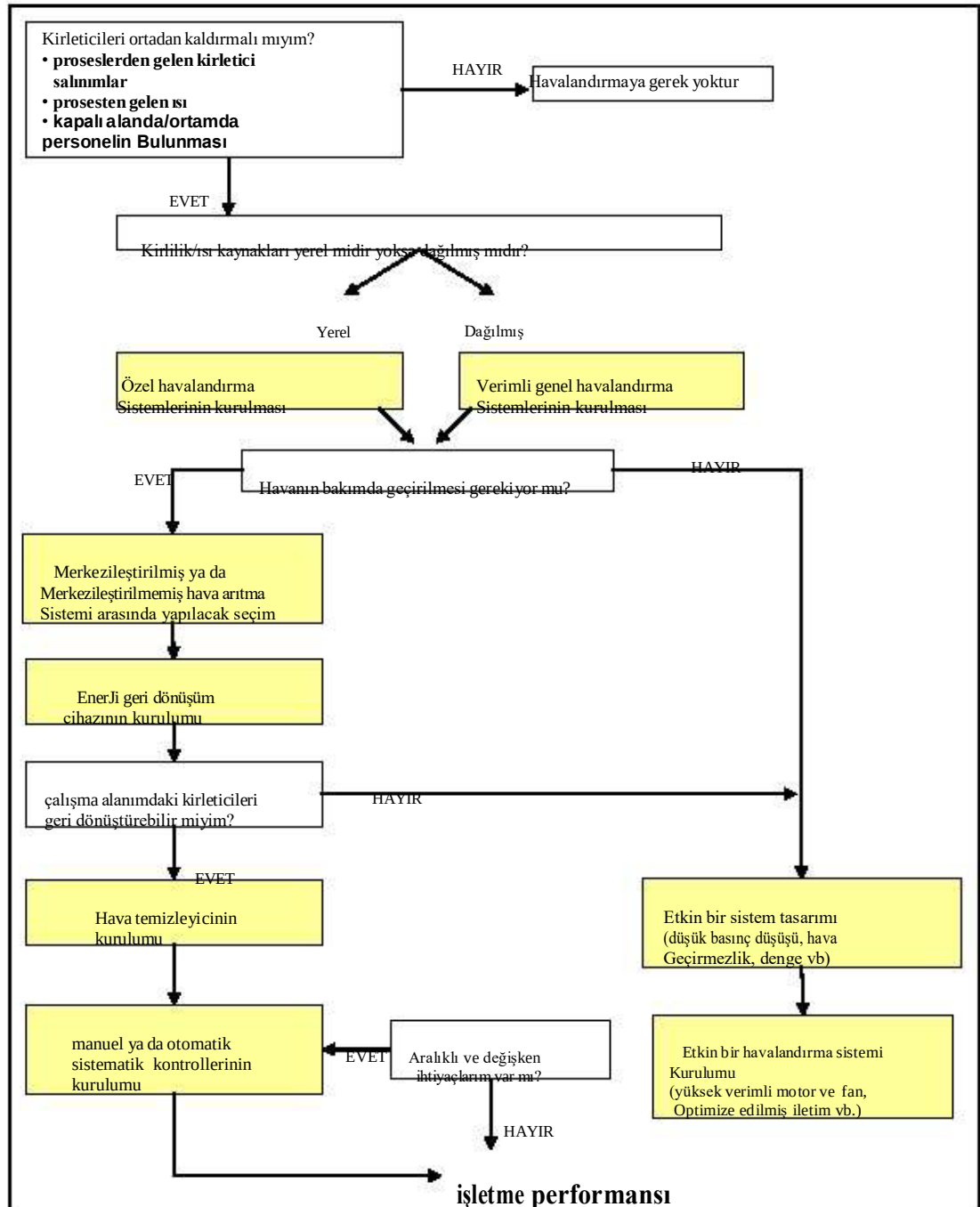
## Yeni ya da güncellenmiş havalandırma sistemlerinin tasarımlarının optimizasyonu

**Tanım**

Havalandırma sistemlerinin ihtiyaçları hakkında bilgi sahibi olmak doğru kararlar almaya ve doğru tasarımlara yönelmeye yardımcı olur. Bunlar:

- ☐ Temiz hava girişi
- ☐ Çalışma alanları içerisinde konfor ve sağlık koşullarının geliştirilmesi ya da ürün koruma için çevresel koşulların sürdürülmesi (sıcaklık, basınç, nem, vb.),
- ☐ Malzemelerin taşınması
- ☐ Dumanın, tozun, nemin ya da zararlı maddelerin çıkarılması

Şekil 3.42’de gösterilen akış diyagramı özel durumlar için en uygun enerji verimliliği seçenekleri belirlemeye yardımcı olabilir:



Şekil 3.42: havalandırma sistemlerinde enerji kullanımının optimize edilmesine ilişkin diyagram

Özellikle fan ve kanal sistemi arasındaki ilişki ve bunların etkileri belirlenen döngü içerisinde yüksek oranda kayba neden olabilir. Sistem için kapsayıcı bir yaklaşım getirilmelidir ve bu sistem hem fonksiyonel özellikleri hem de enerji verimliliği ihtiyaçlarını karşılamalıdır.

- ☐ Genel havalandırma: bu sistemler çalışma alanlarında büyük hacimli havayı değiştirmek için kullanılır. Havalandırılacak malzemeye, kirliliğe ve iklimlendirme gereksinimlerine bağlı olarak çeşitli temiz hava havalandırma sistemleri bulunmaktadır. Hava akışı, enerji tüketimini etkileyen başlıca öğedir. Akış oranı ne kadar düşükse enerji tüketimi de o kadar az olmaktadır.
- ☐ Özel havalandırma: bu havalandırma sistemleri salınımların kaynağa en yakın olduğu bölgede ortadan kaldırılması için tasarlanmıştır. Genel havalandırma sisteminin aksine, bu sistemler doğrudan yerel kirlitici salınımların bulunduğu alanlara yönlendirilir. Bu sistemin avantajları: kirliticiler salındıktan kısa bir süre sonra bu salınımları tutmaları, özel girişlere sahip olmaları ve bu salınımların çalışma alanına dağılmalarını engellemeleridir. Ayrıca:

Operatörlerle teması önler  
Çalışma alanında tüm havanın yenilenmesini engeller

Her iki durumda da çıkarılan hava atmosfere salınmadan önce artıma işleminden geçirilir. (bkz. CWW BREF).

Elde edilen çevresel faydalar  
işletmelerdeki elektrik tüketiminin %10'unun havalandırma sistemleri tarafından kullanıldığı tahmin edilmektedir. Havalandırmanın yanı sıra iklimlendirme işleminin uygulanması ortak enerji bütçesindeki payını daha da artırmaktadır.

Çapraz medya etkileri  
Bildirilmemiştir.

İşletimsel veri

- ☐ fanlar: fanlar işletmedeki elektrik tüketiminin başlıca kaynağıdır. Türleri, boyutları ve kontrolleri enerji açısından ana faktörlerdir. Not: doğru boyutta yüksek verimli fanların seçilmesi daha küçük fanların seçilebileceği ve böylece satın alma fiyatlarında tasarruf elde edilebileceği anlamına gelmektedir. Bir işletmenin tasarlanmasında ya da değiştirilmesinde dikkate alınacak başlıca konular:

yüksek verimlilik oranına sahip fan: türüne bağlı olarak fanların maksimum verimliliği genellikle %60-85 arasıdır. Üreticiler daha fazla verimliliğe sahip fanlar geliştirmektedirler. Uygun orana en yakın biçimde çalışacak fanlar: tek fanla, verimlilik işletme oranında bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu yüzden işletme için doğru boyutlarda fan seçmek önemlidir, böylece maksimum verimlilik noktasına en yakın biçimde çalışacaktır.

- ☐ Hava sistemi : hava sistemi tasarımı enerji tasarruflu olmak için belirli koşulları yerine getirmelidir:

Kanallar yeterince büyük çapa sahip olmalıdır ( çapta %10'luk artış , absorbe edilen güçte %72 azalma sağlayabilir)  
Daha az basınç kaybı sağlayan dairesel kanallar aynı bölümdeki dikdörtgen kanallardan daha iyidir.  
Uzun çalışma sürelerinin kısaltılması ve engellerin kaldırılması (dirsekler, daha dar bölümler, vb.)

Sistemin özellikle bağlantı noktalarında hava sızdırmazlığının kontrol edilmesi  
Tüm “kullanıcıların” gerekli havalandırmadan yararlandığını teyit etmek amacıyla sistemin tasarım aşamasında dengelenip dengelenmediğini kontrol etmek. Sistem kurulduktan sonra, sistemin dengelenmesi bazı kanallarda kör tapanın yerleştirilmesi ve bunun sonucunda da enerji ve basınç kayıplarının artması demektir.

- ☐ Elektrik motorları (fanlarla birleştirme): doğru türdeki bve boyuttaki motorun seçilmesi (bkz. Elektrik motoruyla çalıştırılan alt sistemler Bölüm 3.6)
- ☐ Hava akışının sürdürülmesi: enerjinin havalandırma sistemleri tarafından tüketilmesi bağlamında hava akışı temel parametre olmaktadır. Örneğin: akışta %20 azalma sağlamak için fan tarafından %50 daha az güç tüketilir. Birçok havalandırma tesisi maksimum orana göre işletilmemektedir. Bu yüzden fan işletim hızını aşağıda yer alan faktörlere göre ayarlamak gerekir :

üretim (miktar, üretim türü, makine açık/kapalı vb.)  
süre (yıl, ay, gün, vb.)  
çalışma alanındaki kişiler

Dedektörleri, saatleri ve proses tarafından yürütülen kontrolleri analiz etmek ve kontrollü havalandırma tesisi tasarlamak şarttır.

Temiz havanın alınmasıyla kirlenmiş havanın çıkarılması işlemini birleştiren “çift akış” havalandırma sistemi daha iyi bir hava akışı kontrolü sağlar ve proses havası şartlama ve enerji geri kazanım sistemi ile bu işlemin daha iyi kontrol edilmesine yardımcı olur. Otomatik kontrol sistemlerinin kurulması çeşitli parametreleri (ölçülmüş ve belirlenmiş) kullanan havalandırma sisteminin kontrol edilmesi için bir metot sunar ve tüm zamanlarda bu sistemin işletiminin optimize edilmesini sağlar.

Taleple birlikte değişen hava akışı için birçok teknik bulunmaktadır ancak bunların hepsi aynı ölçüde enerji verimliliği sağlamaz:

- ☐ Elektronik hız kontrolleri, fanların işletim oranlarını ayarlamak, motorun enerji tüketimini optimize etmek ve büyük ölçüde enerji tasarruf sağlamak için kullanılabilir.
- ☐ Pervaneli vantilatörün pale açısının değiştirilmesi enerji tasarrufu sağlar
- ☐ Enerji geri kazanım sistemi: havalandırılan tesislerde iklimlendirme sistemi varsa yenilenen havanın tekrar şartlandırılması gerekir ki bu da büyük miktarda enerji tüketimine sebep olur. Enerji geri kazanım sistemleri (değiştiriciler) çalışma alanında uzaklaştırılan kirlı havanın içerisinde bulunan enerjinin bir kısmını geri kazandırmak için kullanılabilir. Enerji geri kazanım sistemi seçilirken aşağıda yer alan üç parametrenin kontrol edilmesi gerekir:

Termal verimlilik  
Basınç kaybı  
Kirlenen havanın özellikleri

- ☐ Hava filtreleme: hava filtreleri havalandırılmış ortamda havanın tekrar kullanılmasına imkân sağlar. Hava akışı yenilenmeli ve yeniden şartlandırılmalıdır. Böylece önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanacaktır. Havalandırma sistemi tasarlanırken kullanılacak hava filtresinin belirlenmesi tavsiye edilir çünkü bu aşamada ekstra masraflar, daha sonraki kurulum aşamalarında ortaya çıkabilecek masraflardan daha azdır. Kalan kirleticilerin geri dönüştürülmesi şarttır. buna ilişkin bir çözüm bulunmuşsa, aşağıda yer alan parametrelerin de bilinmesi gerekir:

Geri dönüşüm verimliliği  
Basınç kaybı  
Tıkanan filtrenin özellikleri

Mevcut tesisin işletim performansının artırılması için bkz. Bölüm 3.9.2.2.

#### Uygulanabilirlik

Yeni sistemlerin tümünde ve güncelleştirmelerde kullanılabilir.

#### Finansman

Denetlenen birçok işletmede, tüketimin %30'u enerji tasarrufu olarak geri dönmektedir. 3 yıl içerisinde geri ödeme sağlayacak birçok faaliyet vardır.

#### Uygulama için itici güç

- ☐iş alanında sağlık ve güvenlik koşulları
- ☐maliyet kazancı
- ☐ürün kalitesi

#### Örnekler

Yaygın olarak kullanılanlar

#### Kaynak bilgi

[202, IFTS\_CMI, 1999]

### 3.9.2.2 Tesis içerisindeki mevcut havalandırma sisteminin

#### geliştirilmesi

##### Tanım

Havalandırma sisteminin verimliliğinin artırılması bazı gelişmeleri de beraberinde getirmektedir:

- ☐ Personelin rahatlığı ve güvenliği
- Üretim kalitesi

Mevcut havalandırma sistemi üç aşamada geliştirilebilir:

- ☐
- ☐ Tesis işletiminin optimize edilmesi
- Tesis için bakım ve denetim planlarının belirlenmesi
- Daha verimli teknik çözümler için yatırım yapmak

#### Elde edilen çevresel faydalar

Havalandırma sisteminin tüm parametrelerinin optimize edilmesinin ardından tasarruf edilen enerji ortalama olarak bu işletimin enerji faturasını %30 oranında düşürecektir.

#### Çapraz medya etkileri

Bildirilmemiştir.

#### İşletimsel veri

##### Enerji tespiti (kapsamlı denetim)

Tesisin tam anlamıyla bilinmesi performansının artırılmasında önemli bir basamaktır. Tesisin tespitinin birtakım avantajları vardır:

- ☐
- ☐ Havalandırma sisteminin performansının değerlendirilmesi
- ☐ Sıkıştırılmış hava üretiminde ortaya çıkan masrafların belirlenmesi
- Arıza ve kusurların tespiti
- Doğru boyutlarda yeni bir tesisin belirlenmesi

#### Tesisin bakımı ve denetimi

Havalandırma sisteminin enerji tüketimi, zaman içerisinde benzer bir hizmet söz konusu olduğunda artış gösterecektir. Verimliliği korumak için sistemi denetlemek ve bakım işlemlerini uygulamak gerekir. Bu sayede enerji tasarrufu sağlanacak ve sistemin performans ömrü uzayacaktır. Bu işlemler :

- ☐ Hava kanalı sisteminde sızıntı tespiti ve onarım işlemlerini sürdürmek
- ☐ Özellikle hava temizleme araçlarındaki filtrelerin düzenli bir şekilde değiştirilmesi, çünkü; Basınç kaybı, yıpranmış filtrelerle daha hızlı biçimde artmaktadır. Partikülleri ayıran filtrelerin verimliliği zamanla düşer
- ☐ Kirleticinin giderilmesine ilişkin sağlık ve güvenlik şartlarına uyulup uyulmadığını kontrol etmek
- ☐ Tesis için gerekli ana değerlerin ölçülmesi ve kayıt altına alınması (elektrik tüketimi, cihazlardaki basınç kaybı ve hava akışı)

işletim

☐ acil eylemler

Eğer mümkünse havalandırmayı durdurmak ya da yavaşlatmak. Bir havalandırma tesisinin enerji tüketimi hava akış oranıyla doğrudan bağlantılıdır. Hava akışı nasıl belirlenir?

operatörler

kirlilik kaynaklarının sayısı ve kirleticilerin türü

kirlilik kaynaklarının her birinin oranı ve dağılımı

tıkanmış filtrelerin değiştirilmesi

hava sistemindeki sızıntıların tamir edilmesi

hava koşullandırılmışsa, ayarların kontrol edilmesi ve özel şartlara uyup uymadığının belirlenmesi

☐ Basit ve etkili eylemler:

Çalışma alanlarının uygun ve özel girişlerle donatılması

Kirleticileri ortadan kaldırmak için (mümkün olduğunca) gerekli havayı düşürmek amacıyla kirleticiler girişlerini, kirleticiler sayısını, türünü, şeklini ve boyutunu optimize etmek (bkz. STM BREF)  
Gerek ihtiyaca göre havalandırma akışını otomatik olarak düzenleme. Bu düzenlemeyi kontrol edebilecek birçok yol vardır:

Havalandırmanın durduğu ve çalıştığı zamanlarda otomatik olarak kontrol edilmesi

(çoğu zaman bu fonksiyon makine araçları ile ya da vakumla sabitlenmiş kaynak torku yardımıyla gerçekleştirilir.)

Kirli maddenin salınmasıyla tetiklenen otomatik havalandırma sistemi. Örneğin; arıtma haznesine bir parça koymak kirli madde salınımının oranını değiştirir. Bu durumda parçalar daldırıldığında havalandırma hızlanacak, geri kalan zamanda yavaşlayacaktır.

Kullanılmadığı sürelerde tankların ya da haznelerin manuel ya da otomatik olarak kapatılması (bkz.STM BREF)

Akışın düzenlendiği yerlerde, işletim koşullarının tümünde sağlık şartlarının düzgün olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Hava kanalı sistemi, belirli noktalarda fazla havalandırmayı önlemek amacıyla dengelenmelidir. Dengeleme işlemi uzman şirket tarafından yapılmalıdır.

Maliyet kazancı sağlayacak eylemler :

☐

Elektronik hız kontrolü (ESC) ile değişken akışın yer aldığı durumlarda fanları sabitlemek install yüksek verimli fanlar

Tesisin özel ihtiyaçlarını karşılayabilecek düzeyde işletim oranına sahip fanların kurulması

Yüksek verimli motorların kurulması (örn. EFF1 etiketli )

Havalandırma sisteminin merkezi teknik yönetim sistemi (CTM) ile entegre edilmesi

Tesis işletiminin denetlenmesi için ölçüm aletlerinin belirlenmesi (akış metreleri ,elektrik ölçüm aletleri gibi)

Kirlenmiş havayı ortamdan uzaklaştırırken, büyük enerji kayıplarını önlemek için hava filtrelerini hava kanalı sistemlerine ve enerji geri kazanım cihazlarına entegre etme yollarının araştırılması

Havalandırma sisteminin bir bütün olarak değiştirilmesinin ve bu sistemin, genel, özel ve proses havalandırma gibi bölümlere ayrılmasına ilişkin yöntemlerin araştırılması

## Uygulanabilirlik

Mevcut tüm sistemlere uygulanabilir.

## Finansman

Sıkça denetlenen tesislerde tüketimin %30'u oranında tasarruf sağlanabileceği görülmüştür. iki yıl içerisinde geri ödeme sağlayabilecek alternatif faaliyetler mevcuttur.

## Uygulama için itici güç

- ☐ işyerinde sağlık ve güvenlik koşulları
- ☐ maliyet kazancı
- ☐ ürün kalitesi.

## Örnekler

Yaygın olarak kullanılanlar

## Kaynak bilgi

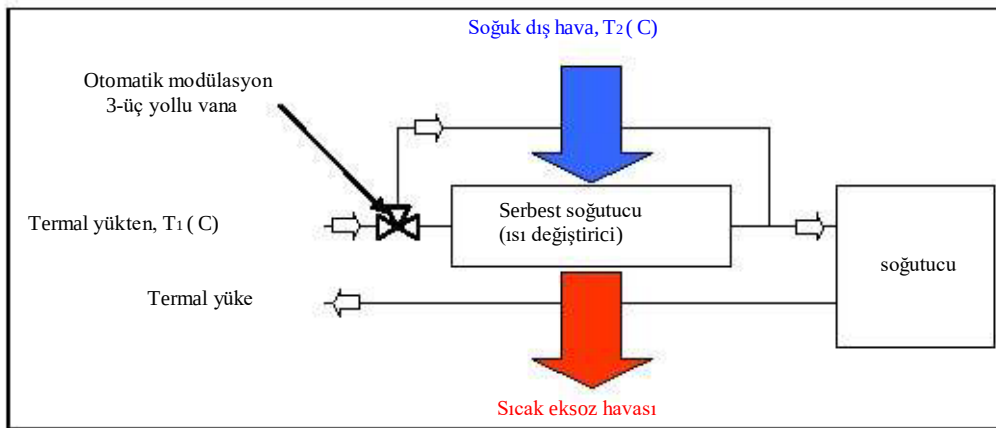
[202, IFTS\_CMI, 1999]

## 3.9.3 Serbest soğutma

## Tanım

Hem sanayi proseslerinde hem de havalandırma işlemlerinde soğutma, “serbest soğutma” tekniklerinin benimsenmesiyle enerji verimliliği açısından faydalı olmaktadır. Serbest soğutma, dış hava entalpisinin iç hava entalpisinden düşük olduğu durumlarda gerçekleşir. “serbesttir”, çünkü ortam havasını kullanır.

Bu serbest katkı, doğrudan ya da dolaylı olarak soğutma ihtiyacı olan sistemlere transfer edilebilir. Genellikle bu soğutma sistemi, hava sistemlerinin çıkarılması- yeniden sirküle edilmesinden oluşur. (bkz. Şekil 3.43) Buna ilişkin düzenleme otomatik modülasyon vanalarıyla yapılır: soğuk dış ortam havası mevcutsa, (dışarıdaki yaşı termometre sıcaklığı, gerekli soğutulmuş su ayar noktasının altına düştüğünde) vanalar otomatik olarak soğuk hava girişini artırır. Aynı zamanda serbest soğutmanın kullanımını en üst düzeye çıkarmak için iç ortamdaki resirkülasyonu minimum düzeye indirir. Bunun gibi tekniklerin kullanılmasıyla yılın belli bölümlerinde ya da gece vakti soğutma ekipmanları çalıştırılmaz. Serbest soğutmanın avantajlarından yararlanmak için ortaya atılmış çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Şekil 3.43'te serbest soğutma sistemini kullanan basit bir tesis gösterilmektedir.



Şekil 3.43: serbest soğutma işleminin uygulanmasına ilişkin şema

Termal yükten geri dönen ve soğutucuya yönlendirilen su otomatik olarak 3 vanalı yolla serbest soğutucuya dönüştürülür. Burada su önceden soğutulur ve bu durum termal yükü ve kompresör tarafından tüketilen enerjiyi azaltır. Ortam sıcaklığı geri dönen su sıcaklığının ne kadar altına düşerse serbest soğutma o kadar verimli olur ve enerji tasarrufları buna göre artış gösterir.

Elde edilen çevresel faydalar

Normalde soğutucular elektrik motorlarıyla çalışır fakat bazı durumlarda endotermik tahriklerle de çalıştırılır.

Böylece birinci enerji kaynakları daha az tüketilmiş olur.

Çapraz medya etkileri

Bilinmemektedir.

işletimsel veri

Serbest soğutma, ortam havasının termal yükten gelip soğutucuya giren suyun sıcaklığından en az 1 °C az olduğu durumlarda uygulanabilecek bir yöntem olarak düşünülmelidir. Örneğin, Şekil 3.43'te  $T_1$  (termal yükten dönen suyun sıcaklık derecesi) 11 °C ise serbest soğutma,  $T_2$  (dış hava sıcaklığı) 10 °C'nin altına düştüğünde aktif hale getirilebilir.

Uygulanabilirlik

Serbest soğutma, özel durumlarda uygulanabilir: dolaylı transfer için, ortam havasının sıcaklığı soğutucuya giren soğutma sıvısının sıcaklık derecesinin altında olmalıdır. Doğrudan kullanım için dış hava sıcaklığı gerekli sıcaklığın altında olmalı ya da bu sıcaklığa eşit olmalıdır. Ekipman için gerekli ekstra yer ise dikkate alınmalıdır.

Bu yöntem, durumların %25'inde uygulanabilir.

Serbest soğutma değiştiricileri mevcut soğutulmuş su sistemleri için yenilenebilir ya da yeni sistemlerle birleştirilebilir.

Finansman

Serbest soğutma tekniklerinin belirlenmesi çeşitli avantajlar sağlar: soğuk kaynağın serbest olması, kompresörlerin çalışma süresinin azaltılması, artık elektrik şebekesinden kullanılmayan kWh açısından enerji tasarrufu, elektrik güç kaynağı maliyetlerinin azaltılması

Proje planlama ya da sistem güncelleme esnasında serbest soğutma tekniklerinin dikkate alınması daha uygundur. Yeni bir sistem için geri ödeme süresi 12 ay gibi kısa bir süreyi kapsarken, bir birimin yenilenmesine ilişkin geri ödemeler 3 yılı bulabilmektedir.

Uygulama için itici güç

☐kurulum kolaylığı

☐enerji tasarrufu ve mali tasarruflar

Örnekler

Yaygın olarak kullanılanlar

Kaynak bilgi

[240, Hardy, , 241, Coolmation]



### 3.10 Aydınlatma

#### Tanım

Yapay aydınlatma dünya üzerinde tüketilen elektrik enerjisinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Ofislerde, tüketilen toplam enerjinin %20-50 si aydınlatmaya dayanmaktadır. En önemlisi de bazı binalarda aydınlatma enerjisinin %90'ından fazlası aşırı aydınlatma sebebiyle gereksiz harcamaların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu yüzden aydınlatma günümüzde enerji kullanımının çok önemli bir ögesi haline gelmiştir. Özellikle büyük ofis binalarında ve geniş kullanım alanlarında aydınlatmaya ilişkin farklı birçok alternatifin bulunduğunu görmekteyiz.

Herhangi bir binada enerji ihtiyaçlarını en aza indirmek için uygulanacak birtakım yöntemler vardır:

#### a) her bir bölge için ayrı aydınlatma ihtiyaçlarının belirlenmesi

Bu, belirlenen bir iş için ne kadar aydınlatma gerektiğine karar vermek için oluşturulan temel bir konsepttir. Aydınlatma türleri üretilen ışığın dağıtımına bağlı olarak genel, yerel ya da görevsel aydınlatma olarak sınıflandırılır. daha açık ifade etmek gerekirse bir yürüyüş yolunu aydınlatmak için gerekli ışık, bir bilgisayar istasyonu için gerekli ışıktan daha azdır. Genel olarak harcanan enerji aydınlatma seviyesinin tasarımıyla orantılıdır. Örneğin; bir işyerinde toplantı ve konferans salonlarını aydınlatmak için 800 lux seviyesi belirlenirken bu seviye işyeri koridorlarını aydınlatmak için 400 lux olabilir:

- ☐ Genel aydınlatma, alanın genel olarak aydınlatılmasıdır. iç mekanlarda, aydınlatma bir masada ,zeminde ya da tavanda basit bir lamba ile gerçekleştirilebilir. Dış mekanlarda ise örneğin bir parkın aydınlatılması 10-20 lux kadar düşük olacaktır çünkü yayalar ve motor sürücüler bu geçiş bölgelerinde daha az ışığa alışkındır.
- ☐ Bir görev için aydınlatma ise tamamen fonksiyoneldir ve daha çok okuma ve araştırma amaçlarına yoğunlaşmaktadır. Örneğin; kötü kaliteli bir baskı ürününü okumak 1500 lux'e varan aydınlatma gerektirebilir. Bazı araştırmalar ya da cerrahi süreçler bu seviyenin daha üstünde bir aydınlatma sağlanmasını gerektirebilir.

#### b) aydınlatma kalitesinin ve tasarımının analiz edilmesi

- ☐ Doğal ışığın kullanımının optimize edilmesi amacıyla ortam planlarının iç dizaynla entegre edilmesi (iç zeminlerin seçimi ve oda şekillerinin belirlenmesi de dahil) doğal ışık yalnızca enerji tüketimin düşürmekle kalmaz insan sağlığını ve performansını da olumlu yönde etkiler
- ☐ Doğal ışık kullanımının optimize edilmesine yönelik faaliyetlerin planlanması
- ☐ Yapay ışık gerektiren faaliyetler için ihtiyaç duyulan spektral içeriklerin dikkate alınması
- ☐ Enerji muhafazası için en iyi teknikleri yansıtan lamba türlerinin ve fiş türlerinin seçilmesi

Elektrikle aydınlatma türleri:

- ☐ Akkor telli lambalar: elektrik akımı ince bir filamentten geçerek ısınmasını ve uyarılmasını sağlar, proseste ışık meydana gelir. Bunu çevreleyen cam ampul, havadaki oksijenin sıcak filamentte zarar vermesini engeller. Akkor telli lambaların avantajı, birkaç volttan birkaç yüz volta kadar çıkan geniş voltaj aralığında üretim yapabilmesidir. Zayıf ışık vermeleri nedeniyle akkor telli lambalar yerini flüoresan lambalara, yüksek yoğunluklu deşarjlı lambalara, ışık yayan diyotlara (LED) ve diğer araçlara bırakmıştır.

- Ark lambaları ya da gaz deşarjlı lamba: ark lambası genellikle elektrik arkıyla (ya da voltaik ark) ışık üreten lamba sınıfı için kullanılan bir terimdir. Bu lamba; gazla ayrılan volframdan meydana gelen iki elektrottan oluşur. Bu lambalar, asal gazdan (argon, neon, kripton ya da zenon) ya da asal gazların karışımından oluşur. Birçok lamba cıva, sodyum ve/veya metal halojenür gibi ek malzemeler içerir. Genel olarak bilinen flüoresan lambası; aslında lambanın içinin elektro ışıklı fosfor ile kaplandığı düşük basınçlı cıvalı ark lambasıdır. Yüksek yoğunluklu deşarjlı lambalar, flüoresan lambalarından daha yüksek akımlarda çalışırlar ve kullanılan malzemeye bağlı olarak farklılık arz ederler. Aydınlatma, doğal ark lambası çeşidiyle ya da en kötüsü el feneriyle sağlanabilir. Lamba türü ampul içerisinde bulunan gaz ile adlandırılır (neon, argon, kripton, sodyum, metal halide ve cıva gibi) En yaygın bilinen ark ya da gaz deşarjlı lambalar:
- Flüoresan lambaları
  - metal halojenür lambaları
  - yüksek basınçlı sodyum lambaları
  - düşük basınçlı sodyum lambaları

bir arktaki elektrik arkı ya da gaz deşarjlı lamba voltaj ile iyon yüklenmiş ve böylece iletkenlik kazanmış (elektrik) gazdan oluşur. Ark lambasının yanması için arkı “ateşlemek” ya da “uyarmak” amacıyla yüksek voltaj gerekir. Bu da “durultucu” adı verilen büyük devrenin parçası olan ve “ateşleyici” olarak adlandırılan elektrik devresine ihtiyaç duyar. Durultucu lambaya uygun voltaj ve akım sağlar çünkü durultucunun sıcaklık ve zamanla elektrik özellikleri değişir. Durultucu; güvenli işletim koşullarını sürdürmek ve lambanın performans ömrü boyunca sabit ışık verimi sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Arkın sıcaklığı birkaç bin selsius dereceyi bulabilir. Ark lambası ya da gaz deşarjlı lamba uzun süre dayanıklıdır ve yüksek aydınlatma verimliliği sağlar ancak bu lambaların üretim işlemi karmaşıktır, gaz boyunca doğru akımların verilmesi için elektronik birimine ihtiyaç vardır.

- Sülfür lambaları: sülfür lambası yüksek verimliliğe sahip ful spektrumlu elektrotsuz aydınlatmadır. Bu lambanın ışığı mikrodalga radyasyonu ile uyarılan sülfür plazma ile üretilir. Flüoresan lambaları hariç, sülfür lambalarının ısınma süresi düşük ortam sıcaklığında bile diğer gaz deşarjlı lambalardan daha kısadır. Yirmi saniye içerisinde ışık akısının %80'ine ulaşır ve gücün kesilmesinden beş dakika sonra lamba yeniden yakılabilir.
- Organik elektro ışıklı diyotlar dahil olmak üzere elektro ışıklı diyot lambaları, (OLED): ışık yayan diyotlar /LED) tutarsız dar spektrumlu ışık yayan yarı iletken diyottur.. LED temelli aydınlatmanın avantajlarından biri yüksek verimliliğidir. (güç girdisinin birim başına ışık verimi) LED'in ışık yayan tabakasındaki malzeme organik bileşen ise, organik ışık yayan diyot olarak adlandırılır(OLED) LED'lerle kıyaslandığında OLED'ler daha fazla ışık yayar. Polimer LED'ler esnek olmaları sebebiyle avantaj sağlar. Bu iki tür lambanın ticari alanda kullanılmaya başlanmıştır ancak endüstriyel seviyede kullanımı hala sınırlıdır.

Farklı türdeki aydınlatma araçları arasındaki verimlilik farkları aşağıdaki Tablo 3.27'de gösterilmiştir.

| isim                    | Optik taft          | Nominal verimlilik (lm/W) <sup>(1)</sup> | Performans ömrü (arızalar arasındaki Ortalama süre MTBF) (saat) | Renk sıcaklık <sup>(2)</sup> (kelvin) | renk                                 | renk oluşturma endeksi <sup>(4)</sup> |
|-------------------------|---------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Akkor telli Lambalar    | sürekli             | 12 - 17                                  | 1000 - 2500                                                     | 2700                                  | Sıcak beyaz (sarımsı)                | 100                                   |
| Halojen lamba           | sürekli             | 16 - 23                                  | 3000 - 6000                                                     | 3200                                  | Sıcak beyaz (sarımsı)                | 100                                   |
| Flüoresan lamba         | cıva hattı + fosfor | 52 - 100                                 | 8000 - 20000                                                    | 2700 - 5000                           | Beyaz (hafif yeşil)                  | 15 - 85                               |
| Metal halinde lamba     | yarı-sürekli        | 50 - 115                                 | 6000 - 20000                                                    | 3000 - 4500                           | soğuk beyaz                          | 65 - 93                               |
| yüksek basınçlı sodyum  | Broadband           | 55 - 140                                 | 10000 - 40000                                                   | 1800 - 2200 <sup>(3)</sup>            | narçiceği                            | 0 - 70                                |
| düşük basınçlı sodyum   | Dar hat             | 100 - 200                                | 18000 - 20000                                                   | 1800 <sup>(3)</sup>                   | sarı renk oluşumu yok                | 0                                     |
| Sülfür lambas           | Sürekli             | 80 - 110                                 | 15000 - 20000                                                   | 6000                                  | soluk yeşil (Amber ve Kırmızı ışıık) | 79                                    |
| elektro ışıklı diyotlar |                     | 20 - 40                                  | 100000                                                          |                                       | (mavi ve yeşil ışıık)                |                                       |
|                         |                     | 10 - 20                                  |                                                                 |                                       | (beyaz)                              |                                       |
|                         |                     | 10 - 12                                  |                                                                 |                                       |                                      |                                       |

(1) 1 lm = 1 cd·sr = 1<sup>2</sup>lx·m (2) renk sıcaklığı benzer taftı. (3) kara gövde olarak tanımlanır. Bu taftlar kara gövdelerden çok farklıdır. (4) renk oluşturma endeksi (CRI) kaynak tarafından aydınlatılan farklı maddelerin renklerini yeniden üretmek için kaynak ışığın yetkinliğinin ölçüsüdür.

Tablo 3.27: farklı ışık çeşitlerinin özellikleri ve verimlilikleri

En verimli ışık kaynağı düşük basınçlı sodyum lambasıdır. Renk algısını değiştiren monokromatik turuncu bir ışık üretir. Bu sebepten ötürü dış mekân aydınlatma için kullanılır. Düşük basınçlı sodyum lambaları, geniş bant veya sürekli spektrumun aksine kolayca filtre edilebilen ışık kirliliği oluşturmazlar. .

Aydınlatma çeşitleriyle ilgili görüşler ve seçenekler Yeşil Işık Programı'nda ele alınmıştır. Bu program, gönüllü olarak önlem alma girişimlerini kapsar. Bu girişimde "Ortaklar" olarak isimlendirilen yerleşim birimi dışındaki tüketicilerin (kamu ve özel), kendi tesislerinde enerji verimli aydınlatma teknolojilerini uygulama adına Avrupa Komisyonu'na taahhütte bulunurlar. Bu teknolojilerin (1) kar getirecek (2) aydınlatma kalitesini sürdürebilecek ya da geliştirebilecek olduğunda bu tüketiciler tarafından uygulanması gerekir.

### c) aydınlatma yönetimi

- ☐ Aydınlatma ile ilgili tüketimin azaltılması amacıyla meşgul sensörü ve zamanlayıcıların da içinde bulunduğu aydınlatma yönetim kontrol sistemlerinin kullanılması
- ☐ Bina sakinlerinin aydınlatma cihazlarını en verimli şekilde kullanmalarını sağlamak
- ☐ Enerji israfını önlemek için aydınlatma sistemlerinin bakımı

Elde edilen çevresel faydalar

Enerji tasarrufu

Çapraz medya etkileri

Cıva buharı, flüoresan gibi bazı lamba çeşitleri cıva ve kurşun gibi zehirli maddeler içerir. Kullanım sonrasında bu lambaların geri dönüştürülmesi ya da doğru bir biçimde ortamdan uzaklaştırılması gerekir.

işletimsel veri

Her ir görev için ya da ortamın ihtiyaçlarına bağlı olarak doğru ışık yoğunluğunu ve renk spektrumunu belirlemek oldukça önemlidir. Bu konuda önem gösterilmezse hem enerji israfı yapılmış olur aşırı aydınlatma sonucunda baş ağrısı, stres ve kan basıncı artışı gibi olumsuz fiziksel ve psikolojik etkiler ortaya çıkar. Bunun yanı sıra parlak ışık ve aşırı aydınlatma çalışma verimliliğini düşürebilir. Yapay gece aydınlatmasının ise düzensiz menstrüel döngü ile bağlantısı vardır.

Verimliliği değerlendirmek için A,B,C,D doğrulama ve ölçüm (M&V) seçeneklerine ilişkin metotları kullanarak temel hatlar ve ileride kurulacak modeller belirlenebilir.(tablo 3.28)  
in Tablo 3.28.

| M&V seçeneği                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | tasarruf nasıl                                                                                                                                          | maliyet                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Seçenek A: işletmenin, belirlenen özelliklerle uyumunun sağlanması amacıyla ekipman değişikliğinin fiziksel anlamda değerlendirilmesine odaklanır.<br><br>Ana performans faktörleri ise(aydınlatma Vatu) kısa vadeli ölçümlerle belirlenir ve işletimsel faktörler ( aydınlatma süresi) geçmiş verilerin analizine dayanılarak belirlenir.<br><br>Performans faktörleri ve düzgün işletim koşulları yıllık olarak ölçülür ve kontrol edilir. | hesaplanır?<br>Kısa vadeli ölçümlerin Bilgisayar simülasyonlarının ve/veya geçmişe ait verilerin kullanılmasıyla mühendislik hesaplamalarının yapılması | çeşitli ölçüm noktalarına bağlıdır. Genellikle proje yapım masraflarının yaklaşık %15'i                                |
| Seçenek B: cihaz ya da sistem düzeyinde şartların belirlenmesiyle kabul edilen Kısa vadeli ya da sürekli ölçümlere ilişkin projelerin tamamlanmasının ardından tasarruf alanları belirlenir. Performans ve işletim faktörleri denetlenir.                                                                                                                                                                                                    | ölçülen verilerin kullanılmasıyla mühendislik hesaplamalarının yapılması                                                                                | ölçülen sistemlerin çeşidine ve sayısına, analiz/ölçümleme koşullarına bağlıdır. Proje yapım masraflarının %3-10'udur. |
| Seçenek C: projenin tamamlanmasının ardından yıllık mevcut veriler ya da Geçmişe ait yardımcı ölçüm verileri ya da alt ölçüm verileri kullanılarak Tüm bina ya da tesis için tasarruf Alanlarının belirlenmesi,                                                                                                                                                                                                                              | multivaryant (saatlik ya da aylık( regresyonla kıyaslama sayaç verileri kullanan teknikleri analizi                                                     | Analizde yer alan parametrelerin Sayısına ve karmaşıklığına bağlıdır. Proje yapım masraflarının %1 – 10'udur.          |
| Seçenek D: tasarruflar, tesis Bileşenlerinin ve/veya tüm tesisin Simülasyonu aracılığıyla belirlenir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | kalibre edilmiş simülasyon/modelleme: saatlik ya da aylık sayaç faturalandırma verileriyle ya da son kullanım verileriyle kalibre edilmiş               | değerlendirilen sistemlerin sayısına ve karmaşıklığına bağlıdır. Proje yapım masraflarının %3-10'udur.                 |

Tablo 3.28: aydınlatma sistemlerinden elde edilebilecek tasarruflar

Aydınlatma ile ilgili protokolün yalnızca bu bölümü, (bu belgede )bu bölümde yeniden yazılmıştır. Daha fazla bilgi için protokolün tümü aşağıdaki web adresinden indirilebilir:

<http://www.evo-world.org/>.

Uygulanabilirlik

Kullanım alanına göre aydınlatma ihtiyaçlarının belirlenmesi gibi teknikler, doğal ışığın kullanılması planlanan faaliyetler, kullanım amacına yönelik özel gerekliliklere göre fikstürün ve lamba türlerinin seçimi ve aydınlatma yönetimi tüm IPPC tesislerinde uygulanabilir. Doğal ışığın kullanımının optimize edilmesi amacıyla yer planlama işlemlerinin entegrasyonu gibi diğer uygulamalar yalnızca yeni ya da güncellenmiş tesislerde gerçekleştirilebilir.

#### Finansman

Yeşil Işık yatırımları aydınlatma enerjisini %30-50 oranında düşürecek ve geri ödeme oranlarını %20-50 oranında artıracak teknolojileri, ürünleri ve hizmetleri kullanır.

Geri ödeme süreleri ECM REF’de yer alan tekniklerin kullanılmasıyla hesaplanabilir.

Uygulama için itici güç

☐ işyerinde güvenlik ve sağlık

☐ enerji tasarrufu

#### Örnekler

Yaygın olarak kullanılanlar

#### Kaynak bilgi

[209, Wikipedia, , 210, EC, 2000] [210, EC, 2000, 238, Hawken, 2000, 242, DiLouie, 2006]

[211, ADEME, 1997, 212, BRE\_UK, 1995, 213, EC, , 214, EC, 1996, 215, Initiatives, 1993,

216, Initiatives, 1995, 217, Piemonte, 2001, 218, Association, 1997, 219, IDAE]

### 3.11 Kurutma, ayırma ve konsantrasyon prosesleri

#### Giriş

Kurutma enerji yoğunluklu bir prosestir. Ayırma ve konsantrasyon teknikleriyle, enerji tasarrufu sağlayan farklı teknolojilerin ya da kombinasyonların kullanımı ele alınmıştır.

Isı transferi; konveksiyon (doğrudan kurutucular), kondüksiyon (kontakt ya da dolaylı kurutucular) infrared (kızılötesi), mikrodalga ya da yüksek frekanslı alan gibi termal radyasyon (radyoaktif kurutucular) ya da bu yöntemlerin kombinasyonu ile gerçekleşir. Sanayide kullanılan kurutucuların büyük bir kısmı kurutucu aracı olarak sıcak hava ya da doğrudan yakma gazları ile konvektif türlerden oluşur.

Ayırma, karışımı oluşum bakımından farklı olan en az iki buhara (ürün-ürün ya da ürün-atık buhar) dönüştüren prosestir. Ayırma teknolojisi farklı fazlarda saf maddeleri ya da farklı maddeleri içeren karışımdan istenilen ürünleri ayırma ve izole etme işleminden oluşur. Alternatif olarak atık buharları ayırma işleminde de kullanılabilir. (bkz. CWW BREF).

Ayırma prosesi ayırıcı araç ile uygulanan ayırma gradyanına sahip ayırıcı araç ile gerçekleşir. Bu bölümde, ayırma metotları farklı ayırma ilkelerine ve kullanılan ayırıcı araçlara göre sınıflandırılmıştır.

Bu bölümün amacı her bir ayırma tekniğini detaylı bir şekilde açıklamak değildir. Ancak bölüm, enerji tasarrufu potansiyeline sahip işlemleri ele almaktır. Özel metotlara ilişkin daha detaylı bilgi için Kaynak bilgi bölümüne bakınız.

Metotların sınıflandırılması ya da ayrılması

☐ Sisteme enerji girdisi:

Sisteme gönderilen farklı enerji türleri (aşağıda) dikkate alınarak bu tekniklerin detaylı olarak sınıflandırılması :

ısı (buharlaştırma, süblimasyon, kurutma)

radyasyon

basınç (mekanik buharın yeniden sıkıştırılması )

elektrik (gazların elektro filtrelenmesi, elektrodiyaliz)

manyetizma (mıknatısların kullanılması) (bkz. Demirli ve demirsiz metaller, demirsizler için EFS )

kinetik (santrifüjlü ayırma) ya da potansiyel enerji (dekantasyon)

- ☐ Enerjinin sistemden çekilmesi  
Soğutma ya da dondurma (yoğuşma, çöktürme, kristalizasyon, vb.)
- ☐ Mekanik bariyerler  
Filtreler ya da zarlar (nano, ultra ya da mikro filtreleme, gaz geçirgenliği, elekten geçirme)
- ☐ Diğerleri :  
fiziksel-kimyasal iletişim (çözelti/çöktürme, adsorpsiyon, flotasyon, kimyasal tepkimeler)  
polarite ve yoğunluk gibi maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki farklar

Daha önceden ele alınan ayırma ve ayırma araçlarına ilişkin ilkeler, hibrid ayırma tekniklerine yol açan çeşitli proseslerde kullanılabilir. Örnekler:

- ☐ damıtma (buharlaştırma ve yoğunlaştırma )
- ☐ pervaporasyon (geçirgen buharlaşma
- ☐ (buharlaştırma ve membran)
- ☐ elektroliz (elektrik alanı ve iyon-değişim membranı )
- ☐ siklonik ayırma(kinetik enerji ve potansiyel enerji).

### 3.11.1 Optimum teknolojinin belirlenmesi ve teknolojilerin birleştirilmesi

#### Tanım

Ayırma teknolojisinin belirlenmesi birden fazla çözümü de beraberinde getirmektedir. Seçim; besleme özelliklerine, gerekli çıktıya, tesisin ve sektörün türüne bağlı olarak ortaya çıkan kısıtlamalara bağlıdır. Ayırma prosesinin kendine özgü kısıtlamaları vardır. Teknolojiler aşamalı olarak, aynı teknolojinin iki aşamada uygulanması aracılığıyla ya da farklı teknolojilerin kombinasyonu ile kullanılabilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Enerji kullanımının en aza indirilmesi. iki ya da ikiden fazla ayırma aşamasının ya da ön artııcıların kullanılmasıyla büyük miktarda enerji tasarrufu elde edilebilir./bkz. Aşağıdaki örnekler)

#### Çapraz medya etkileri

Bildirilmemiştir.

#### İşletimsel veri

Ayırma teknolojisinin belirlenmesinden önce besleme maddesi, son ürün ya da proses gibi konulara ilişkin ele alınacak faktörler:

- ☐ Besleme maddesi
  - Türü, şekli:
    - Sıvı
    - Hamurumsu
    - Tanecikli, toz halinde
    - Lifli
    - Düz
    - Kayış
    - Şekil verilmiş
  - Mekanik kırılabilirlik
  - Termohassaslık
  - Nem içeriği
    - Akış oranı/artılacak miktar
    - Uygulanabilir olduğunda:
      - Şekil ve boyut

Damlalık boyutu  
Akışkanlık

- ☐ Son ürün özellikler,  
Nem içeriği  
Şekil ve boyut  
Kalite :  
renk  
oksidasyon  
tat
- ☐ proses :  
parçalı/sürekli  
ısı kaynakları:  
fosil yakıtlar (doğal gaz, yakıt, kömür, vb.)  
elektrik  
yenilenebilir (solar, ahşap, vb.)  
ısı transferi :  
konveksiyon (sıcak hava, kızdırılmış buhar)  
kondüksiyon  
termal radyasyon (radyant enerjiler: infrared (kızılötesi), mikrodalga,  
yüksek frekans) maksimum sıcaklık  
kapasite  
tutulma süresi  
ürün üzerindeki mekanik eylem.

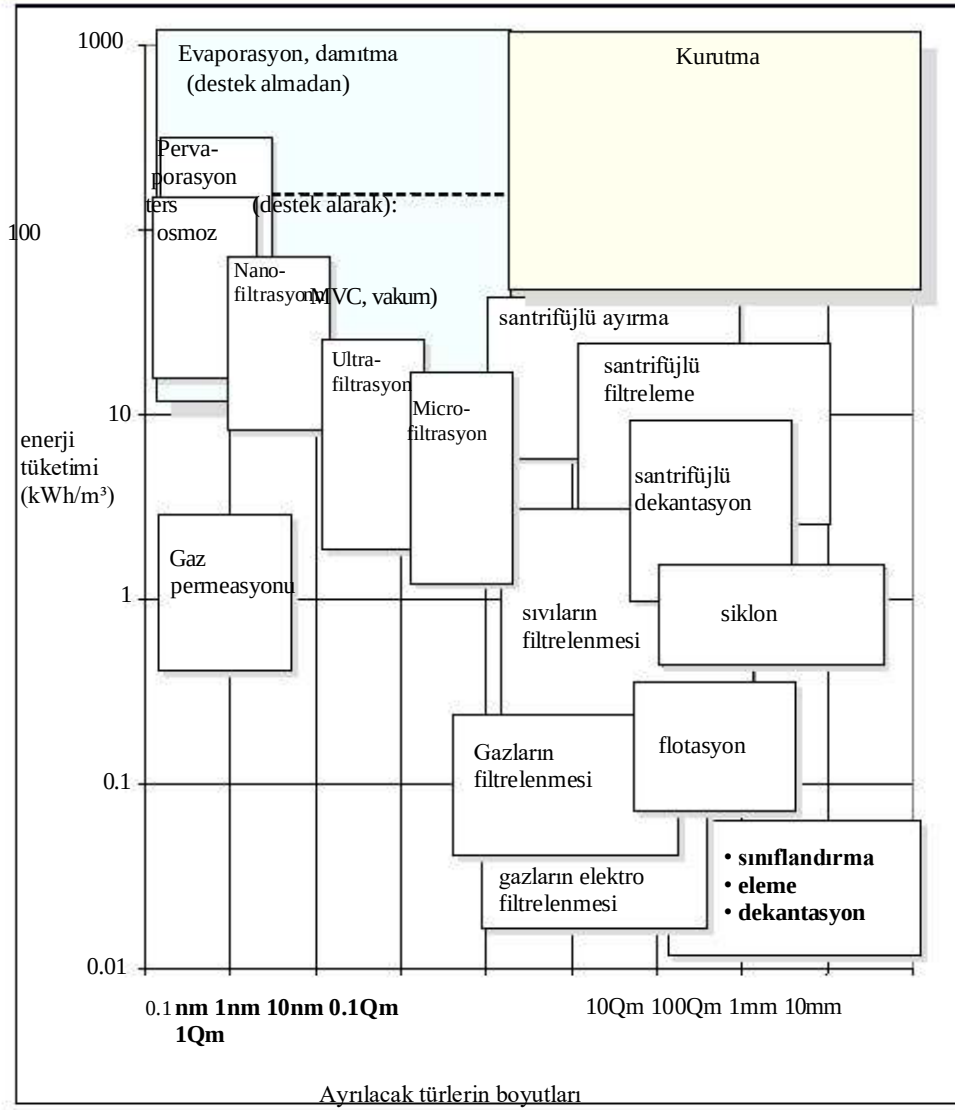
Teknik, ekonomik, enerji ve çevre açısından en iyi çözümlerin belirlenmesi için fizibilite çalışmalarının yapılması gerekir. Bu gereklilikler açık bir şekilde belirtilmelidir:

- ☐ Besleme ve ürün parametreleri (kütle ve akış özellikleri) ve ürün içeriğinin nem miktarı: son nem yüzdesinin kurutulması oldukça zordur ve kurutma işlemi çok fazla enerji tüketimine sebep olur.
- ☐ Uygun yardımcı malzemelerin belirlenmesi: (elektrik, soğutma, sıkıştırılmış hava, buhar, diğer sıcak ya da soğuk kaynaklar) ,
- ☐ Uygun ortam
- ☐ Ön arıtma
- ☐ Prosesin ısı geri kazandırma potansiyeli
- ☐ Yüksek enerji verimliliğine sahip yardımcı malzemelerin ve kaynakların belirlenmesi (yüksek verimli motorlar, atık ısının kullanılması)

Önerilerin karşılaştırmalı analizleri; teknik, ekonomik, enerji ve çevre konuları göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

- ☐ Aynı sınırlar içerisinde yardımcı malzeme dahil olmak üzere atık maddelerin arıtımı,
- ☐ Çevresel etkilerin dikkate alınması (hava, su atık vb.)
- ☐ Bakım ve güvenlik konularının ele alınması
- ☐ Operatörlerin eğitilmesi için gerekli masrafların ve sürenin belirlenmesi

Çeşitli boyuttaki ve türdeki malzemeler için kullanılacak bazı ayırma proseslerine ilişkin enerji tüketimi Şekil 3.44'te gösterilmiştir.



Şekil 3.44: bazı ayırma proseslerinin enerji tüketimi [248, ADEME, 2007]

#### Uygulanabilirlik

uygun teknolojilerin belirlenmesi tüm durumlar için uygundur. Yeni ekipmanlar; maliyet kazancın, üretim kalitesin ve verim konusu dikkate alınarak kurulmalıdır.

#### Finansman

Veri yoktur.

#### Uygulama için itici güç

- ☐ maliyetin azaltılması
- ☐ ürün kalitesi
- ☐ proses verim kapasitesi

#### Örnekler

Sıvılar kurutulurken (spreyle kurutma) ön arıtma işlemi membran filtreleme (ters osmoz, nanofiltrasyon, ultrafiltrasyon ya da mikrofiltrasyon) membran filtrasyonu, tüketimde buharlaştırıcı kurutmadan 1-3 daha az büyüklük kertesine sahiptir. Membran filtrasyonu ön arıtma işlemi için kullanılabilir. Örn. kurutma sanayinde, spreyle kurutma öncesi süt %76 oranında nem içeriğine yoğunlaştırılabilir.



Kaynak bilgi  
[201, Dresch\_ADEME, 2006]

### 3.11.2 Mekanik prosesler

#### Tanım

Mekanik prosesler için enerji tüketimi, termal kurutma proseslerine kıyasla birkaç kat daha düşük olabilir.(bkz. Şekil 3.44.)

Malzeme kurutmaya müsait olduğu sürece, tüm proses için kullanılacak enerjinin azaltılması için öncelikle mekanik birinci ayırma prosesinin kullanılması önerilir. Genel olarak, ürünlerin birçoğu %40-70 nem içeriği seviyesine (sıvının, ortadan kaldırılacak sıvı kütlesi iken kuru madde kütlesi arasındaki oran) kadar mekanik olarak önceden artırılabilir. Uygulamada, mekanik proseslerin kullanımı izin verilen malzeme yükleri ve/veya ekonomik boşaltım süreleri sebebiyle kısıtlanmaktadır.

Kimi zaman mekanik prosesler, termal arıtma işlemlerine kıyasla daha fazla tavsiye edilir. Çözeltileri ya da süspansiyonları kuruturken (örn. spreyle kurutma) ön antma işlemi membran filtrasyonu ile gerçekleştirilebilir. (ters osmoz, nanofiltrasyon, ultra filtrasyon, mikro filtrasyon) Örneğin; süt ürünleri tesislerinde, süt spreyle kurutma işlemi öncesinde %76 oranında neme konsantre edilir.

Elde edilen çevresel faydalar  
Veri yoktur.

Çapraz medya etkileri  
Veri yoktur.

işletimsel veri  
Veri yoktur.

Uygulanabilirlik  
Veri yoktur.

Finansman  
Veri yoktur.

Uygulama için itici güç  
Veri yoktur.

Örnekler  
Veri yoktur.

Kaynak bilgi  
[202, IFTS\_CMI, 1999]

### 3.11.3 Termal kurutma teknikleri

#### 3.11.3.1 Enerji ihtiyaçlarının ve verimliliğin hesaplanması

##### Tanım

Kurutma birçok sanayi sektöründe kullanılan bir metottur. Kurutma sisteminde öncelikle nemli madde su buharlaşma sıcaklığına kadar ısıtılır, ardından su sabit derecede buharlaştırılır.

$$Q_{th} = (c_g m_g + c_w m_w) \Delta T + m_D Z H_v \quad \text{Denklem 3.13}$$

- ☐  $Q_{th}$ = faydalı çıktı kWh/h
- ☐  $m_g, m_w$ =kuru maddenin kütle akışları ve maddelerdeki su oranı kg/s
- ☐  $\Delta T$ =ısıtma sıcaklığı değişimi (Kelvin)
- ☐  $m_D$ =her bir zaman biriminde buharlaştırılan su miktarı kg/s
- ☐  $c_g, c_w$ =kuru maddelerin özel ısı kapasiteleri ve maddedeki su oranı kJ/(kg K)
- ☐  $H_v$ =ayrı buharlaşma sıcaklığında suyun buharlaşma ısısı (100 °C'de yaklaşık 2300 kJ/kg).
- ☐

Buharlaştırılan su hacmi kurutma haznesinde gelen havanın kullanılmasıyla ortadan kaldırılır. Girdi havası (kullanılabilir ısı çıktısı hariç  $Q_{th}$ ) hacminin ısıtılması için gerekli güç talebi  $Q_{pd}$  aşağıdaki Denklem 3.14'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$Q_{pd} = V_{Cpd} \Delta T_{pd} \quad \text{denklem 3.14}$$

- ☐  $Q_{pd}$ = Girdi havasının ısıtmak için gerekli enerji talebi (kWh/h) (termal boşaltım) kayıplar)
- ☐  $V$ = Girdi havasının akış oranı( m<sup>3</sup>/sa)
- ☐  $c_{pd}$ = Havanın özel ısı kapasitesi (yakl. 1,2 kJ/m<sup>3</sup> K) 20 °C ve 1013 mbar
- ☐  $\Delta T_{pd}$ = Temiz hava ile egzoz havası arasındaki sıcaklık farkı (Kelvin.)
- ☐

Tesisin ısı kayıpları (zemin kaybı gibi) güç talebinin ötesinde muhafaza edilmelidir. Bu sistem kayıpları, tutucu güce denk gelmektedir  $Q_{hp}$  (çalışma sıcaklığında ve yalnızca resirküle eden hava modunda yüksüz sistemin güç talebi) Isı ihtiyaçları aşağıdaki Denklem 3.15'te yer almaktadır.

$$Q_I = Q_{th} + Q_{pd} + Q_{hp} \quad \text{Denklem 3.15}$$

- ☐  $Q_I$  = Gereken güç çıktısı
- ☐  $Q_{hp}$  = Yüksük sistemlerin güç talebi

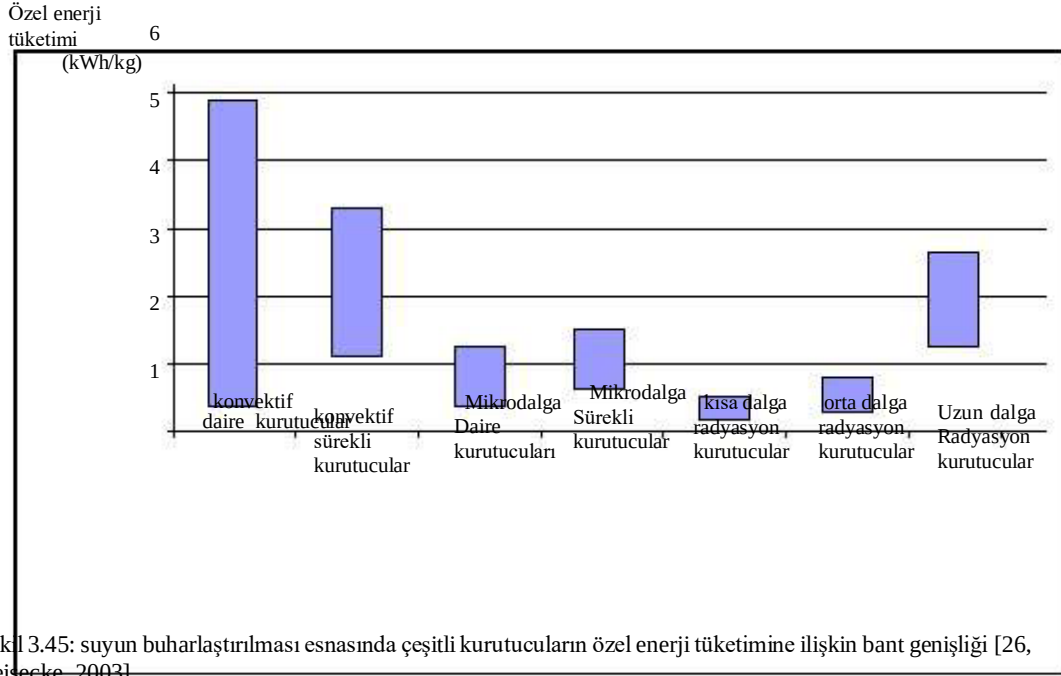
Yakma işleminin termal verimliliği, yakma ekipmanına bağlı olarak dikkate alınmalıdır. Bu işlem (aşağıdaki Denklem 3.16'da gösterildiği gibi) çıktı  $Q_{toplaml}$  üretir.

$$Q_{toplaml} = Q_I / Y_{yakt} \quad \text{Denklem 3.16}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{toplam}} &= \text{Toplam güç çıktısı} \\ Y_{\text{yakıt}} &= \text{Termal verimlilik} \end{aligned}$$

□

Şekil 3.45, maksimum yükte buharlaştırılmış suyun kilogram başına özel enerji tüketimi için bant genişliği ve farklı türdeki maksimum buharlaşma performansını göstermektedir. Kıyaslama amacıyla konveksiyon kurutucular elektrikli ısıtma yöntemini kullanmaktadır.



Şekil 3.45: suyun buharlaştırılması esnasında çeşitli kurutucuların özel enerji tüketimine ilişkin bant genişliği [26, Neisecke, 2003]

Elde edilen çevresel faydalar  
Veri yoktur.

Çapraz medya etkileri  
Veri yoktur.

İşletimsel veri  
Bölüm 3.11.1’de belirtildiği gibi, kurutma öncesinde ön arıtma olarak mekanik ayırma prosesinin kullanılması enerji tüketimini büyük ölçüde azaltır.

Kurutuculardaki hava neminin optimize edilmesi kurutma proseslerinde enerji tüketimini en aza indirmede büyük bir öneme sahiptir.

Uygulanabilirlik  
Veri yoktur.

Finansman  
Veri yoktur.

Uygulama için itici güç  
Veri yoktur.

Örnekler  
Veri yoktur.

Kaynak bilgi  
[26, Neisecke, 2003, 203, ADEME, 2000]

### 3.11.3.2 Doğrudan

#### Isıtma Tanım

Doğrudan ısıtma işlemi ısı yayım tekniğiyle gerçekleştirilir. Ilık ya da sıcak gaz, hava (yakıtların yakma gazlarıyla karıştırılabilir) ya da buhar( bkz. Bölüm 3.11.3.4) , kurutulacak malzemelerin çevresine doğru yönlendirilir. Bu malzemeler döner tambur veya kafeste olabilir.

Doğrudan kurutma sistemleri:

- ☐ Akan gazla  
Örn. döner tambur kurutma fırını ya da kazanı, tünel kurutucular, spiral kayış kurutucular, tepsili kurutucular ,
- ☐ Hava verilmiş katılarla:  
Örn. Sirkülör (devir daim pompası) aracılığıyla, harman kurutucularla,
- ☐ borulu kurutucularla Katılara hareket verilmesiyle:  
Örn. akışkanlı yatak, döner hızlı kurutucu

Elde edilen çevresel faydalar

Özellikle doğrudan yakma işlemiyle ısıtılmış sıcak hava ile doğrudan ısıtma dolaylı sistemlerdeki, kazanlardaki ve buhar borusu hatlarındaki ısı kayıplarını önler.

Çapraz medya etkileri  
Bildirilmemiştir.

işletimsel veri

Kurutulan malzemeleri ve ortadan kaldırılan sıvılar sistemle uyumlu olması ve bu malzemelerin güvenli bir şekilde kullanılabilmesi gerekir. Örn. doğal gazların yakılmasıyla doğrudan ısıtma işlemi uygulandığında yanıcı olmamalıdır.

Uygulanabilirlik  
Yaygın olarak kullanılanlar

Finansman  
Veri yoktur.

Uygulama için itici güç

- ☐ maliyetin azaltılması
- ☐ ortam
- ☐ basitlik (örn. hava kurutma buhar ihtiyacını azaltır).

Örnekler

Organik kimyasal, gübre, gıda ürünler ve kum kurutan döner tamburlar gibi birçok sanayi kolunda yaygın olarak kullanılır. Ayrıca metallerin zemin ıslahı işleminde ve kafeslerde kurutucu öge olarak kullanılabilir. Kafes hattında kurutucunun kullanılması en son seçenektir. Bunun ötesinde arıtma ve durulama çözeltileri içeren diğer tanklarla uyumlu bir tankın kullanılması daha doğrudur. Bu kafesler arıtım tanklarına yükseltildiği gibi kurutucuya da yükseltilebilir. Kurutucu otomatik olarak açılan kapak birlikte monte edilebilir.

Kaynak bilgi  
[263, Tempamy, 2008, 266, Ullmann's, 2000]

## 3.11.3.3 Dolaylı ısıtma

**Tanım**

Dolaylı ısıtma, ısı iletimi ile gerçekleşir. Isıtılan zeminde kurutulacak malzemeye ısı transfer edilir. Malzeme istasyonda mevcut olabilir ya da sıcak bir zeminde diğer bir zemine transfer edilebilir.

Dolaylı kurutma sistemleri:

- ☐ Düz ve şerit halindeki malzemeler. Örn. tekstil, kâğıt ya da karton için tamburlu kurutucular kullanılır. Nemli malzeme genellikle buharla içten ısıtılan döner yatay silindirler etrafına sarılır.
- ☐ Organik ya da inorganik maddeler gibi düşük akışkanlığa sahip malzemeler için döner kurutucu kullanılır. Isıtılan döner kurutucuların üstüne malzeme ince bir tabaka halinde dökülür. Kurutulan katı madde kazıyıcı bıçağı ile film, pul veya toz halinde çıkarılır.
- ☐ Hamurumsu malzemelerin kurutulması
  - Oluklu role kurutucu (daha detaylı kurutma için kısa parçalar üretir)
  - içi oyuk vidalı kurutucular. Bu kurutucu tipi oluk içerisinde dönen içi oyuk Arşimed vidalarından birini ya da ikisini kullanır. Vidalar sıcak suyla doyurulmuş buharla ya da sıcak yağla ısıtılır. (karıştırıcı ve burgaçlı yoğurucunun içinde bulunduğu kontak kurutucu olan ve tüm fazlarda kullanılan kurutucu)
  - Gövde, kapak, boşluklu ana döner aleti ve disk öğeleri buharla, sıcak suyla ya da sıcak yağla ısıtılır.
- ☐ Tanecikli malzemelerin kurutulması:
  - Tambur içinde ısıtılan döner kurutucular (ya da ısıtılan tamburda tüpler içerisinde kurutulacak malzemeyi içeren döner kurutucu) bu kurutucular tozlu malzemeler için uygun olabilecek düşük seviyede hava akışkanlığı sağlarlar.
  - Vidalı taşıma bantlı kurutucu. (kurutucu içerisinde ısıtılan kazanın içinde pedallar bulunmaktadır. )
  - Hunili helezon şeklinde kurutucu (huniyle şekillendirilen karıştırıcı ısıtılmış huni içerisinde döner)
  - (Isıtılmış tepsisi) tepsili kurutucu
  - Spiral borulu kurutucular (bu kurutucunun içinde malzeme, borunun ısıtılmış tüpüyle çok kısa süre için teması geçer ve pnömotik biçimde transfer edilir. Bu kurutucular mühürlenebilir ve çözelti geri kazanımı aracılığıyla organik çözelti giderme işlemlerinde kullanılabilir)

Elde edilen çevresel faydalar  
Bildirilmemiştir.

**Çapraz medya etkileri**

Isının transfer edilmesi esnasında ortaya çıkan kayıplar nedeniyle doğrudan ısıtma işleminden daha fazla enerji tüketir, çünkü iki aşamalı bir işlemdir: zeminin ısıtılması, ardında malzemenin ısıtılması

İşletimsel veri  
Bkz. Tanım

**Uygulanabilirlik**

Bu kurutucular (özellikle çözelti ortadan kaldırıldığında ) özel uygulama alanlarına sahip olabilir.

**Finansman**

Bildirilmemiştir.

**Uygulama için itici güç**

Doğrudan ısıtma işleminin uygulanmadığı ya da kısıtlamaların ortaya çıktığı durumlarda uygulanabilir.

**Örnekler**

Yaygın olarak kullanılanlar

**Kaynak bilgi**

[264, Tempamy, 2008, 266, Ullmann's, 2000]

## 3.11.3.4

**Kızdırılmış/Aşırı ısıtılmış buhar****Tanım**

Kızdırılmış buhar, buharın suyun kaynama derecesinden daha yüksek sıcaklığa getirilmesi demektir. Suyla temas halinde bulunamaz, su içermez ve gaza benzemez. “ek buhar”, anhidrit buhar ya da buhar gazı olarak da bilinir. Kızdırılan buhar, doğrudan kurutucularda sıcak hava yerine ısıtıcı akışkan olarak kullanılabilir. (ısıtma akışkanı, ürünle doğrudan temas içerisinde bulunduğu durumlarda) Örneğin; spreyli kurutmada, akışkanlı yatakta, püskürtmeli yatakta ya da tamburlarda.

**Elde edilen çevresel faydalar**

Sınırlayıcı faktörün kütle(su) transferi yerine ısı transferi olması bir avantajdır. Bu sebeple kurutma kinetiği daha uygundur. Kurutucular daha küçüktür, bu yüzden ısı kayıpları daha azdır. Bunun yanı sıra üründen gelen su enerjisi (gizli ısı) mekanik buhar yeniden sıkıştırma (MVR) aracılığıyla kurutucuda rahatlıkla geri dönüştürülebilir ya da diğer proseslerde kullanılarak enerji tasarrufunu artırır.

Uçucu organik bileşenlerle (VOCs) başa çıkmak egzoz gazlarının sınırlı hacimleri nedeniyle daha kolaydır. Bu bileşenler daha kolay geri kazandırılabilir.

**Çapraz medya etkileri**

Termal hassasiyete sahip ürünler yüksek sıcaklık nedeniyle zarar görebilir.

**İşletimsel ver,**

Isı geri kazanımı olmadan buharlaştırılmış suyun enerji tüketimi 670 kWh/t olarak hesaplanırken, ısı geri kazanımıyla bu miktar 170’ten 340 kWh/t’ye ulaşmaktadır.(örn. MVR).

Ürünün sahip olduğu son nemin ve kurutma kinetiğinin buhar sıcaklığıyla kontrol edilmesi sebebiyle proses kontrolü daha kolay olur. Havanın ortadan kaldırılması yangın ve patlama riskini azaltır.

**Uygulanabilirlik**

Doğrudan kurutucular kızdırılmış buharla yenilenebilir. Ürün kalitesinin garanti altına alınması için testler yapılmalı ve mali hesaplar tutulmalıdır.

**Finansman**

Özellikle MVR kullanıldığında yatırım masrafları yüksek olmaktadır.

**Uygulama için itici güç**

Enerji tasarrufu, uygulama için itici güç olmalıdır. Özellikle tarımsal kaynaklı yiyecekler sanayinde daha iyi kalite koşulları rapor edilmektedir.

(daha iyi renk, oksidasyonun bulunmaması vb.)

**Örnekler**

- ☐ Sucrerie Lesaffre (Nangis, France): kızdırılmış buhar kullanımıyla pancar küspesi kurutma
- ☐ uygulamalar: çamur , pancar küspesi, alfalfa, deterjan, teknik seramikler, ahşap bazlı yakıtlar vb.

**Kaynak bilgi**

[208, Ali, 1996]

## 3.11.3.5 Kurutma proseslerinde ısı geri kazanımı

**Tanım**

Kurutma genellikle yüksek sıcaklık gerektiren bir prosestir. Atık ısı ise aşağıda yer alan yöntemlerle geri kazandırılabilir:

- ☐ Kurutma proses sıcak havayı ısıtma akışkanı olarak kullandığında doğrudan kurutma ile:  
Kazana gönderilmeden önce egzoz havasının temiz hava ile doğrudan karıştırılması  
Egzoz gazı aşırı kirli ise (toz, nem vb.) ürünün kurutulmuş ya da kurutucu hava olması için önceden ısıtılması amacıyla ısının, ısı değiştiriciyle (bkz. Bölüm 3.3.1) egzoz gazından geri kazanılması
- ☐ Özellikle ısıtıcı akışkanın kızdırılmış buhar (bkz. Bölüm 3.11.3.4) olduğu durumlarda egzoz buharını (bkz. Bölüm 3.3.2) sıkıştırmak için mekanik buhar yeniden sıkıştırma işleminin (MVR) uygulanması (dolaylı)

Burada yalnızca doğrudan geri dönüşüm işlemi düşünülebilir.

Elde edilen çevresel faydalar

Enerji kullanımının en aza indirilmesi

Çapraz medya etkileri

Havanın kazana girmeden önce ısı değiştirici ile önceden ısıtılması sıcaklık-nem içeriğini etkileyerek kurutma prosesine zarar verebilir. Potansiyel kirleticiler ısı değiştirici olmadığı durumlarda ortaya çıkabilir. Kurutma sıcaklığını kontrol etmek için düzenlemelere ihtiyaç vardır.

İşletimsel veri

- ☐ ortam havası soğuk olduğunda enerji tasarrufları her zaman daha fazla olur. (örn. kış mevsiminde)
- ☐ en az %5 enerji tasarrufu beklenmektedir.

Uygulanabilirlik

Bu teknik herhangi bir sürekli ısı yayım kurutucusu (tünel, fırın, tambur vb.) için kullanılabilir. Ancak kazana ilişkin düzenlemelere ve farklı maddelerin boyutlarına dikkat etmek gerekir: fan, boru çapı, regülasyon vanası ve uygulanabildiği durumlarda ısı değiştirici. Isı değiştirici için paslanmaz çelik gerekir. Kurutucu kazan yakıtla çalıştığında sülfür ve SO<sub>2</sub> içeren egzoz gazı kondensasyon meydana geldiğinde ısı değiştiriciye zarar verebilir

Finansman

Enerji maliyetlerine, kurutucunun buharlaştırma kapasitesine ve çalışma saatlerine bağlı olarak geri ödeme süreleri çeşitlilik gösterebilir. Enerji fiyatlarının artmasına ilişkin hipotezlere göre değerlendirme yapmayı unutmayınız.

Uygulama için itici güç

Enerji tasarrufuyla daha fazla mali tasarruf elde edilmesi

Örnek tesisler

Pancar küspesi kurutma (Cambrai, Fransa): egzoz gazlarındaki ısı geri kazanımı

Kaynak bilgi

[203, ADEME, 2000]

## 3.11.3.6

**Mekanik buharın yeniden sıkıştırılması ya da evaporasyonla ısı pompaları**

MVR (mekanik buharın yeniden sıkıştırılması) ya da ısı pompası ile evaporasyon sonucunda yoğunlaştırma atık su arıtımında oldukça verimli bir tekniktir. Bu teknik düşük maliyetle arıtmaya gönderilen atık su hacmini azaltır ve suyun geri dönüştürülmesini sağlar.

**Tanım**

Bir ton suyu buharlaştırmak için 700 -800 kWh/t enerji gücü gerekir. Mekanik buhar yeniden sıkıştırma (MVR) (bkz. Bölüm 3.3.2), çoklu etkiye sahip termo sıkıştırma işlemini gerçekleştirebilen evaporatörler ve ısı pompaları gibi ısı geri kazanım çözümlerinin uygulanmasıyla enerji ihtiyaçları azaltılabilir. .

**Çapraz medya etkileri**

Atık su buharlarının yoğunlaştırılması için farklı yönetim ve arıtım teknikleri gerekmektedir. (örn. atık ısı tahliyesi için uygun olmayabilir.)

**İşletimsel veri**

Çeşitli evaporatörler ve bu evaporatörlere ilişkin özel tüketimler aşağıda yer alan Tablo 3.29’da gösterilmiştir.

| Evaporatör çeşidi                                                                  | Özel tüketim 1, 2, 3                      |       |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------|
|                                                                                    | kg buhar/twe1 (kWh) kWh of elektrik /twe1 |       |
| 1 aşama                                                                            | 1200 (960)                                | 10    |
| 2 aşama                                                                            | 650 (520)                                 | 5     |
| 1 aşama(termo sıkıştırma)                                                          | 450-550 (400)                             | 5     |
| 3 aşama                                                                            | 350-450 (320)                             | 5     |
| 6 aşama(termo sıkıştırma)                                                          | 115-140 (100)                             | 5     |
| 1 aşama MVR ile                                                                    | 0-20 (8)                                  | 15-30 |
| 2 aşama MVR ile                                                                    | 0-20 (8)                                  | 10-20 |
| Isı pompası                                                                        |                                           |       |
| Notlar:                                                                            |                                           |       |
| 1. twe: buharlaştırılan suyun ton miktarı                                          |                                           |       |
| 2. ürünlerin farklı yoğunlukları için ortalama değerler                            |                                           |       |
| 3.son sütun yedek malzeme tüketimine ayrılmıştır. (pompalar, soğutma kuleleri vb.) |                                           |       |

Tablo 3.29: evaporatör çeşitleri ve özel tüketim

**Uygulanabilirlik**

Teknoloji seçimi ürün özelliğine ve yoğunluğa bağlıdır. Fizibilite testlerinin yapılması gerekir.

**Finansman**

Duruma göre belirlenir.

**Uygulama için itici güç**

- ☐ maliyet kazancı
- ☐ ürün verimini ya da ürün kalitesinin artırılması

**Örnekler**

ZF Lemforder Mecacentre araba sanayinde farklı parçalar üretmektedir. (süspansiyon ya da direksiyon mili) 1998 yılında , ISO 14001sertifikası alırken Şirket temizleme parçalarından çıkan yıkama suyunu konsantre etmek için MVR evaporatörü kurmuştur. Kurulan ekipman saatte 7,2 kWh güçle 120 litre atık suyu yoğunlaştırabilmektedir ve üretim sisteminde bir ay içerisinde 20-25 m<sup>3</sup> arıtılmış su geri kazanımı sağlamıştır. Yoğunlaştırılmış atık sıvı ise atık yönetim ve arıtım tesislerine gönderilmiştir.



- ☐ Yatırım masrafı: 91 469 Euro
- ☐ Yıllık tasarruf: 76 224 Euro
- ☐ Yatırım geri ödeme süresi: 14 ay.

**Kaynak bilgi**

[26, Neisecke, 2003, 197, Wikipedia, , 201, Dresch\_ADEME, 2006] [243, R&D, 2002]

**3.11.3.7 Kurutma sistemi yalıtımının**

**optimizasyonu**

**Tanım**

Isıtılan tüm ekipmanla birlikte fırınlar, buhar boruları ve kondensat boruları gibi kurutma sisteminin yalıtılmasıyla ısı kayıpları azaltılabilir. (bkz. Bölüm 3.2.11) kullanılan yalıtım türü ve kalınlığı sistemin işletim sıcaklığına ve kurutulan malzemeye bağlıdır. Su dışında diğer sıvılar ortadan kaldırılıyorsa ya da su buharı kirlenmişse (asit buharıyla), uygulanacak yalıtımın türü ve kalınlığı yeniden gözden geçirilmelidir.

Yalıtım sık sık gözden geçirilmelidir çünkü zamanla kırılganlaşma meydana gelebilir, mekanik hasarlar ortaya çıkabilir, zedelenmeler yaşanabilir (yoğunlaştırıcı su buharından ya da buhar sızıntılarından) ya da malzeme diğer kimyasallarla temas geçebilir. Hasara göre yalıtım malzemesi görsel olarak ya da infrared tarama ile tespit edilebilir. Bkz. Bölüm 2.10.1

Elde edilen çevresel faydalar

Enerji tasarrufu

Çapraz medya etkileri

Belirlenmemiştir.

İşletimsel veri

Personel sıcak zeminlere temas edebilir bu sebeple maksimum zemin sıcaklığı 50 °C olmalıdır.

Yalıtım, korozyonu ya da sızıntıları önler. Bu sızıntıların tespit edilmesi için periyodik olarak kontrollerin sürdürülmesi gerekir.

Uygulanabilirlik

Büyük kurutma sistemlerini yalıtırken ya da bir tesisi yenilerken

Finansman

Projeye bağlı olarak hesaplanır.

Uygulama için itici güç

Maliyet kazancı, sağlık ve güvenlik

Örnekler

Yaygın olarak kullanılanlar

**Kaynak bilgi**

[265, Tempamy, 2008, 268, Whittaker, 2003]

[www.pip.org](http://www.pip.org)

### 3.11.4 Radyant enerjiler

#### Tanım

Infrared (IR), yüksek frekanslı (HF), mikrodalga (MW) gibi radyant enerjilerde, enerji termal radyasyonla transfer edilir. Kurutma ve kürlenmenin birbirinden farklı olduğu unutulmamalıdır. Kurutma; çözücü moleküllerin, buharlaştırmanın gizli ısısına ya da daha fazla ısıya yükseltilmesini gerektirir. Kürlenme tekniği ise çapraz bağlama (polimerizasyon) ya da diğer reaksiyonlar için enerji sağlar. Kurutma ve kaplamaların kürlenmesine ilişkin konular STS BREF'te yer almaktadır.

Bu teknolojiler; endüstriyel üretim tesislerinde ısı üretimi için uygulanabilir ve böylece kurutma proseslerinde de kullanılabilir. Radyant enerjiler tek başına ya da ısı iletim ve ısı yayım işlemleriyle birlikte kullanılabilir.

#### Elde edilen çevresel faydalar

Radyant enerjiler, bu proseslerde enerji tasarrufu sağlayacak özel niteliklere sahiptir:

- ☐ Enerjinin doğrudan transfer edilmesi. Radyant enerjiler herhangi bir aracı kullanmadan enerjinin kaynaktan ürüne transfer edilmesine olanak sağlar. Bu yüzden ısı transferi optimum düzeydedir ve havalandırma sistemi dolayısıyla yaşanan enerji kayıpları önlenmiş olur. Bu durum büyük ölçüde enerji tasarrufu sağlar. Örneğin, boya kurutma proseslerinde enerjinin %80'i atık gazlardan çıkarılır.
- ☐ Yüksek güç yoğunluğu. zemin (IR) ya da hacim (HF, MW) güç yoğunlukları sıcak hava konveksiyonu gibi klasik teknolojilerle kıyaslandığında radyant enerjilerde daha yüksektir. Bu durum, daha yüksek hızı sağlar ve bazı boyalar gibi yüksek özel enerji ürünlerinin ıslah edilmesine yardımcı olur.
- ☐ Enerjiye odaklanma. Enerji, ürünün gerekli kısmı için odaklandırılabilir.
- ☐ Kontrol esnekliği termal durgunluk radyant enerjilerde az rastlanan bir durumdur ve güç çeşitliliği fazladır. Esnek kontrol sistemi kullanılabilir ve bu sistem enerji tasarrufu sağlar üretilen ürünlerin kalitesini artırır.

#### Çapraz medya etkileri

Bildirilmemiştir.

#### İşletimsel veri

Egzoz hava akışı oldukça azdır çünkü ısı transferi için hava, aracı konumunda değildir. Hava, yalnızca buharı ya da diğer çözücülerini çıkarmak için kullanılır. Egzoz gazlarının artımı daha kolay ve daha hesaplıdır.

#### IR'nin diğer özel faydaları:

- ☐ Doğrudan ısıtma: sıcak hava çıkışının azalması, enerji tasarrufu: çok az akışkan taşınır (ya da hiç)
- ☐ Malzeme boyutunun küçültülmesi
- ☐ Kolay düzenleme
- ☐ Tesisi yenileme

#### HF ve MW'nin diğer özel faydaları:

- ☐ Doğrudan ısıtma: sıcak hava çıkışının azalması, enerji tasarrufu: çok az akışkan taşınır (ya da hiç)
- ☐ Hacim ısıtma daha hızlı kurutma sağlar ve daha az kayıp yaşanır.
- ☐ Seçici ısıtma, su tercihe göre ısıtılır
- ☐ Ürünlerin boyutları dalga uzunluğu ile uyumlu ise homojen ısıtma
- ☐ Verimli ısı transferi

Heterojen ürünlerin farklı biçimde ısıtılabilir ve bunun sonucunda kalitesi düşük ürünler ortaya çıkar.

IR'nin bazı dezavantajları:

- ☐ Daha fazla yatırım (%)20 - 30
- ☐ Düz ya da basit şekilli ürünler için
- ☐ Müteahhitlerin birinci tercihi değildir.

HF ve MW'nin bazı dezavantajları:

- ☐ Daha fazla yatırım (%20 - 30)
- ☐ Müteahhitlerin birinci tercihi değildir.

Uygulanabilirlik

Radyant enerjiler, özellikle IR tesislerin yenilenmesinde ya da ısı iletimi ve ısı yayımı ile üretim hattını artırmada kullanılır.

Avantajları olmasına rağmen (hızlı işleyiş, son ürünlerin kalitesi, enerji tasarrufu), radyan enerjiler günümüzde büyük ölçüde enerji tasarrufu potansiyeline sahip sanayi uygulamaları için kullanılmamaktadır.

IR'nin kullanım alanları

- ☐ Boyanın, mürekkebin ya da cilanın kurlenmesinde
- ☐ Kâğıt ya da karton kurutmada, tekstil ürünlerinin ön-kurutulmasında
- ☐ Kimya ve plastik sanayinde tozların kurutulmasında

HF'nin kurutucu olarak kullanım alanları

- ☐ büyük (monolitik) ürünlerde: tekstil (tel makaraları), seramik
- ☐ kimyasal sanayindeki tozlar

MW'nin kurutucu olarak kullanım alanları:

- ☐ büyük (monolitik) ürünler (ahşap, tarım sanayi) ya da düz ürünler
- ☐ kimyasal ürünler ve ilaç üretimi (vakumlu).

Finansman

Yatırım masrafları klasik tekniklere göre daha fazladır. (%20-30)

Uygulama için itici güç

Radyant enerjiler kompakt sistemlere yol açar. Yer darlığı, uygulama için itici güç olarak kabul edilebilir. Mevcut üretim hatlarını çoğaltmak için kullanılabilir. (özellikle IR)

Örnekler

Biotex, lateks yastıklar üreten Fransız bir firmadır. Yastıkların kurutulması oldukça zor bir işlemdir ve kullanım sırasında sorunlarla karşılaşmamak için ne içeriği %<1 olmalıdır. Konvektif tünel (çarpan jet) iyi bir üretim verimi sağlamamaktaydı ve çok fazla enerji tüketmekteydi. Tünel çıkışına HF sisteminin yerleştirilmesi kalite açısından beklentileri karşılamış üretim süresinin sekiz katı ile yastık başına %41 oranında (birincil enerji) enerji tüketimini azaltmıştır. Konvektör tüneli yastıkta %19-45 oranında nem bırakırken bu oran HF uygulandığında %1 ,e düşmüştür. Geri ödeme süresi 4 yıl.

Kaynak bilgi

[204, CETIAT, 2002, 205, ADEME, , 206, ADEME, 2002]

### 3.11.5 Termal kurutma işlemlerinde bilgisayar destekli proses kontrolü/proses otomasyonu

#### Tanım

Termal kurutma prosesleri ile bağlantılı birçok uygulamada kurutucular; hedef değer özelliklerinin ve /veya özellikle empirik değerlerin (operatörün deneyimi) kullanılmasıyla kontrol edilir. Tutulma süresi, üretilen iş hızı, başlangıçtaki nem içeriği, ürün kalitesi ve sıcaklık kontrol parametresi olarak kullanılır. Doğrusal özelliklere sahip nem sensörleri yüksek performans ömrüne sahip olmaları nedeniyle nem içeriğini belirlenmesi açısından gerekli araçlardır. Bir bilgisayar bu ölçümleri gerçek zamanda hesaplayabilir ve kurutma prosesinin matematiksel modelinden yola çıkarak hedef değerlerle bu ölçümleri kıyaslayabilir. Bu işlem kurutma prosesinin ve uygun yazılımın iyi bilinmesiyle mümkündür. Kontrolör, hedef değerlerle gerçek değerleri kıyaslayarak kontrol değişkenlerini değiştirir.

Farklı tesislerden alınan örnekler, klasik ampirik kontrolörlerle kıyaslandığında %5-10 oranında tasarruf sağlanabileceğini göstermektedir.

Elde edilen çevresel faydalar  
Veri yoktur.

Çapraz medya etkileri  
Veri yoktur.

İşletimsel veri  
Veri yoktur.

Uygulanabilirlik  
Veri yoktur.

Finansman  
Veri yoktur.

Uygulama için itici güç  
Veri yoktur.

Örnekler  
Veri yoktur.

Kaynak bilgi  
[207, ADEME, 2000]



## 4 MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER

### 4.1 Giriş

Bu bölümün ve içeriğinin anlaşılması için okuyucunun dikkati bu belgenin önsözüne ve aşağıda yer alan ibareye çekilmiştir:

Giriş'in 3.Bölümünde "IPPC Direktifinin yasal hükümleri ve MET'in tanımı:

IPPC Direktifi'nin amacı; EK I'de yer alan faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin kontrol edilmesi ve önlenmesi, bu kontroller sonucunda enerji verimliliği de dahil olmak üzere çevrenin bir bütün olarak korunması amaçlanmıştır. Direktifin yasal dayanağı çevresel koruma sağlamaktır. Korumanın uygulanması esnasında Topluluğun rekabet gücü gibi konuların ele alınması ve sürdürülebilir gelişmenin sağlanması dikkate alınmalıdır. Bu belgenin kapsamı Direktif'te yer alan enerji verimliliğinin yasal dayanağı için daha detaylı bilgi sağlamaktadır.

IPPC Direktifi, operatörlere ve denetimcilere olası bir kirlilik ya da tüketim durumunda kapsayıcı bir gözlemde bulunmalarını şart koşmakla birlikte özel sanayi kuruluşları için izin sistemi sağlar.

Bu entegre yaklaşımın tüm hedefi çevrenin

bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasını sağlamak amacıyla endüstriyel süreçlerin oluşumunu, inşa edilmesini, yönetilmesini ve kontrol edilmesini sağlamaktır.

Bu yaklaşımın temelinde Madde 3 „te yer alan temel prensipler bulunmaktadır: Operatörler enerji verimliliği dâhil olmak üzere çevresel performansı artıracak “mevcut en iyi teknikler”in uygulanması aracılığıyla kirliliğe karşı uygun tüm önlemleri almalıdır.

“mevcut en iyi teknikler” terimi Direktifin Madde2(12) sinde tanımlanmaktadır.

Bunun yanı sıra, Direktifteki EK IV mevcut en iyi tekniklerin belirlenmesinde özel ya da genel durumlarda dikkate alınacak önlemlerin listesini kapsar. Bununla birlikte, önlem ve önleme ilkelerinin masrafları ve kazançları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu koşullar, Madde 17(2) ye riayet edilmesi için Komisyon tarafından yayımlanan bilgi notunu kapsar.

izin veren yetkili merciler izin koşullarını belirlerken Madde 3'te yer alan genel ilkeleri göz önünde bulundurmalarıdır. Bu koşullar eş parametrelerle ya da teknik önlemlerle değiştirilmiş ya da desteklenmiş emisyon limit değerlerini kapsamalıdır. Direktifin 9(4) maddesine göre:

(çevresel kalite standartlarına uyumluluk konularına bakılmaksızın) Salınım sınır değerleri, eş parametreler ve teknik önlemler; herhangi bir teknik hakkında açıklama yapılmaksızın ancak ilgili tesisin teknik özellikleri, coğrafik konumu ve yerel çevresel koşulları göz önünde bulundurularak mevcut en iyi tekniklere göre belirlenir. Her durumda izin vermek koşulları uzun mesafeli ya da sınır ötesi kirliliğin en azan indirilmesine ilişkin şartları kapsamalıdır ve çevrenin bir bütün olarak korunmasını sağlamalıdır.

Direktifin 11. Maddesine göre Üye Devletler mevcut en iyi tekniklerin uygulanmasına ilişkin gerekli bilgiyi yetkilin mercilere sunmak zorundadır.

Önsözün 6. maddesi, “bu belge nasıl anlaşılmalı ve nasıl kullanılmalı”:

Bu belge özel durumlarda enerji verimliliği için MET’in belirlenmesinde bir kaynak olarak kullanılabilir. MET belirlenirken ve MET temelli izin koşulları oluşturulurken enerji de dahil olmak üzere çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasına yönelik hedefler göz önünde bulundurulmalıdır.

Bölüm 4, genel anlamda MET’e uygun teknikleri kapsar. Amaç, MET temelli izin koşullarının belirlenmesine yardımcı olacak uygun bir referans noktası olarak kabul edilebilecek enerji verimliliği genel göstergelerini sağlamak ve 9.maddenin 8.fıkrası uyarınca genel olarak bağlayıcı kurallar oluşturmaktır. Ancak bu belgenin, izinler için enerji verimliliği değerleri önermediği bilinmelidir. Uygun izin koşullarının belirlenmesi; ilgili tesisin teknik özellikleri, coğrafi konumu ve yerel şartları gibi tesise özgü faktörlerin göz önünde bulundurulmasını gerektirir. Mevcut tesislerin ekonomik ve teknik olarak güncellenebilmesine yönelik imkanlar göz önünde bulundurulmalıdır. Çevrenin bir bütün olarak korunmasının sağlayacak tek bir amaç bile farklı çevresel etkiler arasında karşılıklı değerlendirmelerin yapılmasını sağlar ve bu değerlendirmeler yerel koşullardan etkilenmektedir.

Bu bölümde yer alan en iyi teknikler her işletme için uygun olmayabilir. Diğer yandan çevrenin yüksek düzeyde korunması ve sınır boyu ve sınırlar ötesi kirliliğin en aza indirilmesine ilişkin zorunluluklar izin koşullarının yalnızca yerel durumlara bağlı olarak oluşturulamayacağını ortaya koyar. Bu yüzden bu belgede yer alan bilginin izin veren merciler tarafından dikkate alınması son derece önemlidir.

Entegre yaklaşım ve çapraz medya etkilerinin dengelenmesi ihtiyacı sonucunda (yukarıda özetlendiği gibi) enerji verimliliği işletmeler için bir bütün olarak düşünülmelidir:

- ☐ işletme içerisinde aynı zamanda tüm faaliyetlerin ve/veya sistemlerin enerji verimliliğinin en üst seviyeye çıkarılması mümkün olmayabilir.
- ☐ Toplam enerji verimliliğini artırıp aynı zamanda diğer tüketimleri ve salınımları azaltmak mümkün olmayabilir. (örn. Havaya salınan maddelerin enerji kullanmadan düşürülmesi )
- ☐ Bir işletmede maksimum verimliliğe ulaşmak için bir veya birden fazla sistemin de optimize edilmesi gerekebilir. Bkz. Bölüm 1.3.5 ve 1.5.1.1.
- ☐ Enerji verimliliği ile diğer faktörler arasında dengenin sağlanması önemlidir. Örneğin; ürün kalitesi ve prosesin dengesi,
- ☐ Atık ya da ek havanın ve/veya yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı birincil yakıtların kullanılmasından daha uygundur. (kullanımda enerji verimliliği az olsa da)

Enerji verimliliği teknikler “enerji verimliliğinin optimize edilmesi” olarak algılanmalıdır.

Bu bölümde yer alan teknikler aşağıda yer alan “tekrarlanan” prosesler aracılığıyla değerlendirilmektedir:

- ☐ Başlıca enerji verimliliği konularının IPPC Direktifi kapsamında belirlenmesi (bkz. Önsöz ve Kapsam<sup>32</sup>) bu başlıca konuları ele almak amacıyla mevcut en iyi tekniklerin değerlendirilmesi
- ☐ Mevcut en iyi tekniklerin uygun veriler ışığında belirlenmesi
- ☐ Avrupa Birliği’nde ve dünya çapında

<sup>32</sup> IPPC Direktifinde yer alan **Enerji verimliliği** , bu belgenin kapsamı diğer tüzüklerle ve politika yorumlarıyla ilişkiler Önsözde ve Kapsamda ele alınmıştır. Belgenin, yenilenebilir enerji kaynaklarını ele almayacağına karar verilmiştir.

- Bu performans seviyelerine hangi koşullar altında ulaşıldığı belirlenmelidir (masraflar, çapraz medya etkileri, tekniklerin uygulanması için başlıca itici güç vb.)
- Direktifte yer alan Madde 2(12) ve EK IV’ye göre genel anlamda mevcut en iyi tekniklerin seçilmesi

Avrupa IPPC Bürosunun ve Teknik Çalışma Grubu’nun uzmanları tarafından yapılan değerlendirmeler (TWG) bu adımların her birinde kilit rol oynamaktadır.

Uygun görüldüğü yerlerde, masraflara ilişkin veriler önceki bölümlerde yer alan tekniklerin tanımaya beraber verilmelidir. Bu durum ilgili masrafların kapsamı hakkında genel bir bilgi sağlar. Ancak, bir tekniğin uygulanmasına ilişkin masraf; vergiler, ücretler, ilgili işletmenin teknik özellikleri gibi özel durumlara bağlıdır. Bu belgede tesise özgü faktörleri detaylı bir şekilde ele almak mümkün değildir. ilgili masraflara yönelik veri yoksa, Tekniklerin finansal kapasitesi mevcut işletmelerdeki araştırmalardan elde edilir.

Bu bölümde yer alan genel MET mevcut tesisin şu anki performansını ya da yeni tesis kurma planlarını değerlendirmek için bir referans noktası olarak kabul edilir. Bu yöntem, tesisin “MET-temelli” uygun koşullarının belirlenmesinde ya da Madde 9(8)’de yer alan bağlayıcı kuralların oluşturulmasında yardımcı olur. Genel MET seviyelerinde ya da MET seviyelerinden daha iyi koşullarda faaliyet göstermek amacıyla yeni tesislerin kurulması öngörülmektedir. Ayrıca mevcut tesislerin genel MET seviyelerine doğru yönünü çevirdiği ya da bu tesislerin her bir vakada tekniklerin ekonomik ve teknik olarak uygulanabilirliğine bağlı olduğu düşünülmektedir.

MET Kaynak belgesi yasal olarak bağlayıcı standartlara sahip değildir. Bu belge, özel teknikleri (dikey sektör BREF’inde yer alan teknikler) ya da eşdeğer parametrelerle teknik önlemleri (madde 9(4)) uygularken elde edilebilir emisyon ve tüketim seviyeleri hakkında Üye Devletlere ve sanayi kuruluşlarına kılavuzluk yapar. Özel durumlar için belirlenecek uygun koşullar IPPC Direktifi’nin hedefleri ve yerel şartlar dikkate alınarak belirlenecektir.

#### Yatay MET’in belirlenmesi

Tüm IPPC sektörlerindeki enerji verimliliğine getirilecek yatay yaklaşım; enerjinin tüm işletmelerde kullanıldığı ve ortak sistemlerle ekipmanların IPPC sektörlerinde ortaya çıktığı durumlara dayandırılır. Enerji verimliliği yatay seçenekler özel faaliyetlerden bağımsız olarak belirlenebilir. Bu temelde, tüm alanlarda enerji verimliliği sağlamak için en etkili önlemleri almak amacıyla MET oluşturulabilir. Bu yatay bir BREF olduğundan MET, dikey BREF’ten daha geniş anlamda belirlenmelidir (bir tesis içerisinde proseslerin, birimlerin ve sistemlerin arasındaki etkileşim gibi)

Enerji verimliliği için prosese özel MET ve ilgili tüketim seviyeleri uygun dikey sektör BREF’lerinde yer almaktadır. Bunların bir kısmı [283, EIPPCB]’de detaylı olarak açıklanmıştır.

Bu yüzden özel tesisler için MET; ilgili sektör BREF’lerinde özel MET öğelerinin kombinasyonudur. ilgili faaliyetlere yönelik özel MET diğer dikey BREF’lerde bulunabilir ve bu bölümde yer alan genel MET öğeleri: tüm işletmeler için genel konular Bölüm 4.2’de yer almaktadır, belirli sistemler, prosesler, faaliyetler ya da ekipmanlar Bölüm 4.3’te ele alınır. (aralarındaki ilişki Şekil 4.1’de yer almaktadır.)

Ele alınabilecek tekniklerin detayına ilişkin bilgiler Bölüm 2 ve 3’te yer almaz. Bu sebeple diğer teknikler mevcut olabilir ya da IPPC ve MET çerçevesinde bu tekniklere uygun olarak geliştirilebilir.



MET'in uygulanması

MET'in yeni ya da güncellenmiş tesislerde ya da proseslerde uygulanması bir sorun yaratmaz. Birçok durumda, enerji verimliliğini artırmak için ekonomik koşulların dikkate alınmasına yardımcı olur. Mevcut işletme içerisinde MET'in uygulanması mevcut altyapı ve yerel koşullar nedeniyle kolay değildir: bu işletmelerin güncellenmesi için ekonomik ve teknik koşulların gözden geçirilmesi gerekir. (bkz. Önsöz ve aşağıda detaylı olarak açıklanan liste) ECM REF [167, EIPPCB, 2006] aşağıda yer alan faktörlere işaret eder:

- ☐ Yeni bir tesis kurulumunda ya da güncelleştirmede, tekniklerin seçilmesine bağlılık , (örneğin tasarımdaki hangi değişiklikler maliyet kazancı sağlanarak gerçekleştirilemez)
- ☐ Ekipmanın yaşı ve tasarımı
- ☐ Yatırım döngüsünde işletmenin pozisyonu
- ☐ Proseslerin karmaşıklığı ve işletmede kullanılan tekniklerin seçilmesi Üretim
- ☐ kapasitesi, hacim ve üretilen ürünlerin karışımı
- ☐ Uygulanan arıtma işlemlerinin türü ve kalite gereksinimleri
- ☐ Uygun yer
- ☐ maliyet, "uygunluğu" ve tekniklerin operatör tarafından şart koşulan zaman aralığında geliştirilmesi
- ☐ işlete içerisinde faaliyetlere ilişkin değişiklikler yapmak için gerekli süre (yapısal değişiklikler dahil) ve bu değişikliklerin
- ☐ ürün gereksinimleri ile optimize ediliş biçimi
- ☐ devam eden çevresel önlemlerin maliyet kazancı
- ☐ yeni ortaya çıkan teknikler
- ☐ finansal harcamalar ve çapraz medya masrafları

Ancak bu belge yeni ve mevcut işletmeler arasında ayrım yapmaz. Böylesi bir ayrım sanayi kuruluşlarındaki operatörlerin MET'den uzaklaşmasına neden olur. Enerji verimliliği sonucunda geri ödemeler mevcuttur ve enerji verimliliğine verilen önem sebebiyle finansal teşvikler ve politika uygulama önlemleri bulunmaktadır. Avrupa ve MS eylem planlarına ilişkin bilgiler EK 7.13'te yer almaktadır.

Bu tekniklerin bir kısmı sürekli olarak uygulanabilirken diğerleri bölümler haline ya da periyodik olarak uygulanabilir. Bazı bakım işlemleri günlük uygulanırken diğerleri tesisin çalışmadığı zamanlarda uygulanır.

Tekniklerin bir kısmı uygulanır fakat IPPC Direktifi'nde bahsedilmeyen üçüncü bir tarafın(örn. Kojenerasyon) iş birliğine ihtiyaç duyulabilir.

Bu bölümün anlaşılmasında yardımcı olabilecek katkılar

Bu belgenin hazırlanması esnasında tekniklerin ve MET'in uygulanmasına yardımcı olacak bir sıra belirlenmiştir. Bu sıra MET bölümlerinden oluşmaktadır ve Şekil 4.1'de gösterilmektedir.

Öncelikle faaliyetlere yönelik ana proseslerin seçilmesi gerekmektedir. Bu prosesler ilk referans noktası olan dikey sektör BREF'inde ele alınmaktadır.

Bazı durumlarda bir işletmedeki faaliyetler için uygulanabilecek teknikler LCP, WI, WT ya da BREF gibi dikey sektör BREF'lerinde ele alınır.

Ancak enerji verimliliği genel bir konudur. Dikey sektör BREF'lerinde ele alınmayan ya da sektörler arasında ele alınması gereken konular bulunmaktadır. Bu konular, bu belgede yer almaktadır.

İlk adım, Bölüm 4.2.1'e ele alınan Enerji Verimliliği Yönetim Sistemi (ENEMS) temelli eylem programı oluşturmaktır. Bu program; dikey sektör BREF (ii) de ele alınan EMS tarafından değerlendirilir. Bu değerlendirme, bu EMS'nin değiştirilmesi (iii) ya da ayrı bir ENEMS tarafından desteklenmesi konusunu ele alır. Özel MET, mevcut işletmenin güncellenmesinde ya da yeni bir tesisin geliştirilmesinde uygulanır.

Bölüm 4.2.2 -4.2.9 ENEMS'in çeşitli sektörlerde uygulanışına ilişkin konuları ele alır. Bu bölümler tekniklerle ilgili daha fazla detaya sahip olan MET'i kapsar.

Bölüm 4.3 işletmenin enerji verimliliği üzerinde etkiye sahip olan ve dikey BREF'lerde ele alınmayan faaliyetleri, prosesleri ve ortam sistemleri kapsar. Bu faktörler işletmenin değerlendirilmesi sırasında belirlenebilir.

Daha önceki bölümlerde "Uygulanabilirlik" başlığı altında değerlendirmelere ve eleştirilere yer verilmiş, ek bilgiler sunulmuştur. Bu durum, MET'in uygulandığı işletmeler ve MET'in uygulanma sıklığı ve karmaşıklığı hakkında bilgi verir.

272

## 4.2 İşletme düzeyinde enerji verimliliği sağlamak için uygulanan mevcut en iyi teknikler

İşletme düzeyinde enerji verimliliği sağlamak için başlıca faktör, MET 1’de tanımlanan resmi yönetim yaklaşımıdır. Bu yaklaşım aşağıdaki bölümlerdeki MET ile desteklenir.

### 4.2.1 Enerji verimliliği yönetimi

Birçok enerji verimliliği yönetim tekniği MET olarak belirlenmiştir. Enerji verimliliği yönetim sisteminin (ENEMS) özelliği (standartlaştırılmış ya da standartlaştırılmamış) ve kapsamı (örn. Detay düzeyi) işletmenin özelliğine, kapsamına, karmaşıklığına, proseslerin ve sistemlerin enerji ihtiyaçlarına (bkz. Bölüm 2.1) bağlıdır:

1. MET, uygun olduğu takdirde aşağıda yer alan özellikleri yerel koşullarla birleştirecek enerji verimliliği yönetim sistemi (ENEMS) ne bağlı kalır ve su sistemi uygular. (bkz. bölüm 2.1. Bendler (a), (b), vb.
  - a. Üst yönetimin taahhüdü (üst yönetimin taahhüdü başarılı bir enerji verimliliği yönetimi için ilk koşuldur)
  - b. Tesis için üst yönetim tarafından belirlenen enerji verimliliği politikası
  - c. Amaçların ve hedeflerin planlanması ve oluşturulması (bkz. BAT2,3 ve 8)
  - d. Prosedürlerin uygulanması (bu prosedürler uygulanırken aşağıda yer alan hususlara dikkat edilmesi gerekir)
    - i) personelin yapısı ve sorumluluklar
    - ii) eğitim, bilinçlendirme ve yetkinlik (Bkz. MET 13)
    - iii) iletişim
    - iv) personelin katılımı
    - v) belgelendirme
    - vi) proseslerin etkin kontrolü (bkz. MET 14)
    - vii) bakım (bkz. MET 15)
    - viii) acil duruma hazırlık ve müdahale
    - ix) enerji verimliliği ile ilgili tüzükler ve anlaşmalarla, emniyet sistemlerinin uyumu (anlaşmaların mevcut olduğu durumlarda)
  - e. kıyaslama: zaman içerisinde enerji verimliliği göstergelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi (Bkz. MET 8), doğrulanmış verilerin bulunduğu durumlarda, enerji verimliliği konusunda sektörle, ulusal ya da uluslararası kıyaslamalar yapmak. (bkz. Bölüm 2.1(e), 2.16 ve MET 9)
  - f. Performans kontrolü ve düzeltici faaliyetler (bu faaliyetler uygulanırken aşağıda yer alan maddeler göz önünde bulundurulmalıdır:
    - i) Denetleme ve önlem alma (Bkz. MET 16)
    - ii) düzeltici ve önleyici tedbirler
    - iii) kayıtların tutulması
    - iv) bağımsız (uygun olduğu durumlarda) iç denetim (ENEMS’in planlanan uygulamalara uyup uymadığını düzgün bir şekilde uygulanıp uygulanmadığını kontrol etmek amacıyla) (bkz. MET 4 ve 5)
  - g. ENEMS’in uygunluğunun, yeterliliğinin ve etkinliğinin üst yönetim tarafından gözden geçirilmesi

(h) ve (i), için aşağıda yer alan enerji verimliliği ifadelerine ve harici doğrulamaya bakınız.

- b. Yeni bir birim tasarlarken bu tesisin hizmette kaldırılmasının yaratacağı çevresel etkileri de göz önünde bulundurmak
- c. Enerji verimliliği sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi ve enerji verimliliğindeki gelişmeleri yakından takip etmek

ENEMS, mevcut yönetim sistemlerinin bir kısmından(EMS gibi) elde edilen bu öğelerin ortaya konması ya da ayrı bir enerji verimliliği yönetim sisteminin uygulanması ile gerçekleştirilir.

Destekleyici önlem olarak belirlenecek üç ayrı faktör daha vardır. Bu faktörlerin avantajları olsa da bunların uygulanmadığı takdirde MET uygulanır. Bu üç adım aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

- ☐ (bkz. bölüm 2.1(h)) işletmenin tüm çevresel yönlerini belirleyen, çevresel hedeflerle amaçların yıl bazında karşılaştırılmasını ve sektöre ilişkin kıyaslamalar yapılmasını sağlayan düzenli enerji verimliliği belgesinin hazırlanması ve yayımlanması (harici doğrulama)
- ☐ (bkz. Bölüm 2.1(i)) akredite sertifikasyon birimleri tarafından ya da ENEMS doğrulayıcı aracılığıyla geçerli kılınan ve incelenen yönetim sistemlerine ve denetim prosedürlerine sahip olmak (bkz. Bölüm 2.1, Uygulanabilirlik, 2) ulusal ya da uluslararası alandan kabul görmüş gönüllü sistemlerin uygulanması ve bunlara bağlı kalınması. Bu sistemler:  
DS2403, IS 393, SS627750, VDI Richtlinie No. 46, vb.  
(EMS’de enerji verimliliği yönetimi) EMAS ve  
EN ISO 14001:1996. Bu gönüllü girişimler ENEMS’lerin güvenilirliğini pekiştirir. Ancak standartlaştırılmamış sistemler düzgün bir şekilde tasarlanıp uygulandığında aynı şekilde etkili olabilir.
- ☐

Uygulanabilirlik : Tüm işletmeler. Bu ENEMS’in kapsamı ve kullanımı (öm. detay düzeyi) işletmenin özelliğine, boyutuna ve karmaşıklığına, proseslerde ve sistemlerde yer alan bileşenlerin ihtiyaçlarına bağlıdır.

## 4.2.2 Hedeflerin ve amaçların planlanması ve uygulanması

### 4.2.2.1 Devam eden çevresel gelişmeler

Çevresel yönetim sisteminin önemli bir yanı, devam eden çevresel gelişmelerdir. Bu gelişmeler enerji, ham madde ve su tüketimi ile salınımlar arasında denge kurulmasını gerektirir.( bkz. Bölüm 1.1.6 ve 2.2.1). planlanmış sürekli gelişmeler enerji tasarrufu sağlamak için en iyi maliyet kazancının elde edilmesine katkı sağlar. (diğer çevresel faydalar)

2. MET, maliyet kazançlarını ve çapraz medya etkilerini hesaba katarak kısa, orta ve uzun vadeli yatırımların ve faaliyetlerin planlanmasıyla işletmenin çevresel etkilerini sürekli olarak en aza indirmeyi amaçlar.

Uygulanabilirlik : Tüm işletmeler.

“Süre gelen” kelimesi ise işlemin çevresel etkilerini azaltmak amacıyla düşünülecek uzun vadeli amaçlar ve planlar, zaman içerisinde tekrarlanan faaliyetler anlamına gelir. Yani, uzun süre boyunca uygun yatırımların daha iyi kullanılması için kısa vadeli faaliyetlerin göz ardı edilmesi ve prosesin temelini değiştirilmesi daha fazla yatırım yapılmasına ve uygulamaların daha uzun süreyi kapsamasına neden olabilir fakat bu durum enerji kullanımının ve salınımların azalmasına yardımcı olur. (bkz. Bölüm 2.2.1’deki örnekler).

Çevresel faydalar doğrusal olmayabilir yani 10 yıl boyunca %2 oranında enerji tasarrufu yapmak mümkün değildir. Faydalar düzensiz olabilir ya da aşamalı olarak ilerleyebilir.(ENE projelerindeki yatırımları yansıtır). Buna benzer olarak, diğer çevresel gelişmelerden kaynaklanan çapraz medya etkileri ortaya çıkabilir: örneğin hava kirleticiyi azaltmak için enerji tüketimini artırmak gerekli olabilir.

Çevresel etkiler hiçbir zaman sıfıra indirilemez ve zaman zaman gelecekteki faaliyetler için maliyet kazancı elde edilmeyen durumlarla da karşılaşmaktadır. Ancak zamanla teknoloji ve masraflar değiştikçe geçerlilik koşulları (örn. enerji fiyatları) değişebilmektedir.

#### 4.2.2.2 Tesisin enerji verimliliği imkanların ve enerji tasarrufuna yönelik fırsatların belirlenmesi

Enerji verimliliğinin optimize edilmesi için işletmenin enerji verimliliğini etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve ölçülmesi gerekir. (bkz. Bölüm 2.11) Enerji tasarrufları; MET 2'ye göre belirlenebilir, değerlendirilebilir ve uygulanabilir. (bkz. Bölüm 2.1(c)).

3. MET, denetimler uygulayarak tesisin enerji verimliliğini etkileyen faktörleri belirlemeyi amaçlar. Denetimlerin, sistem yaklaşımı ile uyumlu olması gerekir. (bkz. MET7)

Uygulanabilirlik: tüm işletmelerde. Yenileme ya da yeniden inşa etme planları öncesinde. Denetleme bağımsız ya da iç denetim şeklinde olabilir.

Uygulanabilirlik : Tüm işletmeler. Bu ENEMS'in kapsamı ve kullanımı (örn. detay düzeyi ve denetimler arasındaki süre) işletmenin özelliğine, boyutuna ve karmaşıklığına, proseslerde ve sistemlerde yer alan bileşenlerin ihtiyaçlarına bağlıdır. (bkz. Bölüm 2.8.):

- ☐ Motorlar gibi bireysel enerji kullanan bileşenlerde ya da çeşitli sistemlerin bulunduğu işletmelerde veri toplama işlemi; gerekli bilgiden ve önemli kullanım alanlarından önce gelmektedir.
- ☐ Daha küçük işletmelerde yüzeysel denetimler yeterli olacaktır.

işletmedeki birinci enerji denetimi enerji teşhisi olarak adlandırılabilir.

4. MET; denetimler sürdürülürken bu denetimlerin aşağıda yer alan faktörleri belirlemesine katkı sağlamayı amaçlar. (Bkz. Bölüm 2.11):
  - a. Tesiste enerji kullanımı ve enerji çeşidi, tamamlayıcı sistemler ve prosesler
  - b. Enerji kullanan ekipman, işletmede kullanılan enerjinin miktarı ve çeşidi
  - c. Enerji kullanımını en aza indirecek seçenekler:
    - işletim sürelerinin kontrol edilmesi/azaltılması (özellikle ekipman çalışmadığında tamamen kapatılması gibi) (bkz. Bölüm3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.11)
    - Yalıtımın optimize edilmesi, (örn. bkz. Bölüm.1.7, 3.2.11 ve 3.11.3.7)
    - Yardımcı malzemelerin, sistemlerin, proseslerin ve ekipmanların optimize edilmesi (bkz. Kısım 3)
  - d. Daha verimli alternatif enerji kullanımına yönelik imkanlar ve diğer proseslerden/sistemlerden gelen ek enerjinin kullanılması (bkz. Bölüm3.3)
  - e. Ek enerjinin diğer sistemlere/proseslere uygulanmasına yönelik imkanlar (bkz. Bölüm 3.3)
  - f. Isı kalitesinin artırılmasına yönelik imkanlar (bkz. Bölüm 3.3.2).

Uygulanabilirlik : Tüm işletmeler. Bu ENEMS'in kapsamı ve kullanımı (örn. detay düzeyi) işletmenin özelliğine, boyutuna ve karmaşıklığına, proseslerde ve sistemlerde yer alan bileşenlerin ihtiyaçlarına bağlıdır.

Sistemlerin ve proseslerin optimize edilmesine ilişkin tekniklerle ilgili örnekler Bölüm 3'te yer almaktadır.

5. MET; enerji optimizasyonunun ölçülmesine ve belirlenmesine yardımcı olacak metodların ve araçların kullanılmasını amaçlar. Örnek :

Enerji modelleri, veri tabanları ve dengeler(bkz. Bölüm 2.15)  
Pinç metodu gibi teknikler (bkz. Bölüm 2.12) ekserji ya da entalpi analiz (bkz. Bölüm 2.13), ya da termoekonomi(bkz. bölüm 2.14)  
tahminler ve hesaplamalar (Bkz. Bölüm 1.5 ve 2.10.2).

Uygulanabilirlik : her sektörde uygulanabilir. Uygun araçların seçimi sektöre, boyutlara ve tesisin enerji kullanımıyla karmaşıklığına bağlıdır. Bu uygulama tesise özgü de olabilir. Bu konuya ilişkin detaylar ilgili bölümlerde açıklanmıştır:

6. MET, tesis içerisinde,(MET7) tesis içerisindeki sistemler arasında ya da üçüncü taraf(lar)la enerji geri kazanımının optimize edilmesine yönelik fırsatları belirler.(Bkz. bölüm 3.2, 3.3 ve 3.4)

Uygulanabilirlik: enerji geri kazanımının kapsamı ısı için uygun kullanım şekillerine ve geri kazanılan maddenin türüne ve miktarına( bkz. Bölüm 3.3,3.4, EK 7.10.2 ve 7.10.3) bağlıdır. Sistem yaklaşımı Bölüm 2.2.2 ve MET 7 de ele alınmaktadır. Yenileme işlemlerinde, yeni tesisin kurulmasında ya da yerel koşullar değiştiğinde (faaliyetlerin gerçekleştiği yere yakın bir konumda ek ısıının kullanılması) diğer

Üçüncü bir tarafın mutabakatı ya da iş birliği operatörün kontrolünde olmayabilir, bu yüzden bu durumlar IPPC izninin kapsamı dışında kalabilir. Birçok durumda kamu yetkilileri ya da üçüncü taraflar bu tip anlaşmaları belirler.

#### 4.2.2.3 Enerji yönetimine sistemli yaklaşım

Enerji verimliliği; tesisin bir bütün olarak değerlendirilmesi, ihtiyaçlarının belirlenmesi, farklı sistemlerin kullanımları ve bunlar arasındaki ilişkinin belirlenmesi ile gerçekleşir.(bkz. Bölüm 1.3.5, 1.4.2 ve 2.2.2).

#### 7. Enerji yönetimine sistemli yaklaşım

- ☐MET tesiste enerji yönetimine sistemli bir bakış açısı getirerek enerji verimliliğini optimize eder. Optimizasyon için bir bütün olarak değerlendirilebilecek sistemler:

Proses üniteleri (bkz. sektörel  
BREF'ler) Isıtma sistemleri:  
Buhar  
Sıcak su  
Soğutma ve vakum (bkz. ICS BREF)  
Motor tahrikli sistemler:  
Sıkıştırılmış hava Pompalama  
Aydınlatma  
kurutma, ayırma ve konsantrasyon

Uygulanabilirlik : tüm tesislerde. Uygulanabilirlik : Tüm işletmeler. Bu tekniğin kapsamı ve kullanımı (örn. detay düzeyi, optimizasyon sıklığı ve aynı anda dikkate alınması gereken sistemler ve) işletmenin özelliğine, boyutuna ve karmaşıklığına, proseslerde ve sistemlerde yer alan bileşenlerin ihtiyaçlarına bağlıdır.

#### 4.2.2.4 Enerji verimliliği hedeflerinin ve göstergelerinin belirlenmesi ve gözden geçirilmesi

Ölçülebilir ve kayıt altına alınabilir enerji verimliliği hedefleri enerji verimliliğinin sağlanması ve sürdürülmesi için gereklidir. Gelişim alanları denetimler sonucunda belirlenir. (bkz. MET 3) Enerji verimliliği önlemlerinin etkinliğinin değerlendirilmesi için göstergelerin belirlenmesi gerekir. Proses sanayinde bu göstergeler; genellikle üretim ya da hizmet verimi(örn. GJ/t üretim, bkz. Bölüm 1.3), ve belirlenen özel enerji tüketimi (SEC) ile ilişkilidir. Tek bir enerji hedefinin bile belirlenemediği (SEC gibi) durumlarda bireysel proseslerin, sistemlerin ya da birimlerin verimliliği değerlendirilebilir. Proseslere ilişkin göstergeler ilgili sektör BREF’inde yer almaktadır. (bilgi için, [283, EIPPCB])

Üretim parametreleri (üretim oranı, ürün çeşidi gibi) değişiklik gösterebilir ve bu değişiklikler hesaplanan enerji verimliliğini etkileyebilir. Bu yüzden, enerji verimliliğinin uygulanan teknikler sonucunda elde edildiğini göstermek ve değişiklikleri açıklamak için bu durumlar kayda alınmalıdır. (bkz. Bölüm 1.4 ve 1.5). Enerji kullanımı ve transferi karmaşık olabilir. Değerlendirmeye alınan tesisin ya da sistemin sınırlarının tüm sistem temelinde dikkati bir şekilde belirlenmesi şarttır. (bkz. Bölüm 1.3.5, 1.4.2 ve MET 7). Enerji; birincil enerji bazında ya da farklı yardımcı birimler için ikincil enerji olarak kullanılan enerji temelinde hesaplanmalıdır. (proses ısısı (buhar kullanımı) GJ/t, bkz. Bölüm 1.3.6.1).

8. MET; aşağıda yer alan maddelerin tümünün uygulanması sonucunda enerji verimliliği göstergelerinin belirlenmesini amaçlar:
  - a. Tesis için uygun enerji verimliliği göstergelerinin belirlenmesi; gerekirse bireysel proseslerin, sistemlerin ve/veya birimlerin belirlenmesi; enerji verimliliği önlemlerinin uygulanmasının ardından bu faktörlerde zamanla meydana gelen değişikliklerin ortaya çıkarılması (bkz. Bölüm 1.3 ve 1.3.4)
  - b. Göstergelerle ilişkili uygun sınırların belirlenmesi ve kayıt altına alınması (Bkz. bölüm 1.3.5 ve 1.5.1)
  - c. ilgili prosesin, sistemlerin ya da birimlerin enerji verimliliğinde değişikliklere yok açan faktörlerin belirlenmesi ve kayıt altına alınması (bkz. Bölüm 1.3.6 ve 1.5.2).

Uygulanabilirlik : Tüm işletmeler. Bu ENEMS’in kapsamı ve kullanımı (örn. detay düzeyi) işletmenin özelliğine, boyutuna ve karmaşıklığına, proseslerde ve sistemlerde yer alan bileşenlerin ihtiyaçlarına bağlıdır.

İkincil ya da son enerjiler genellikle süregelen durumların gözlemlenmesi için kullanılır. Bazı durumlarda, birden fazla ikincil enerji ya da son enerji göstergelerinin kullanılması daha uygun olur. (örn. elektriğin ve buharın ortak enerji verimliliği göstergesi olarak kabul edildiği kâğıt hamuru ve kâğıt sanayinde)

Enerji vektörlerinin kullanılmasına (ya da değiştirilmesine) karar verildiğinde kullanılan enerji göstergesi aynı zamanda ikincil enerji ya da son enerji olabilir. Ancak birincil enerji ya da karbon dengesi gibi diğer göstergeler; yerel durumlara bağlı olarak herhangi bir ikincil enerji vektörünün üretilmesini ya da çapraz medya etkisini dikkate alarak kullanılmalıdır. (bkz. Bölüm 1.3.6.1).



#### 4.2.2.5 Kıyaslama

Kıyaslama bir tesisin performansının ve enerji verimliliği önlemlerinin belirlenmesi ve paradigma körlüğünün<sup>33</sup> aşılması için güçlü bir araçtır. Buna ilişkin veriler sektör BREF'lerinden, meslek odalarından, ulusal kılavuz belgelerinden, prosesler için teorik enerji hesaplamalarına ilişkin belgelerden elde edilebilir. Bu veriler kıyaslanabilir olmalıdır. Ayrıca, besleme stoğu türleri için bu verilerde değişiklik yapılması gerekebilir. Bu konuya ilişkin veri gizliliği önem arz etmektedir. (verilerin korunması mümkün olmasa da enerji tüketiminin ürün maliyetinin bir parçası olduğu durumlarda veriler gizlilik ilkesine uygun olmalıdır) (bkz. Bölüm 2.16). (ayrıca bkz. MET8'de enerji göstergelerinin belirlenmesi)

Kıyaslama işlemi; proseslerde ve çalışma metodlarında da uygulanabilir. (bkz. 2.5 ve 2.16)

#### 9. MET; geçerli verilerin bulunduğu durumlarda sektörel, bölgesel, ulusal ya da uluslararası düzeyde sistematik ve düzenli kıyaslamaların yapılmasını amaçlar.

Uygulanabilirlik : Tüm işletmeler. Bu ENEMS'in kapsamı ve kullanımı (örn. detay düzeyi) işletmenin özelliğine, boyutuna ve karmaşıklığına, proseslerde ve sistemlerde yer alan bileşenlerin ihtiyaçlarına bağlıdır. Gizlilik konuları ele alınmalıdır, örneğin kıyaslama sonuçları gizli kalmalıdır. (bkz. Bölüm 2.16)

Geçerli veriler BREF'lerde yer alan ya da üçüncü taraf nezdinde doğrulanan verilerdir .kıyaslamalar arasındaki süre sektöre özgü ve uzundur (yıllar), çünkü kıyaslama verileri kısa bir süre içerisinde hızla ve önemli ölçüde değişebilir.

#### 4.2.3 Enerji verimli tasarımlar (EED)

Bir tesisin, birimin ya da sistemin (ya da yenileme işleminden geçirilen tesisin) planlama aşaması; proseslerin, ekipmanların ve yardımcı sistemlerin performans ömrü boyunca enerji masraflarının ve en verimli seçeneklerin (en uygun masraflarla birlikte) belirlenmesi için bir fırsat sunar. (bkz. Bölüm 2.1(c)).

10. MET, yeni bir tesis, bir sistem ya da bir ünite planlarken ya da güncelleştirme yaparken aşağıda yer alan maddelerin de tümünü hesaba katarak enerji verimliliğini optimize etmeyi amaçlar(bkz. Bölüm 2.3)
  - a. Planlanan yatırım çok iyi bir şekilde belirlenmemiş olsa da Enerji tasarruflu tasarım (EED) konsept tasarımı/temel tasarım aşamasının ilk evrelerinde işleme konmalıdır ve ihale süreci de göz önünde bulundurulmalıdır.
  - b. Enerji tasarruflu teknolojilerin belirlenmesi ve/veya geliştirilmesi (Bkz. bölüm 2.1(k) ve 2.3.1)
  - c. Tasarım projesinin bir parçası olarak ekstra verilerin toplanmasıyla da ayrı olarak elde edilen bilgilerdeki eksikliklerin tamamlanması ya da mevcut bilgilerin yeni verilerle desteklenmesi
  - d. EED çalışması bir enerji uzmanı tarafından sürdürülmelidir.
  - e. Enerji tüketimine ilişkin daha önceden çıkarılacak harita, gelecekteki enerji tüketimini projedeki hangi tarafların etkileyeceğini belirlemek ve buna göre tesisin geleceği için EED'yi optimize etmek. Örneğin; mevcut tesiste işletimsel parametrelerin belirlenmesinden sorumlu personel

<sup>33</sup> Paradigma körlüğü; etkin bir paradigmanın uygun diğer paradigmalardan değerlendirilmesini önlediği durumlar için kullanılan bir terimdir. Örn. "bizim yaptığımız şekilde daha uygundur, çünkü biz bunu hep böyle yaparız."

Uygulanabilirlik : Yenilenmiş tüm tesislerde, başlıca proseslerde ve sistemlerde. ENE'ye ilişkin tesis için uzmanlık yoksa (örn. Enerji yoğunluğu olmayan tesisler) harici ENE uzmanlığına başvurulmalıdır. (bkz. Bölüm 2.3)

#### 4.2.4 Proses entegrasyonunun artırılması

Ham madde kullanımının optimize edilmesi gibi proses entegrasyonunun araştırılmasının çeşitli faydaları vardır.

11. MET, işletme içerisinde ya da üçüncü taraflar arasında birden fazla proses ya da sistem arasında enerji kullanımının optimize edilmesini amaçlar. (bkz. Bölüm 2.4)

Uygulanabilirlik : Tüm işletmeler. Bu ENEMS'in kapsamı ve kullanımı (örn. detay düzeyi) işletmenin özelliğine, boyutuna ve karmaşıklığına, proseslerde ve sistemlerde yer alan bileşenlerin ihtiyaçlarına bağlıdır.

Üçüncü bir tarafın mutabakatı ya da iş birliği operatörün kontrolünde olmayabilir, bu yüzden bu durumlar IPPC iznin kapsamı dışında kalabilir. Birçok durumda kamu yetkilileri ya da üçüncü taraflar bu tip anlaşmaları belirler.

#### 4.2.5 Enerji verimliliği girişimlerine ivme kazandırılması

Zaman içerisinde süregelen enerji verimliliği gelişmelerini gerçekleştirmek için enerji verimliliği programlarına ivme kazandırmak şarttır. (bkz. Bölüm 2.5).

12. MET; çeşitli tekniklerin kullanılmasıyla enerji verimliliği programına ivme kazandırılmasını amaçlar:
  - a. Özel enerji verimliliği yönetim sisteminin kurulması (bkz. bölüm 2.1 ve MET1)
  - b. Enerji verimliliği yükünü ve zorunluluğunu kullanıcıya/fatura ödeyen kişiye yükleyen gerçek değerlere dayanan enerji kullanımını hesaba katmak (bkz. bölüm 2.5, 2.10.3 ve 2.15.2)
  - c. Enerji verimliliği için mali kar merkezlerinin kurulması (bkz. bölüm 2.5)
  - d. Kıyaslama (bkz. bölüm 2.16 ve MET 9)
  - e. İşletimsel mükemmeliyeti yakalayarak mevcut yönetim sistemlerine yeni bir bakış açısı getirmek (bkz. bölüm 2.5)
  - f. Değişim yönetimi tekniklerinin kullanılması (işletimsel mükemmeliyete ilişkin detaylar için; bkz. Bölüm 2.5).

Uygulanabilirlik: Tüm tesisler. Tek bir tekniğin ya da birden fazla tekniğin bir arada kullanılması içine elverişlidir. Uygulanabilirlik : Tüm işletmeler. Bu ENEMS'in kapsamı ve kullanımı (örn. detay düzeyi) işletmenin özelliğine, boyutuna ve karmaşıklığına, proseslerde ve sistemlerde yer alan bileşenlerin ihtiyaçlarına bağlıdır. Teknikler (a), (b) ve (c), ilgili sektörle ilişkili olarak uygulanır ve sürdürülür. (d), (e) ve (f) gibi tekniklerin kullanım sıklığı ENE programının gidişatının değerlendirilmesini sağlayacak yetkinlikte olmalıdır. Bu yüzden bu tekniklerin kullanımı birkaç yıl sürebilir.

#### 4.2.6 Uzmanlık

insan kaynakları; enerji verimliliği sisteminin uygulanması ve kontrol edilmesi için ve enerjiyi etkileyecek personelin yeterince eğitim alması için şarttır. (bkz. Bölüm 2.1(d)(i) ve (ii), ve Bölüm 2.6).

13. MET; enerji verimliliğinde ve enerji kullanan sistemlerde aşağıda yer alan teknikleri kullanarak uzmanlık kazanılmasını amaçlamaktadır:
  - a. Yetenekli personelin işe alınması, personelin eğitilmesi. Eğitimler; tesis içerisindeki personel, harici danışmanlar aracılığıyla ya da resmi kurslar/kişisel gelişim programlarıyla sağlanır. (bkz. bölüm 2.6)
  - b. Sabit dönem/özel araştırmalar sürdürmek amacıyla personele periyodik olarak izin verilmesi (orijinal işletmelerde ya da diğerlerinde aşağıdaki örneklere ve Bölüm 2.5'e bakınız)
  - c. Tesisi içi kaynakların tesisler arasında kullanılması (bkz. Bölüm 2.5)
  - d. Sabit süreli araştırmalar için uygun ve yetkin danışmanların kullanılması (bkz. bölüm 2.11)
  - e. Dışardan alınan uzmanlık sistemleri ve diğer fonksiyonlar (bkz. Bölüm 7.12)

Uygulanabilirlik : Tüm işletmeler. Bu tekniklerin kapsamı ve kullanımı (örn. detay düzeyi) işletmenin özelliğine, boyutuna ve karmaşıklığına, proseslerde ve sistemlerde yer alan bileşenlerin ihtiyaçlarına bağlıdır.

#### 4.2.7 Proseslerin etkin bir biçimde kontrol edilmesi

14. MET; aşağıda yer alan tekniklerin uygulanmasıyla proseslerin etkin bir biçimde kontrol edilmesini amaçlar:
  - a. Prosedürlerden haberdar olunmasını, bu prosedürlerin anlaşılmasını ve riayet edilmesini sağlayacak sistemlere sahip olmak. (bkz. bölüm 2.1(d)(vi) ve 2.5)
  - b. Enerji verimliliği için ana performans parametrelerinin belirlendiğini, optimize edildiğini ve gözden geçirildiğini garanti etmek (bkz. bölüm 2.8 ve 2.10)
  - c. Bu parametrelerin belgelendirilmesi ve kayıt altına alınması (bkz. bölüm 2.1(d)(vi), 2.5, 2.10 ve 2.15).

Uygulanabilirlik : Tüm işletmeler. Bu tekniklerin kapsamı ve kullanımı (örn. detay düzeyi) işletmenin özelliğine, boyutuna ve karmaşıklığına, proseslerde ve sistemlerde yer alan bileşenlerin ihtiyaçlarına bağlıdır.

#### 4.2.8 Bakım

Enerji kullanan ya da enerji kullanımını kontrol eden ekipmanların onarımı ve yapısal bakım; verimlilik sağlanması açısından önemlidir. (bkz. bölüm 2.1(d)(vii), 2.9 ve MET 1).

15. MET; aşağıda yer alan maddelerin uygulanmasıyla tüm tesislerde bakım işlemlerinin sürdürülmesini amaçlar:

- a. Bakımın planlanması ve uygulamaya geçirilmesi için sorumlulukların dağılımı
- b. malzemenin teknik tanımlarına, normlara, malzeme hatalarına ve sonuçlarına göre temellendirilen yapısal bir bakım programı kurmak
- c. uygun bir kayıt tutma sistemi ve teşhis testleri ile bakım programının desteklenmesi
- d. rutin bakımlar, bozulmalar, arızalar, olağan dışı durumlar ve enerji verimliliğindeki olası kayıplar sonucunda çıkarımlar yapmak ve bu belirlemelerin enerji verimliliği artırmada etkisinin olup olmayacağını belirlemek
- e. enerji kullanımını etkileyebilecek ya da kontrol edebilecek sızıntıların, hasarlı ekipmanların ve araçların belirlenmesi, bunların en kısa zamanda telafi edilmesi

Uygulanabilirlik : Tüm işletmeler. Bu tekniklerin kapsamı ve kullanımı (örn. detay düzeyi) işletmenin özelliğine, boyutuna ve karmaşıklığına, proseslerde ve sistemlerde yer alan bileşenlerin ihtiyaçlarına bağlıdır. Onarımların ivedilikle gerçekleştirilmesine yönelik işlemler; ürün kalitesinin sürdürülebilmesi, işletim halindeki tesisin (örn. Hareketli ve/veya sıcak malzeme içerebilir. ) onarılmasında ortaya çıkacak sağlık ve güvenlik konuları ve proses dengesi tümüyle oturtulmalıdır.(uygun olduğu yerde)

#### 4.2.9 Denetleme ve ölçümler

Denetim ve ölçüm; enerji yönetimi gibi “planla-yap-kontrol et- harekete geç- sisteminin önemli bir parçasıdır. (Bölüm 2.1). Bu ölçümler ayrıca proseslerin etkin kontrolünün bir parçasıdır. (bkz. MET 14)

16. MET; enerji verimliliğinde önemli etkilere yol açan işletimlerin ve faaliyetlerin temel özelliklerini düzenli bir temelde gözden geçirmek ve ölçmek için belirlenen prosedürleri sürdürmeyi amaçlar. Bazı uygun teknikler Bölüm 2.10’da yer almaktadır.

Uygulanabilirlik : Tüm işletmeler. Bu tekniklerin kapsamı ve kullanımı (örn. detay düzeyi) işletmenin özelliğine, boyutuna ve karmaşıklığına, proseslerde ve sistemlerde yer alan bileşenlerin ihtiyaçlarına bağlıdır.

### 4.3 Enerji harcayan sistemlerde, süreçlerde, faaliyetlerde ve araçlarda enerji verimliliği sağlamak için uygulanan mevcut en iyi teknikler

#### Giriş

Bölüm 4.2.2.3 “tesisin bir bütün olarak görülmesi, çeşitli sistemlerin, enerjilerin, aralarındaki ilişkilerin ihtiyaçlarının ve hedeflerinin değerlendirilmesinin” önemini ortaya koyar. MET 7’de ise tesislerde yer alan sistemlere ilişkin örnekler ele alınmıştır.

Bölüm 4.2’de Tüm sistemlere, proseslere ve ilgili faaliyetlere uygulanabilecek MET yer almaktadır:

- ☐ Sistemin ve sistem performansının analiz edilmesi ve kıyaslanması (MET 1, 3, 4, 8 ve 9)
- ☐ Maliyet kazancı ve çapraz medya etkileri hesaba katılarak enerji verimliliğinin optimize edilmesi içim eylemlerin ve yatırımların planlanması (MET 2)
- ☐ Yeni sistemler için tesis, birim ya da sistem tasarımında ve proseslerin seçiminde enerji verimliliğinin optimize edilmesi (MET 10)
- ☐ Mevcut sistemler içim düzenli denetleme ve bakım işlemlerinin yanı sıra sistemin işleyişi aracılığıyla bu sistemin enerji verimliliğinin optimize edilmesi (bkz. MET 14, 15 ve 16).

Bu bölümde yer alan MET; Bölüm 4.2’de yer alan genel MET’lerin aşağıda tanımlanan sistemlere (sistem optimizasyonunun bir parçası olarak) uygulandığını varsayar.

#### 4.3.1 Yakma

Yakma işlemi; hem doğrudan (çimento ve kireç üreticileri ve çelik üretimi) hem de dolaylı ısıtmada (buhar kazanı sistemlerinin ateşlenmesi ve elektrik üretimi) kullanılan bir prosestir. Yakma işleminde enerji verimliliğine ilişkin teknikler ilgili sektör BREF’inde ele alınır. Diğer durumlar için (ilgili faaliyetlerde yakma gibi) LCP BREF’in kapsamı:

‘...daha küçük birimler 50 MW’ı aşan büyük bir tesisin oluşturulması için tesise eklenebilir.

Bu da mekanik güç ve ısı üretimi için kullanılan tüm klasik güç tesislerinin (örn. Yardımcı kazan, birleştirilmiş ısı ve güç tesisleri, bölge ısıtma tesisleri) bu LCP BREF’in kapsamında olduğu anlamına gelir.”

17. MET; aşağıda belirtilen tekniklerin kullanılmasıyla yakma işleminin enerji verimliliğinin optimize edilmesini amaçlar:

Dikey BREF’lerde yer alan sektörlere ilişkin teknikler  
Tablo4.1’de yer alan teknikler

| Dikey BREF'lerin yakma işlemlerini kapsamadığı faaliyetler ve Sektörler için teknikler     |                                    |                          |                                |                                               |                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Haziran 2006 tarihli LCP BREF'de Bölümlere ve Yakıt Tipine Göre Yer Alan Teknikler         |                                    |                          |                                | ENE BREF'de yer alan kısımlara göre teknikler |                                                                                |
|                                                                                            | Kömür ve linyit                    | Biyokütle ve turba       | Sıvı Yakıtlar                  | Gazlı yakıtlar                                |                                                                                |
| Linyit ön kurutma                                                                          | 4.4.2                              |                          |                                |                                               |                                                                                |
| Kömür gazlaştırma                                                                          | 4.1.9.1<br>4.4.2<br>7.1.2          |                          |                                |                                               |                                                                                |
| Yakıt kurutma                                                                              |                                    | 5.1.2,<br>5.4.2<br>5.4.4 |                                |                                               |                                                                                |
| Biyokütle gazlaştırma                                                                      |                                    | 5.4.2<br>7.1.2           |                                |                                               |                                                                                |
| Kabuk presleme                                                                             |                                    | 5.4.2<br>5.4.4           |                                |                                               |                                                                                |
| Basıncı artırılmış gazların Enerji içeriğinin geri Kazandırılması için Genleştirme türbini |                                    |                          |                                | 7.1.1 7.1.2<br>7.4.1 7.5.1                    |                                                                                |
| Kojenerasyon                                                                               | 4.5.5<br>6.1.8                     | 5.3.3<br>5.5.4           | 4.5.5 6.1.8                    | 7.1.6 7.5.2                                   | 3.4 Kojenerasyon                                                               |
| Salınım azaltma ve Kazan performansı için Yakma koşullarının Bilgisayarlı kontrolü,        | 4.2.1<br>4.2.1.9<br>4.4.3<br>4.5.4 | 5.5.3                    | 6.2.1 6.2.1.1<br>6.4.2 6.5.3.1 | 7.4.2 7.5.2                                   |                                                                                |
| Bölge ısıtma için duman Gazlarının ısı içeriğinin Kullanılması                             | 4.4.3                              |                          |                                |                                               |                                                                                |
| Düşük aşırı hava                                                                           | 4.4.3<br>4.4.6                     | 5.4.7                    | 6.4.2 6.4.5                    | 7.4.3                                         | 3.1.3 aşırı havanın azaltılmasıyla Duman gazlarının kütle akışının Azaltılması |

| Dikey BREF'lerin yakma işlemlerini kapsamadığı faaliyetler ve                      |                 |                    |                     |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------|---------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sektörler için teknikler                                                           |                 |                    |                     |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Haziran 2006 tarihli LCP BREF'de Bölümlere ve Yakıt Tipine Göre Yer Alan Teknikler |                 |                    |                     | ENE BREF'de yer alan kısımlara göre teknikler |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                                    | Kömür ve Linyit | Biyokütle ve turba | sıvı gazlı vakıtlar | vakıtlar                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Egzoz gazı sıcaklığının düşürülmesi                                                | 4.4.36.4.2      |                    |                     |                                               | <p>3.1.1 duman gazının sıcaklığının Düşürülmesi:<br/>Sürşarj için hesaplanan güvenlik Faktörleri ve maksimum performans için boyutlandırma</p> <p>Isı transfer oranının artırılması ya da Isı transfer zeminlerinin geliştirilmesi Aracılığıyla prosese kazandırılan Isı transferinin artırılması</p> <p>Duman gazlarındaki atık ısıyı geri Kazandırmak için ek proseslerin (ekonomizörlerin kullanılmasıyla Buhar üretimi) kombine edilmesi Sonucunda ısı geri kazanımı</p> <p>Hava ya da su ön ısıtıcının kurulması ya da ısının duman gazlarıyla Değiştirilmesi sonucunda yakıtın Önceden ısıtılması(bkz. 3.1.1 ve 3.1.1.1). yüksek alev sıcaklığı Gerektiğinde prosesin ısının önceden ısıtılmasına gerek olduğu Unutulmamalıdır. (cam, çimento vb.)</p> <p>Yüksek ölçüde ısı transfer Verimliliği sağlamak için küllerle ve Karbonlu partiküllerle kaplanmış Zeminler.</p> <p>periyodik olarak çalışan baca kurumu Üfleyiciler ısı yayım alanlarının Temiz tutulmasını sağlayabilir. Yakma alanındaki ısı transfer Zeminlerinin temizlenmesi inceleme esnasında ve tesis kapalıyken Yapılır ancak bazı durumlarda Çevrim içi olarak da uygulanabilir (örn. Rafineri ısıtıcılar)</p> |
| duman gazlarında düşük CO konsantrasyonu                                           | 4.4.3           |                    | 6.4.2               |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ısı birikimi                                                                       |                 |                    | 6.4.2               | 7.4.2                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| soğutma kulesi tahliyesi                                                           | 4.4.3           |                    | 6.4.2               |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| soğutma sistemleri için farklı teknikler (bkz. ICS BREF)                           | 4.4.3           |                    | 6.4.2               |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                                                           | Dikey BREF'lerin yakma işlemlerini kapsamadığı faaliyetler ve Sektörler için teknikler |                    |               |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                           | Haziran 2006 tarihli LCP BREF'de Bölümlere ve Yakıt Tipine Göre Yer Alan Teknikler     |                    |               | ENE BREF'de yer alan kısımlara göre teknikler |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                           | Kömür ve linyit                                                                        | Biyokütle ve turba | Sıvı yakıtlar | Gazlı yakıtlar                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Atık ısı kullanarak yakıt Gazlarının ön ısıtılması        |                                                                                        |                    | 7.4.2         |                                               | 3.1.1<br>Hava ya da su ön ısıtıcının kurulması ya da ısının duman gazlarıyla Değiştirilmesi sonucunda yakıtın Önceden ısıtılması(bkz. 3.1.1 ve 3.1.1.1). yüksek alev sıcaklığı Gerektiğinde prosesin ısının önceden Isıtılmasına gerek olduğu Unutulmamalıdır. (cam, çimento vb.) |
| Yakma havasının Ön ısıtılması                             |                                                                                        |                    | 7.4.2         |                                               | Hava ya da su ön ısıtıcının kurulması ya da ısının duman gazlarıyla Değiştirilmesi sonucunda yakıtın Önceden ısıtılması(bkz. 3.1.1 ve 3.1.1.1). yüksek alev sıcaklığı Gerektiğinde prosesin ısının önceden Isıtılmasına gerek olduğu Unutulmamalıdır. (cam, çimento vb.)          |
| Rekuperatif ve Rejeneratif kazanlar                       |                                                                                        |                    |               |                                               | 3.1.2                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Kazanların düzenlenmesi ve kontrol edilmesi               |                                                                                        |                    |               |                                               | 3.1.4                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Yakıt seçimi                                              |                                                                                        |                    |               |                                               | Kullanımda ENE daha az olsa da Fosilsiz yakıtların kullanımı Daha uygun olacaktır.                                                                                                                                                                                                |
| Oksijenle yakma                                           |                                                                                        |                    |               |                                               | 3.1.6                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Yalıtımla ısı kayıplarının Azaltılması                    |                                                                                        |                    |               |                                               | 3.1.7                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Kazan kapakları aracılığıyla Isı kayıplarının azaltılması |                                                                                        |                    |               |                                               | 3.1.8                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Akışkanlı yatak yakma                                     | 4.1.4.2                                                                                | 5.2.3              |               |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Tablo 4.1: enerji verimliliğini artırmada kullanılabilecek yakma sistemi teknikleri

#### 4.3.2 Buhar sistemleri

Buhar yaygın olarak kullanılan ısı transfer aracıdır çünkü buhar zehirsizdir, dengelidir, maliyeti düşük bir maddedir, ısı kapasitesi yüksektir ve kullanımı esnektir. Buhar kullanım verimliliği bir kazanın termal verimliliğinin ölçülmesi kadar kolay ölçülmediği için genellikle göz ardı edilir. MET5 ile uyumlu araçların uygun denetimlerle kullanımı belirlenebilir (bkz. bölüm 2.10)

18. MET; aşağıda belirtilen tekniklerin kullanılmasıyla yakma işleminin enerji verimliliğinin optimize edilmesini amaçlar:

Dikey BREF'lerde yer alan sektörlere ilişkin teknikler  
Tablo 4.2'de yer alan teknikler



| Dikey BREF'lerin buhar sistemlerini kapsamadığı faaliyetler ve Sektörler için teknikler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                          |                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| ENE BREF'deki teknikler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                          |                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Faydalar                                                                                                                                                                                 | Bu belgedeki bölümler |
| <b>Tasarım</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                          |                       |
| Enerji tasarruflu tasarımlar ve buhar dağıtım borularının monte edilmesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | enerji tasarruflarını optimize eder                                                                                                                                                      | 2.3                   |
| kısma araçları ve geri basınç türbinlerinin kullanılması (PRV'ler yerine yardımcı geri basınç türbinlerinin kullanılması)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Düşük basınçlı hizmetler için buhar basıncının Düşürülmesi yöntemi (daha verimli metot. Boyut ve ekonomik durumlar türbinin kullanımı için elverişliyse                                  |                       |
| <b>İŞLETME VE KONTROL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                          |                       |
| İşletme prosedürlerinin geliştirilmesi ve kazan kontrolleri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | enerji tasarruflarını optimize eder                                                                                                                                                      | 3.2.4                 |
| Ardışık kazan kontrollerinin uygulanması (birden fazla kazana sahip tesislerde uygulanır)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | enerji tasarruflarını optimize eder                                                                                                                                                      | 3.2.4                 |
| Baca gazı izolasyon amortisörlerinin Kurulması (birden fazla kazana sahip tesislerde)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | enerji tasarruflarını optimize eder                                                                                                                                                      | 3.2.4                 |
| <b>ÜRETİM</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                          |                       |
| <p><b>Besleme suyunun önceden ısıtılması:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> prosten gelen atık ısı</li> <li><input type="checkbox"/> yakma ısısı kullanan ekonomizörler</li> <li><input type="checkbox"/> ısı kondensatına giden besleme suyunun havasının alınması</li> <li><input type="checkbox"/> sıyırma için kullanılan buharın yoğunlaştırılması,</li> </ul> <p>Isı değiştirici ile hava gidericiye giden besleme suyunun ısıtılması</p> | Egzoz gazlarında uygun ısıyı geri kazanır ve Besleme suyunu önceden ısıtarak geri Kazanılan ısıyı sisteme transfer eder.                                                                 | 3.2.5<br>3.1.1        |
| Kazan taşlarının oluşumunun engellenmesi ve ısı Transfer zeminlerinden arındırılması (temiz kazan ısı transfer zeminleri)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Yakma gazlarından buhara ısının verimli bir şekilde transfer edilmesine katkı sağlar                                                                                                     | 3.2.6                 |
| (Su arıtma işleminin geliştirilmesi ile Kazan blöfünün en aza indirilmesi. Çözünmeyen katı maddelerin otomatik olarak kontrolü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Kazan suyu içerisinde çözünmeyen katı maddelerin miktarını azaltır, böylece daha az blöf ortaya çıkar. (Daha az enerji kaybı)                                                            | 3.2.7                 |
| Isıya dayanıklı kazanların eklenmesi/yenilenmesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Kazandaki ısı kaybını azaltır ve kazan verimliliğini artırır.                                                                                                                            | 3.1.7<br>2.9          |
| Hava giderici havalandırma oranının optimizasyonu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Önlenebilir buhar kayıplarının azaltılması                                                                                                                                               | 3.2.8                 |
| Kazanın kısa devre kayıplarının azaltılması                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | enerji tasarruflarını optimize eder                                                                                                                                                      | 3.2.9                 |
| Kazan bakımının yapılması                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                          | 2.9                   |
| <b>DAĞITIM</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                          |                       |
| Buhar dağıtım sisteminin optimize edilmesi (özellikle aşağıdaki konuları kapsar)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                          | 2.9 ve 3.2.10         |
| Buharın kullanılmayan hatlardan izole edilmesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Önlenebilir buhar kayıplarını en aza indirir, borulardaki ve ekipman zeminindeki enerji kayıplarını azaltır                                                                              | 3.2.10                |
| Buhar boruları ve kondensat dönüşüm borularının yalıtılması. (buhar sistemi borularının, kapakların bağlantı parçalarının ve haznelerin doğru bir şekilde yalıtılmasını sağlamak)                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | borulardaki ve ekipman zeminindeki enerji kayıplarını azaltır.                                                                                                                           | 3.2.11 ve 3.2.11.1    |
| Buhar tutucu için kontrol ve onarım Programı uygulamak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Kazan buharının kondensat sistemine geçişini Azaltır, son kullanım ısı transferi ekipmanının verimli bir şekilde çalışmasına katkı sağlar. Önlenebilir buhar kayıplarını en aza indirir. | 3.2.12                |
| <b>GERİ KAZANIM</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                          |                       |

| Dikey BREF'lerin buhar sistemlerini kapsamadığı faaliyetler ve sektörler için teknikler                              |                                                                                                                                                                 |                    |                |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|---------------------|
| Yeniden kullanım için kondensatın toplanması<br>Ve kazana döndürülmesi<br>(kondensat geri kazanımının optimizasyonu) | Kondensattaki termal enerjiyi geri kazandırır ve sisteme eklenen ilave suyun miktarını azaltır, böylece enerjin tasarrufu sağlar ve kimyasal arıtma gerçekleşir |                    |                | 3.2.13              |
| Flash-buharın yeniden kullanılması (düşük basınçlı buhar üretmek için yüksek basınçlı kondensat kullanmak)           | Geri dönen kondensattaki uygun enerjiyi alır.                                                                                                                   |                    |                | 3.2.14              |
| Kazan blöfünden ısının geri kazanılması                                                                              | Blöf buharındaki uygun enerjiyi sisteme transfer eder ve böylece enerji kayıplarını azaltır                                                                     |                    |                | 3.2.15              |
| Haziran 2006 tarihli LCP BREF’de Bölümlere ve Yakıt Tipine Göre Yer Alan Teknikler                                   |                                                                                                                                                                 |                    |                |                     |
|                                                                                                                      | Kömür ve linyit                                                                                                                                                 | Biyokütle ve turba | Sıvı vakıtlar  | Gazlı vakıtlar      |
| Basınçlı gazların enerji içeriğinin geri kazanılması için genişletme türbini                                         |                                                                                                                                                                 |                    |                | 7.4.1 ve 7.5.1      |
| Türbin kanatlarının değiştirilmesi                                                                                   | 4.4.3                                                                                                                                                           | 5.4.4              | 6.4.2          |                     |
| Yüksek buhar parametreleri elde etmek için Gelişmiş malzemelerin kullanılması                                        | 4.4.3                                                                                                                                                           |                    | 6.4.2          | 7.4.2               |
| Süperkritik buhar parametreleri                                                                                      | 4.4.3, 4.5.5                                                                                                                                                    |                    | 6.4.2          | 7.1.4               |
| Çift yeniden ısıtma                                                                                                  | 4.4.3, 4.5.5                                                                                                                                                    |                    | 6.4.2, 6.5.3.1 | 7.1.4, 7.4.2, 7.5.2 |
| Yenileyici besleme suyu                                                                                              | 4.2.3, 4.4.3                                                                                                                                                    | 5.4.4              | 6.4.2          | 7.4.2               |
| Duman gazı içeriğinin bölge ısıtmada Kullanılması                                                                    | 4.4.3                                                                                                                                                           |                    |                |                     |
| Isı biriktirme                                                                                                       |                                                                                                                                                                 |                    | 6.4.2          | 7.4.2               |
| Gaz türbininin ve geri kazanım kazanlarının Bilgisayarla kontrol edilmesi                                            |                                                                                                                                                                 |                    |                | 7.4.2               |

Tablo 4.2: Enerji verimliliğini artırmaya yönelik buhar sistemi teknikleri

### 4.3.3 Isı geri kazanımı

Isı geri kazanımı sistemlerinin başlıca çeşitler Bölüm 3.3’te yer almaktadır: Isı

- ☐ değiştiriciler(bkz. Bölüm 3.3.1)
- ☐ Isı pompaları (bkz. Bölüm 3.3.2).

Isı değişim sistemleri birçok sanayi sektöründe ve sistemde MET 5 ve 11’in uygulanması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır ve iyi sonuçlar alınmaktadır. Isı pompalarının kullanımı gittikçe artmaktadır.

Kullanımda enerji verimliliği düşük de olsa “atık” ya da ek ısının kullanılması birincil yakıtlardan daha faydalıdır.

Isı geri kazanımı; talebin üretim eğrisiyle uyuşmadığı durumlarda kullanılamaz. Ancak; birçok durumda bu işlem uygulanmaktadır ve bu uygulamalar tesis dışında da gerçekleştirilebilmektedir. (bkz. Bölüm 3.4 ve EK7.10)

Soğutma ve MET ile ilgili teknikler ısı değiştiricilerin bakımına ilişkin tekniklerin de ele alındığı ICS BREF’de yer almaktadır.

19. MET; aşağıdaki işlemlerin uygulanmasıyla ısı değiştiricilerin verimliliğinin sağlanmasını amaçlar:
- a. Verimliliğin periyodik olarak gözden geçirilmesi,
  - b. Tortuların giderilmesi ya da tortu oluşumunun engellenmesi
- Bkz. Bölüm 3.3.1.1.

#### 4.3.4 Kojenerasyon

Kojenerasyonun desteklenmesine ilişkin Avrupa Topluluğunun kabul ettiği 2004/8/EC sayılı karar, enerji vergilendirme hususunda 2003/96/EC sayılı karar ve ulusal seviyedeki politikalarla girişimler sonucu kojenerasyona olan ilgi artmıştır. Nispeten küçük çaplı işletmeler için kojenerasyon ekonomik açıdan uygun olabilir ve bu teşvikler ortaya çıkabilir. Birçok durumda yerel yetkililerin desteği sayesinde kojenerasyon başarılı bir şekilde kurulabilir. (bkz. Bölüm 3.4 ve EK 7.10.3 ve 7.10.4)

Yardımcı birimlerin modellenmesi (bölüm 2.15.2’de tanımlanmıştır) ek enerjinin alınıp satılması ve ısı geri kazanım sistemlerinin üretilmesi ve optimizasyonu için katkı sağlayabilir.

#### 20. MET; tesis içinde ve/veya dışında (üçüncü taraflarla) kojenerasyon oluşturmaya ilişkin fırsatların araştırılmasını amaçlar.

Uygulanabilirlik: Üçüncü tarafların iş birliği ve muvafakati bir işletmecinin kontrolü altında olmayabilir, bu yüzden IPPC izin sisteminin kapsamında değildir.

Kojenerasyon en çok ENE optimizasyonu gibi ekonomik koşullara bağlıdır. Kojenerasyon fırsatları; ekonomik durumların (ısı, yakıt fiyatları vb.) değişikliği sonucunda veya potansiyel ortakların belirlenmesiyle, üretici ya da müşteri temelinde yatırımların ortaya konmasıyla gerçekleştirilebilir.

Kojenerasyon genel olarak aşağıdaki koşullarda düşünülebilir:

- ☐ Eşzamanlı ısı ve güç talebi
- ☐ Miktar olarak (yıl içerisindeki işletim süreleri) Isı ve sıcaklık talebi (tesis içinde ve/veya dışında) CHP tesisinden alınacak ısıнын kullanılmasıyla karşılanabilir. Ciddi boyutta ısı talebi düşüşü beklenmemektedir.

Bölüm 3.4; kojenerasyon uygulamalarını, farklı kojenerasyon tesislerini (CHP) ve bireysel durumlarda bunların uygulanabilirliğini ele almaktadır.

Başarılı bir uygulama elektrik fiyatlarına bağlı olarak uygun yaktı ve/veya ısı fiyatına bağlıdır. Birçok durumda, kamu yetkilileri ya da üçüncü taraflar (yerel, bölgesel ya da ulusal seviyede) bu düzenlemeleri kolaylaştırmaktadır.

#### 4.3.5 Elektrik gücü tedariki

Elektrik gücü tedarikinin kalitesi ve gücün uygulanış biçimi enerji verimliliğini etkileyebilir. Bkz. Bölüm 3.5. bu konunun anlaşılması zordur ve bu yüzden kimi zaman göz ardı edilmektedir. Tesis içerisinde ve dış tedarik şebekesinde verimsiz güç olarak enerji kayıpları yaşanmaktadır. Ayrıca işletmenin elektrik dağıtım sisteminin kapasitesinde düşüş gerçekleşebilir. Bu da voltajın düşmesine neden olarak aşırı ısınma, motorların ve diğer ekipmanların erken arızalanmasına yol açabilir. Bu durum aynı zamanda elektrik satın alınırken fiyatların yükselmesine neden olabilir.

21. MET; uygulanabilirliğe ve yerel elektrik dağıtıcının ihtiyaçlarına göre güç faktörünün artırılmasını amaçlamaktadır. (bkz. Tablo 4.3) (bkz. Bölüm 3.5.1)

| Teknik                                                                                   | Uygulanabilirlik                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Reaktif gücün boyutunu azaltmak için AC devrelerinde kapasitörlerin kurulması            | Tüm durumlarda. Düşük maliyetlidir ve Uzun süre dayanıklıdır. Ancak ustalıkla Uygulanmalıdır. |
| Rölantide çalışma sürelerinin azaltılması ve hafif yüklü motorların en aza indirilmesi   |                                                                                               |
| Ekipmanın kendi voltajının üzerinde Çalışmasının engellenmesi                            | Tüm durumlarda                                                                                |
| Motorların değiştirilmesi esnasında enerji Tasarruflu motorların kullanılması(blm.3.6.1) | Değişim sırasında                                                                             |

Tablo 4.3: enerji verimliliğini artırmak için elektrik faktörü düzeltme teknikleri

22. MET; gerekli görüldüğü durumlarda filtrelerin kullanılmasını ve harmonikler için güç tedarikinin kontrol edilmesini amaçlamaktadır. (bkz. Bölüm 3.5.2).
23. MET; uygulanabilirliğe bağlı olarak Tablo 4.4'te yer alan tekniklerin kullanılmasıyla enerji tedarik verimliliğini optimize etmeyi amaçlamaktadır.

| Teknik                                                                                                   | Uygulanabilirlik                                                                                                                                                                                                                          | Bu belgedeki bölüm |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Güç kablolarının, güç talebi için doğru boyutlarda olmasını Sağlamak                                     | Ekipmanın kullanılmadığı durumlarda Ekipmanın kurulması ya da kaldırılması Esnasında                                                                                                                                                      | 3.5.3              |
| Çevrim içi operatörlerin ölçülen Gücün %40-50'sından daha fazla Yükle çalışmasını sağlamak               | <input type="checkbox"/> mevcut tesisler için: mevcut yük Faktörü %40'ın altındaysa ve birden Fazla dönüştürücü varsa<br><input type="checkbox"/> değiştirme sırasında kayıp Oranı düşük ve %40-75 yüke sahip Dönüştürücünün kullanılması | 3.5.4              |
| Yüksek verimli/ kayıp oranı az Dönüştürücülerin kullanılması                                             | Değiştirme sırasında ya da performans Ömrü boyunca maliyet kazancı varsa                                                                                                                                                                  | 3.5.4              |
| Yüksek akım ihtiyacı olan Ekipmanların güç kaynağına mümkün olduğunca yakın kurulması (örn. dönüştürücü) | Ekipmanın kurulması ya da kaldırılması esnasında                                                                                                                                                                                          | 3.5.4              |

Tablo 4.4: enerji verimliliğini artırmak için elektrik gücü tedariki teknikleri

#### 4.3.6 Elektrik motoruyla çalıştırılan alt sistemler<sup>34</sup>

Elektrik motorları sanayide yaygın olarak kullanılmaktadır. Enerji verimliliği dikkate alındığında bunların elektrik verimliliği sağlayan motorlarla (EEM) ya da değişken hız sürümleriyle değiştirilmesi en basit yöntemdir. Ancak değişim işlemi motorun yer aldığı tüm sistem göz önünden bulundurularak gerçekleştirilmelidir. Aksi takdirde aşağıda yer alan riskler ortaya çıkabilir:

- ☐ Sistemin boyutunun ve kullanımının optimize edilmesi sonucunda elde edilebilecek fırsatların kaçırılması ve bunun sonucunda motor tahrikinin optimize edilmesi
- ☐ VSD'nin yanlış bağlamda uygulanması sonucunda enerji kaybı

<sup>34</sup> Bu belgede geçen "sistem" terimi özel bir amaç için birlikte hareket eden birbirine bağlı bir dizi araç anlamına gelmektedir. (örn havalandırma, CAS). Bölüm 1.3.5 ve 1.5.1'deki sistem sınırları hakkındaki açıklamalara bakınız. Bu sistemlerde genellikle motor ve alt sistemler (tamamlayıcı sistemler) bulunmaktadır.

## Elektrik motoru kullanan ana sistemler

- ☐ Sıkıştırılmış hava (CAS, bkz. Bölüm 3.7)
- ☐ Pompalama (bkz. Bölüm 3.8)
- ☐ Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme (bkz. Bölüm 3.9)
- ☐ soğutma (bkz. ICS BREF).

24. MET elektrik motorlarını belirli bir sıraya göre optimize etmeyi amaçlar. (bkz. Bölüm 3.6):

1. Motorun bir parçası olduğu sistemin tümüyle optimize edilmesi (bkz. Bölüm 1.5.1)
2. Daha sonra uygulanabilirliğe bağlı olarak Tablo 4.5'te yer alan tekniklerin birinin ya da birden fazlasının uygulanması ile motorların yeni belirlenen yük ihtiyaçları doğrultusunda optimize edilmesi

| Tahrikli sistemlerin enerji tasarruf önlemleri                                                                                                                                                                                      | Uygulanabilirlik                                                                                                                                                                                                             | Bu belgedeki bölümler 1 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>SİSTEM KURULUMU YA DA YENİLEME</b>                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                              |                         |
| Enerji verimli motorların kullanılması (EEM)                                                                                                                                                                                        | Ömür boyu maliyet kazancı                                                                                                                                                                                                    | 3.6.1                   |
| Uygun motor boyutu                                                                                                                                                                                                                  | Ömür boyu maliyet kazancı                                                                                                                                                                                                    | 3.6.2                   |
| Değişken hız sürümünün kurulması                                                                                                                                                                                                    | (VSD)VSD kullanımı<br>güvenlik nedeniyle<br>Sınırlandırılabilir. Yüke göre.<br>Değişken yük sistemlerine<br>(örn. CAS)<br>Sahip çoklu makine sistemleri<br>için yalnızca bir VSD<br>Motorunun kullanılması daha<br>uygundur. | 3.6.3                   |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                              | 3.6.4                   |
| Kullanım<br><input type="checkbox"/> mümkünse doğrudan kuplaj<br><input type="checkbox"/> V kayışları yerinde senkronize kayışların ya da dişli V kayışlarının kullanılması<br>Yüksek verimli donatıcıların/indirgeçlerin kurulması | VSD motor<br>Tüm tesisler<br>Ömür boyu maliyet kazancı                                                                                                                                                                       | 3.6.4                   |
| <input type="checkbox"/> sonsuz dişli yerine helazon dişli kullanımı<br>Enerji verimli motor onarımı (EEMR) ya da EEM ile değiştirme                                                                                                | Onarım esnasında                                                                                                                                                                                                             | 3.6.5                   |
| Geriye sarma: geriye sarma işlemini uygulamamak<br>EEM ile değiştirmek ya da sertifika sahibi geriye sarma işlemini gerçekleştirebilen üstleniciden yardım almak                                                                    | Onarım esnasında (EEMR)                                                                                                                                                                                                      | 3.6.6                   |
| Güç kalitesi kontrolü. Performans ömrü boyunca maliyet kazancı                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                              | 3.5                     |
| <b>SİSTEM İŞLETİMİ VE BAKIM</b>                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                              |                         |
| Yağlama, düzelleme, ayarlama                                                                                                                                                                                                        | Tüm durumlarda                                                                                                                                                                                                               | 2.9                     |
| Not : 1Çapraz medya etkileri, Uygulanabilirlik ve Finansman konuları Bölüm 3.6.7'de yer almaktadır.                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                              |                         |

Tablo 4.5: Enerji verimliliğini artırmak için elektrik motoru teknikleri

3. Enerji kullanan sistemler optimize edildiğinde geriye kalan motorların (optimize edilmemiş) Tablo 4.5'e ya da aşağıda yer alan kriterlere göre optimize edilmesi gerekir:
  - i. yılda 2000'den fazla saat çalışan (geriye kanal) motorların EEM ile değiştirilmesine öncelik verilmesi kapasitelerinin %50'sinden az çalışan ve değişken yükleri harekete geçiren elektrikli motorların
  - ii. çalışma süresinin %20'den ve yıllık 2000 saatten fazla olması durumunda değişken hızlı sürücülerle donatılması gerekmektedir.

### 4.3.7 Sıkıştırılmış hava sistemleri (CAS)

Sıkıştırılmış hava, mekanik enerji sağlamak için ya da prosesin bir parçası olarak kullanılır. Patlama ve alev alma riskinin yüksek olduğu durumlarda yaygın olarak kullanılır. Birçok durumda; bir prosesin parçası olarak kullanılır (inert atmosfer olarak düşük kalitesi nitrojenlerin temin edilmesi, kalıplama ya da karıştırma) ancak mekanik verimliliğini değerlendirmek zordur. montaj araçları gibi tahrikli küçük türbinlerin yer aldığı durumlarda düşük verimliliğe sahiptir. Sağlık ve güvenlik ile ilgili kısıtlamalar yoksa diğer sürümlerin değiştirilmesi konusu düşünülebilir. (bkz. Bölüm 3.7).

#### 25. MET; uygulanabilirliğe göre Tablo 4.6'da yer alan tekniklerin kullanılmasıyla sıkıştırılmış hava sistemlerinin optimize edilmesini amaçlar:

| Teknik                                                                          | Uygulanabilirlik                                                                                                                            | Bu belgedeki kısım  |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>SİSTEM TASARIMI, KURULUM VE YENİLEME</b>                                     |                                                                                                                                             |                     |
| Çoklu basınç sistemleri dahil olmak üzere sistem tasarımının                    | yeni tesis ya da önemli güncelleme                                                                                                          | 3.7.1               |
| Kompresörlerin güncellenmesi                                                    | yeni tesis ya da önemli güncelleme                                                                                                          | 3.7.1               |
| Soğutma, kurutma ve filtreleme işlemlerinin geliştirilmesi                      | filtrelerin sıklıkla değiştirilmesini<br>Kapsamaz (filtre değişimi)                                                                         | 3.7.1               |
| Boru hacminin artırılmasıyla sürtünme Basıncının düşürülmesi                    | yeni tesis ya da önemli güncelleme                                                                                                          | 3.7.1               |
| Sürümlerin geliştirilmesi (yüksek Verimli motorlar;)                            | kuçük sistemlerde daha verimlidir(<10 kW)                                                                                                   | 3.7.2, 3.7.3, 3.6.4 |
| Sürücülerin geliştirilmesi (hız kontrolü)                                       | değişken yük sistemleri için uygulanabilir. Çoklu makinaların bulunduğu tesislerde yalnızca bir makine değişken hız sürümü ile kurulabilir. | 3.7.2               |
| gelişmiş kontrol sistemlerinin kullanılması                                     |                                                                                                                                             | 3.7.4               |
| diğer fonksiyonlarda kullanım için atık ısının geri kazanılması                 | kazanç, tüketim açısından öte enerji açısından düşünülmelidir. Çünkü elektrik kullanılabilir havaya dönüştürülmektedir.                     | 3.7.5               |
| Dış havanın giriş havası olarak kullanılması                                    | ulaşabiliyorsa                                                                                                                              | 3.7.8               |
| Sıkıştırılmış havanın yüksek oranda Dalgalanmaların olduğu yerlerde depolanması | tüm durumlar                                                                                                                                | 3.7.10              |
| <b>SİSTEM İŞLETİMİ VE BAKIMI</b>                                                |                                                                                                                                             |                     |
| Bazı son kullanım araçlarının optimizasyonu                                     | tüm durumlar                                                                                                                                | 3.7.1               |
| Hava sızıntılarının azaltılması                                                 | tüm durumlar. Kazanç imkânı                                                                                                                 | 3.7.6               |
| Sık filtre değişimi                                                             | tüm durumlarda gözden geçirilir                                                                                                             | 3.7.7               |
| Çalışma basıncının optimizasyonu                                                | tüm durumlar                                                                                                                                | 3.7.9               |

Tablo 4.6: enerji verimliliğini artırmak için sıkıştırılmış hava sistemleri

### 4.3.8 Pompalama sistemleri

Pompalama sistemleri tarafından tüketilen enerjinin %30-50'si ekipmanlarla ya da kontrol sistemindeki değişikliklerle tasarruf edilebilirdi. (bkz. Bölüm 3.8).

Pompaları çalıştırmak için kullanılan elektrik motorları için bkz. MET 24. Ancak VSD'lerin kullanımı (başlıca teknik) Tablo 4.7'de yer almaktadır.

#### 26. MET; uygulanabilirliğe bağlı olarak Tablo 4.7'de yer alan tekniklerin kullanılmasıyla pompalama sistemlerini optimize etmeyi amaçlar. Bkz. bölüm 3.8

| Teknik                                                                                                                                                                                                       | Uygulanabilirlik                                                                          | Bu belgedeki kısım | Ek bilgi                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------|
| <b>TASARIM</b>                                                                                                                                                                                               |                                                                                           |                    |                                                  |
| Pompaların seçiminde büyük Boyutların tercih edilmemesi                                                                                                                                                      | Yeni pompalarda: her durumda                                                              | 3.8.1              | pompanın enerji israfının tek ve en büyük nedeni |
| Gereğinden büyük pompaların Değiştirilmesi                                                                                                                                                                   | Mevcut pompalarda: ömür boyu maliyet kazancı                                              | 3.8.2              |                                                  |
| Görevlerin yerine getirilmesi için doğru pompaların doğru motor ile eşleştirilmesi                                                                                                                           | Yeni pompalarda: her durumda                                                              | 3.8.2<br>3.8.6     |                                                  |
| boru hattı sistemlerinin tasarlanması<br>(bkz. Aşağıdaki dağıtım sistemleri)                                                                                                                                 |                                                                                           | 3.8.3              |                                                  |
| <b>KONTROL VE BAKIM</b>                                                                                                                                                                                      |                                                                                           |                    |                                                  |
| Kontrol ve düzenleme Sistemleri                                                                                                                                                                              | Her durumda                                                                               | 3.8.5              |                                                  |
| Gereksiz pompaların Kapatılması                                                                                                                                                                              | Her durumda                                                                               | 3.8.5              |                                                  |
| değişken hız sürümlerinin (VSD'ler) kullanımı                                                                                                                                                                | Ömür boyu maliyet kazancı<br>Akışlar sabit olduğunda kullanılamaz                         | 3.8.5              | bkz MET 24, Bölüm 4.3.6                          |
| Çoklu pompaların kullanımı (aşamalı kesinti)                                                                                                                                                                 | Pompalama akışının maksimum tekli kapasitenin yarısından az olduğunda                     | 3.8.5              |                                                  |
| Düzenli bakım.<br><br>Plansız bakımlar gereğinden Fazlaysa;<br><input type="checkbox"/> kovuklaşma<br><input type="checkbox"/> yıpranma<br><input type="checkbox"/> yanlış pompa tür<br>Kontrol edilmelidir. | Tüm durumlarda. Onarım ya da gerekli durumlarda değiştirme                                | 3.8.4              |                                                  |
| <b>DAĞITIM SİSTEMİ</b>                                                                                                                                                                                       |                                                                                           |                    |                                                  |
| işletme ve bakım işlemlerinin kolaylaştırılmasına yardımcı Olacak vanaların ve dirseklerin Yerleştirilmesi                                                                                                   | Tasarım ve kurulum esnasındaki durumlarda (değişiklikler dahil). Teknik öneri gerekebilir | 3.8.3              |                                                  |
| Çok fazla dirsek Kullanmaktan kaçınma (Özellikle dar virajlar)                                                                                                                                               | Tasarım ve kurulum esnasındaki durumlarda. Teknik öneri gerekebilir                       | 3.8.3              |                                                  |
| Boru tesisatı çapının Gereğinden az olmaması (uygun boru çapı)                                                                                                                                               | Tasarım ve kurulum esnasındaki durumlarda. Teknik öneri gerekebilir.                      | 3.8.3              |                                                  |

Tablo 4.7: enerji verimliliğini artırmak için pompalama sistemi teknikleri

Kısma reglajının bypass kontrolü ya da kontrolsüzlük kadar enerji israfına neden olmadığı bilinmelidir. Ancak; bunların hepsi enerji israfına neden olmaktadır. Bu yüzden pompa boyutuna ve kullanım sıklığına uygun olarak değiştirilmelidir.

#### 4.3.9 Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme(HVAC) sistemleri

HVAC sistemleri aşağıda yer alan fonksiyonların bir kısmını ya da hepsini yerine getirerek ekipmanları kapsamayı amaçlar:

- ☐ Sistem ısıtma (kazanlar, bkz. Bölüm 3.2; ısıtma pompaları, bkz. Bölüm 3.3.2, vb.)
- ☐ soğutma (bkz. Bölüm 3.3)
- ☐ pompalar (bkz. Bölüm 3.8)
- ☐ bir ortamdan ya da prosesten ısı emen ya da transfer eden ısı değiştiriciler (bkz. Bölüm 3.3.1)
- ☐ ortam ısıtma ve soğutma (Bölüm 3.9.1)
- ☐ borular aracılığıyla hava temin edilerek ya da hava çekilerek havalandırma ya da dış hava/ısı değiştiricilerden alınan hava ile havalandırma (Bkz. Bölüm 3.9.2).

Yapılan çalışmalara göre HVAC sistemlerinde enerjinin yaklaşık %60'ı soğutucu/ısı pompası tarafından tüketilir, geri kalan %40'ı ise periferik makine tarafından tüketilir. iklimlendirme işlemi ise özellikle Avrupa'nın güneyinde gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Havalandırma sanayi tesislerinde birçok sistemin çalışması için gereklidir.  
Havalandırma:

- ☐ Bina içerisinde personeli kirleticilerden ve ısı salınımlarından korur
- ☐ Üretim kalitesini korumak için temiz çalışma ortamı sağlar

Havalandırmaya yönelik gereksinimler; sağlık, güvenlik ve proses konularıyla bağlantılı olarak ortaya çıkar. (bkz. Bölüm 3.9).

27. MET; aşağıda yer alan tekniklerin kullanılmasıyla ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerini optimize etmeyi amaçlar:

- ☐ Havalandırma, ortam ısıtma ve soğutma teknikleri
- ☐ Isıtma için, bkz. Bölüm 3.2 ve 3.3.1, ve MET 18, 19
- ☐ Pompalama için, bkz. Bölüm 3.8 ve MET 26
- ☐ soğutma, dondurma ve ısı değiştiriciler için bkz. ICS BREF, Bölüm 3.3 ve MET 19 (bu belgede).



| Enerji tasarruf önlemleri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Uygulanabilirlik                                                                                                                                                                                               | Bu belgedeki Bölüm                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>TASARIM VE KONTROL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                |                                                        |
| Sistem-tasarımı. Alanların belirlenmesi ve Malzemelerin Aşağıdaki maddelere göre Teçhiz edilmesi<br><input type="checkbox"/> genel havalandırma<br><input type="checkbox"/> özel havalandırma<br><input type="checkbox"/> proses havalandırma                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Yeni tesislerde ya da güncellemede. Yenileme işlemlerinin Ömür boyu maliyet kazancı üzerindeki etkileri göz önünde Bulundurulmalıdır.                                                                          | 3.9.1<br>3.9.2.1                                       |
| Girişlerin sayısının, şeklinin ve boyutunun Optimize edilmesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Yeni tesis ya da güncelleme                                                                                                                                                                                    | 3.9.2.1                                                |
| Fanların kullanımı:<br><input type="checkbox"/> yüksek verimli<br><input type="checkbox"/> uygun oranda çalışmak için tasarlanmış olanlar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Her durumlarda maliyet kazancı                                                                                                                                                                                 | 3.9.2.1<br>3.9.2.2                                     |
| Hava akışının ve çift akış havalandırmanın gerçekleştirilmesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Yeni tesis ya da güncelleme                                                                                                                                                                                    | 3.9.2.1                                                |
| hava sistemi tasarımı:<br><input type="checkbox"/> yeterli boyuta sahip borular<br><input type="checkbox"/> dairese borular<br><input type="checkbox"/> uzun akışların ve dirsek, viraj gibi engellerin Ortadan kaldırılması                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Yeni tesis ya da güncelleme                                                                                                                                                                                    | 3.9.2.1                                                |
| Elektrik motorlarının optimize edilmesi ve Ve VSD kurulumunun göz önünde bulundurulması                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Her durumda. Maliyet kazancı sağlayan yenileme                                                                                                                                                                 | 3.9.2.1,<br>3.9.2.2, 3.6,<br>3.6.3, 3.6.7<br>ve MET 24 |
| Otomatik kontrol sistemlerinin kullanılması Merkezileştirilmiş teknik yönetim sistemleriyle Entegrasyon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Tüm yeni tesislerde ve güncellemelerde. Her durumda kolay Güncelleştirme ve maliyet kazancı                                                                                                                    | 3.9.2.1<br>3.9.2.2                                     |
| Hava filtrelerinin kanal sistemine ve egzoz Geri kazanım sisteminden gelen kanallara Entegre edilmesi (ısı değiştiriciler)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Yeni tesis ya da güncelleme. Yenilemenin ömür boyu Maliyet kazancı üzerindeki etkisi göz önünde Bulundurulmalıdır. Aşağıda yer alan konular dikkate alınmalıdır: termal verimlilik, düzenli temizleme ihtiyacı | 3.9.2.1<br>3.9.2.2                                     |
| Isıtma ve soğutma ihtiyaçlarının azaltılması:<br><input type="checkbox"/> bina yalıtımı<br><input type="checkbox"/> yeterli parlaklık<br><input type="checkbox"/> hava sızıntılarının azaltılması<br><input type="checkbox"/> kapıların otomatik olarak kapanması<br><input type="checkbox"/> tabakasızlaştırma<br><input type="checkbox"/> üretimin olmadığı durumlarda ayar noktasının Düşürülmesi(programlanabilir düzenleme)<br><input type="checkbox"/> ayar noktasını ısıtma ve soğutma için Yükseltme sıklığının azaltılması | Her durumda maliyet kazancına bağlı olarak uygulanır.                                                                                                                                                          | 3.9.1                                                  |
| Isıtma sistemlerinin enerji verimliliğinin artırılması<br><input type="checkbox"/> atık ısının kullanılması ya da geri kazanılması (Bölüm 3.3.1)<br><input type="checkbox"/> ısı pompaları<br><input type="checkbox"/> binanın kullanılmayan alanlarında düşürülmüş Ayar noktası dereceleriyle uyumlu yerel ve Radyoaktif ısıtma sistemleri                                                                                                                                                                                         | Her durumda maliyet kazancına bağlı olarak uygulanır.                                                                                                                                                          | 3.9.1                                                  |
| Serbest soğutma ile soğutma sistemlerinin Enerji verimliliğinin artırılması                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Özel durumlarda uygulanır.                                                                                                                                                                                     | 3.9.3                                                  |
| <b>BAKIM</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                |                                                        |
| Uygun olduğunda havalandırmanın azaltılması ya da durdurulması                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Her durumda                                                                                                                                                                                                    | 3.9.2.2                                                |
| Sistemin ve kontrol bağlantılarının hava sızdırmaz olması,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Her durumda                                                                                                                                                                                                    | 3.9.2.2                                                |
| Sistem dengesinin kontrolü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Her durumda                                                                                                                                                                                                    | 3.9.2.2                                                |
| Hava akışının sağlanması ve optimizasyonu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Her durumda                                                                                                                                                                                                    | 3.9.2.2                                                |
| Hava filtreleme<br><input type="checkbox"/> geri dönüşüm verimliliğinin<br><input type="checkbox"/> basınç kaybının<br><input type="checkbox"/> düzenli filtre temizliğinin/değişiminin ve<br><input type="checkbox"/> sistemin düzenli olarak temizliğinin optimizasyonu                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                | 3.9.2.2                                                |

Tablo 4.8: Enerji verimliliğini artırmak için ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerine ilişkin teknikler

#### 4.3.10 Aydınlatma

Isıtma sistemleri için işyerinde sağlık ve güvenlik konuları büyük önem taşır. Aydınlatma sistemlerinin enerjisi özel kullanım ihtiyaçlarına göre optimize edilebilir. Bkz. Bölüm 3.10

28. **MET; uygulanabilirliğe bağlı olarak Tablo4.9’da yer alan tekniklerin kullanılmasıyla yapay aydınlatma sistemlerinin optimize edilmesini amaçlar:**

| Teknik                                                                                                                 | Uygulanabilirlik                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AYDINLATMA İHTİYAÇLARININ TASARLANMASI VE ANALİZ EDİLMESİ</b>                                                       |                                                                                                                                                                                                                     |
| Gerçekleştirilecek faaliyet için gerekli taft içeriği ve yoğunluk<br>Bağlamında aydınlatma ihtiyaçlarının belirlenmesi | Her durumda                                                                                                                                                                                                         |
| Doğal ışık kullanımının optimize edilmesi için faaliyetlerin<br>Ve ortamın planlanması                                 | Normal işletim<br>Bakımı ve yeniden düzenleme gibi<br>işlemlerin uygulanabildiği durumlarda.<br>yapısal değişikliklerin gerçekleşmesi<br>durumunda, yeni tesis kurulması ya da<br>mevcut tesisin güncelleştirilmesi |
| gerçekleştirilecek faaliyete bağlı olarak özel ihtiyaçlar temel<br>alınarak fikstürlerin ve lambaların seçilmesi       | Ömür boyu maliyet kazancı                                                                                                                                                                                           |
| <b>İŞLETİM, KONTROL VE BAKIM</b>                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                     |
| Meşgul dedektörü ve zamanlayıcılar dahil olmak üzere<br>Aydınlatma yönetimi kontrol sistemlerinin kullanılması         | Her durumda                                                                                                                                                                                                         |
| Aydınlatma ekipmanının en verimli şekilde kullanılması için<br>Bina sakinlerinin eğitilmesi                            | Her durumda                                                                                                                                                                                                         |

Tablo 4.9: Enerji verimliliğini artırmak için aydınlatma sistemi teknikleri

#### 4.3.11 Kurutma, ayırma ve konsantrasyon prosesleri

Katı maddenin sıvıdan ayrılması genellikle bir ya da birden fazla aşamadan oluşur gerçekleşir. Gerekli ürünün üretilmesi için gerekli proses adımlarının optimize edilmesi sonucunda enerji tasarrufu sağlanabilir. Enerji verimliliği bir ya da birden fazla tekniğin bir arada kullanılması sonucunda optimize edilebilir (Bkz. Bölüm3.11).

29. **MET; uygulanabilirliğe bağlı olarak Tablo 4.10’da yer alan tekniklerin uygulanmasıyla kurutma, ayırma ve konsantrasyon proseslerinin optimize edilmesini ve termal proseslerle uyumlu olarak mekanik ayırma işlemine yönelik faaliyetleri araştırmayı amaçlar:**

| Teknik                                                                                                                                                                          | Uygulanabilirlik                                                                                                                                                                                                                | Ek bilgi                                                                                                      | bu belgedeki bölüm                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| TASARIM                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |                                                        |
| Ozel proses ekipmanlarına uyacak Tekniklerin kombinasyonu<br>Ya da optimum ayırma Teknolojisinin belirlenmesi                                                                   | Tüm durumlarda                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                               | 3.11.1                                                 |
| İŞLETİM                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |                                                        |
| Diğer proseslerden Gelen ek ısının kullanılması                                                                                                                                 | Tesiste ek havanın bulunmasına bağlı (ya da üçüncü taraftan )                                                                                                                                                                   | kurutma, ek ısı için iyi bir işlemdir.                                                                        | 3.11.1                                                 |
| Tekniklerin kombinasyonu                                                                                                                                                        | Her durumda düşünülebilir.                                                                                                                                                                                                      | Üretim faydaları olabilir. Örn. Geliştirilmiş ürün kalitesi Geliştirilmiş verim e.                            | 3.11.1                                                 |
| mekanik prosesler, örn. Filtreleme, zarla filtreleme                                                                                                                            | Prosesle bağlı. En düşük enerji seviyesinde Yüksek oranda kuruluk sağlamak için bu uygulamanın diğer tekniklerle Kombinasyonu dikkate alınmalıdır.                                                                              | Enerji tüketimi birkaç kerte Düşük olabilir ancak, yüksek Kuruluk oranı (5) elde edilmez.                     | 3.11.2                                                 |
| Termal prosesler örn:<br><input type="checkbox"/> doğrudan ısıtılan kurutucular<br><input type="checkbox"/> dolaylı ısıtılan kurutucular<br><input type="checkbox"/> çoklu etki | Yaygın olarak kullanılır, ancak bu tablodaki diğer seçenekler Dikkate alınarak enerji verimliliği Artırılabilir.                                                                                                                | Konvektif (doğrudan) ısı Kurutucular en düşük enerji Verimliliği sebebiyle bir Seçenek olarak kullanılabilir. | 3.11.3<br>3.11.3.1<br>3.11.3.2<br>3.11.3.3<br>3.11.3.6 |
| Doğrudan kurutma                                                                                                                                                                | Termal ve radyant tekniklere ve Kızdırılmış buhara bakınız.                                                                                                                                                                     | Isı bu proseslerden geri kazandırılabilir                                                                     | 3.11.3.2                                               |
| Kızdırılmış buhar                                                                                                                                                               | Doğrudan kurutucular kızdırılmış Buharla yenilenebilir. Yüksek maliyet, Ömür boyu maliyet kazancının Değerlendirilmesi Yüksek sıcaklıklar Ürüne zarar verebilir.                                                                |                                                                                                               | 3.11.3.4                                               |
| ısı geri kazanımı (MVR ve ısı pompaları dahil)                                                                                                                                  | Sürekli sıcak hava konveksiyon kurutucular hesaba katılmalıdır.                                                                                                                                                                 |                                                                                                               | 3.11.1<br>3.11.3.5<br>3.11.3.6                         |
| kurutma sistemi yalıtımlarının optimize edilmesi                                                                                                                                | Tüm sistemler için düşünülebilir Yenilenebilir.                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               | 3.11.3.7                                               |
| radyasyon prosesleri:<br><input type="checkbox"/> infrared (IR)<br><input type="checkbox"/> yüksek verimli (HF)<br><input type="checkbox"/> mikrodalga (MW)                     | Kolaylıkla yenilenebilir. Kurutulacak bileşene doğrudan enerji Uygulamak. Kompakttır hava tahliye ihtiyacını azaltır. IP substrat çapı ile Sınırlanır. Yüksek maliyet, ömür Boyu maliyet kazancı değerlendirilmesi Gerekebilir. | Daha verimli ısıtma; Isı iletim ya da ısı yayım işlemi ile birleştirildiğinde Üretim verimini artırır.        | 3.11.4                                                 |
| KONTROL                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                               |                                                        |
| Termal kurutma prosesinde Proses otomasyonu                                                                                                                                     | Tüm durumlar                                                                                                                                                                                                                    | Klasik ampirik kontrolörlerle Kıyaslandığında %5-10 Arasında tasarruf sağlanabilir.                           | 3.11.5                                                 |

Tablo 4.10: enerji verimliliğini artırmak için kurutma, ayırma ve konsantrasyon sistemleri

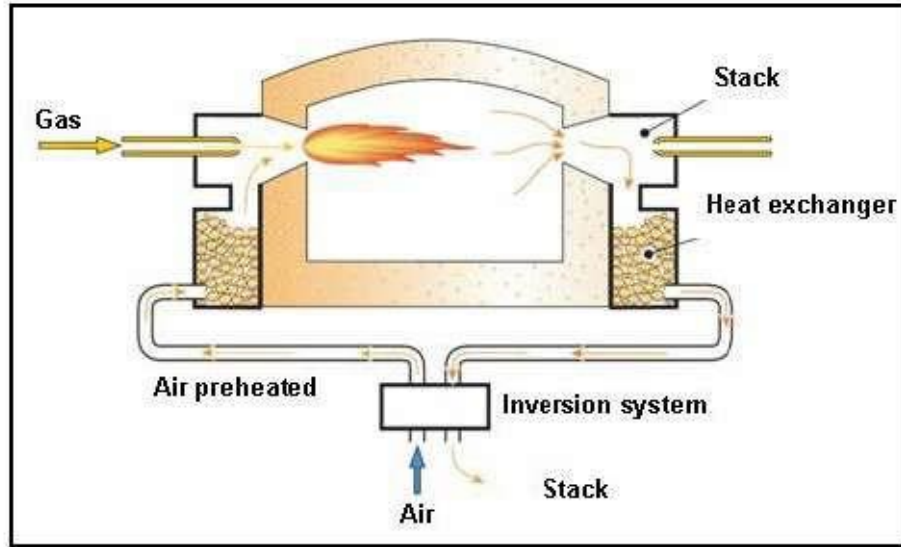
## 5 GÜNÜMÜZDEKİ ENERJİ VERİMLİLİĞİ TEKNİKLERİ

### 5.1 Alevsiz yakma (alevsiz oksidasyon)

#### Tanım

iyileştirici ve yenileyici kazanlar, homojen alev sıcaklığı (yüksek sıcaklığa sahip hava yakma (HiTAC) teknolojisi ya da alevsiz yakma) ile klasik alev “aktif nokta” sıcaklığı olmadan genişletilmiş yakmak bölgesinde yeni geliştirilen yakma modunda kullanılır.

Termal odada yakma, şaşma ve iç resirkülasyon tekniklerinin aşırıya kaçtığı durumlarda alevsiz yakma moduna denk gelir. Regeneratif kazanların çalışma ilkesi Şekil 5.1’de yer almaktadır.



Şekil 5.1: regeneratif kazanların çalışma ilkesi  
[277, ADEME]

İki çeşit HiTAC kazanı mevcuttur: tek alevli kazanlar ve çift alevli kazanlar. Tek alevli HiTAC kazanı hava girişleriyle ya da duman gazı çıkışlarıyla çevrelenmiş tek yakıt başlığı tarafından meydana getirilen tek alev olarak bilinir. Bu tek alev soğutma ve ısıtma dönemlerinde yakıt memesi başlığı ekseninde gelişir. Yakıt, aynı başlıkla sürekli olarak tedarik edilir ve bu yolla tek alev kalıcı bir konumda oluşturulur. Alev pozisyonu ısıtma ve soğutma dönemleri arasında sabit kalır, değişmez çünkü regeneratörler yakıt memesi başlığının çevresinde yer alırlar.

Çift alevli HiTAC kazanlarda iki ayrı yüksek çevrimli regeneratif kazanlar vardır. İki kazan haznenin duvarları içerisinde yer alır ve çiftler halinde çalışır. Vana dizisi gerekli anahtarlama süresine göre havanın ve duman gazlarının yönünü değiştirir. Bu tür HiTAC’larda buhar; regeneratörün ısıtma ve soğutma periyodları arasındaki anahtarlama süresine uygun olarak bir kazandan diğer kazana yön değiştirir.

Yakma ürünleri ile ön ısıtılan hava (>1000 °C) fırını besler. (Şekil 5.1). Hava ön ısıtma gibi klasik sistemler çok yüksek yerel alev ısısına yol açar böylece yüksek NO<sub>x</sub> emisyon seviyeleri ortaya çıkar. Alevsiz oksidasyon sistemlerinde bunun aksine hava girdisi ve gaz besleme çıkışı yüksek enjeksiyon hızında ayrı ayrı (aşırı yakma sarsıntısı) uygulanır. Kazan ve yakma dairesi geometrileri ve akış gazlarının yüksek hızı yakma ürünlerinin kazana doğru resirküle etmesini sağlar. Bu da O<sub>2</sub> yerel yoğunluğunda azalmalara ve alevin termal artımına yol açar. (iki NO<sub>x</sub> formasyon kaynağı).

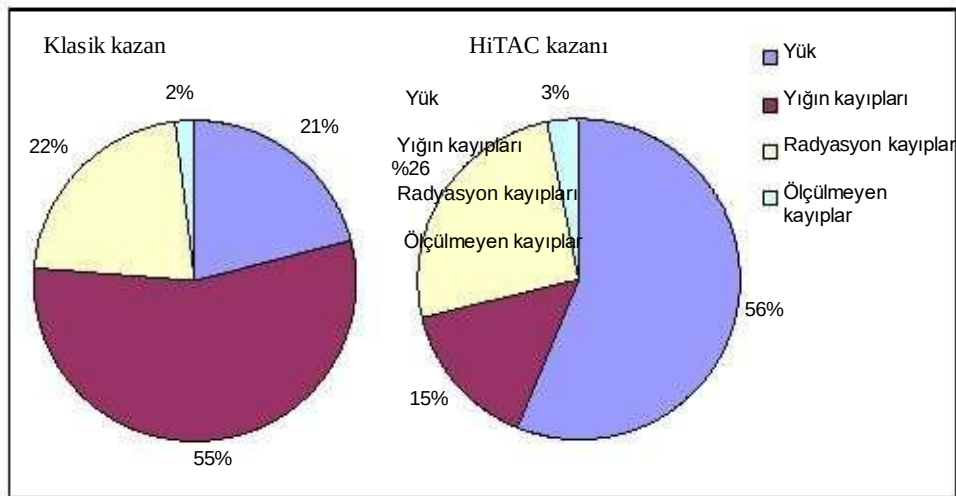
Isı iyileştirici ve yenileyici sistem tarafından ön ısıtılan yüksek hava yakma sıcaklığı (>1000 °C) bu yanma modunda sürdürülebilirliğini sağlar ve ateşlemeyi başlatır.

Bu yüzden yakma, dairenin tüm hacmi etrafında dağıtılmıştır. Alev çıplak gözle görülemez. Sıcaklıktaki homojenlik ve daire içerisindeki bileşenler prosesin ana özelliklerinden biridir.

Alevsiz oksidasyon yüksek proses sıcaklığıyla (800 °C) önceden ısıtılmayan havanın yakılmasıyla gerçekleştirilir. Bu durumda prosesin yeniden başlatılması gerekir.

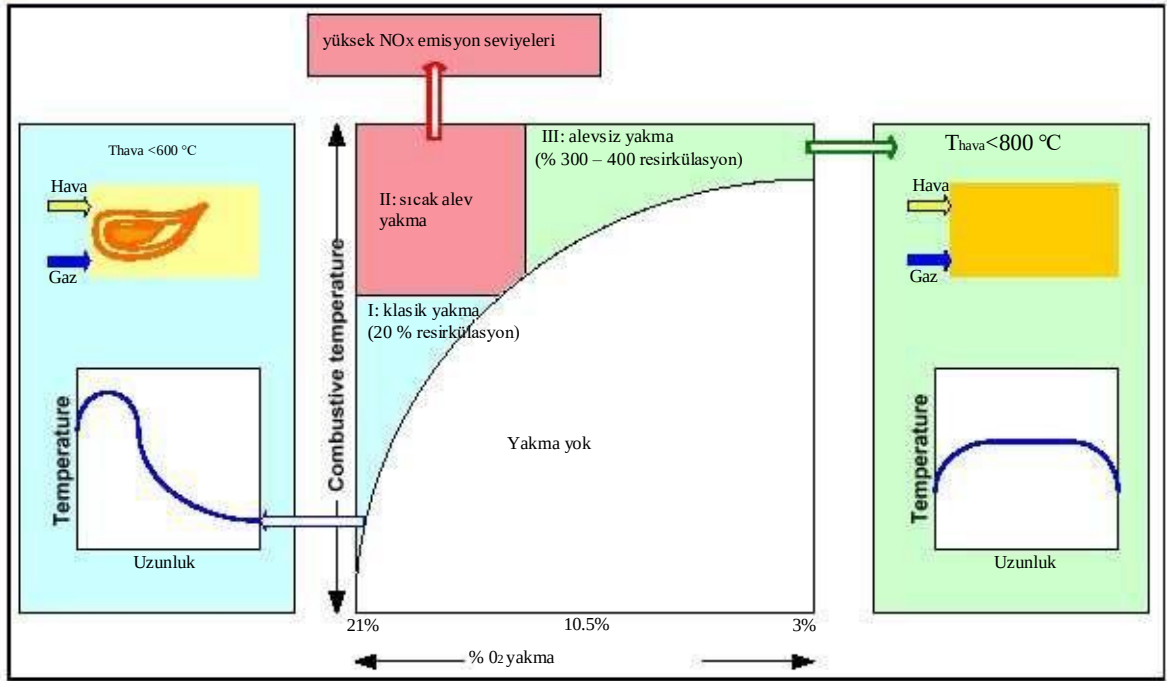
Elde edilen çevresel faydalar

Yapılan testlere göre HiTAC kazanları, klasik hava gazı borusundan %35 daha fazla verimliliğe ulaşmıştır. Yüksek verimliliğin yanı sıra, HiTAC kazanının yüksek alev hacmi, ısı transfer katsayısı ile sonuçlanır. Testte kullanılan yakıt LPG (Propan)dir. HiTAC'ın ve klasik kazanların enerji dengesi Şekil 5.2'de yer almaktadır.



Şekil 5.2: Klasik ve HiTAC kazanları üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda net ısı çıktısı sonuçları [17, Åsbländ, 2005]

Alevsiz yakma tekniği, yakma ürünlerinin güçlü resirkülasyonu sayesinde NO<sub>x</sub> salınımlarında büyük oranda düşüş sağlar. (% 3 O<sub>2</sub> <200 mg/Nm<sup>3</sup>). Bu teknik Şekil 5.3'te yer aldığı gibi sıcaklıklara ilişkin en üst seviyeleri engeller. Bu resimde yakma sıcaklığı fonksiyonu olarak farklı yakma çeşitleri arasında yapılan kıyaslamalar ve O<sub>2</sub> Konsantrasyonu gösterilmiştir.



Şekil 5.3: Alevsiz yakma koşulları

Alevsiz oksidasyon modunda artan sıcaklık seviyeleri sebebiyle kazanların yanındaki yerel kızdırma işlemi gerçekleşmeden fırındaki ortalama sıcaklık seviyesi artırılabilir. ( ateşe dayanıklı fırın üzerinde orta seviyede etki bırakarak) Ürüne doğru ısı transferi büyük oranda azaltılabilir, gürültü oranı ise düşürülebilir. Bu durum, aşağıda yer alan koşullara sebebiyet verir:

- ☐ %9 ve 40 arasında enerji tasarrufu
- ☐ NO<sub>x</sub> salınımlarının %6 ve 80 oranında azaltılması

Çapraz medya etkileri  
Veri yoktur.

işletimsel veri  
HiTAC haznesi:

- ☐ Yüksek enerji kullanım ya da CO<sub>2</sub> salınımlarının azaltılmasını
- ☐ Daha uygun sıcaklık profilini
- ☐ düşük NO<sub>x</sub> ve CO salınımlarını
- ☐ yakma gürültüsünün azaltılmasını
- ☐ ekstra enerji verimliliği sağlayan araçlara ihtiyaç olmaması
- ☐ daha küçük duman gazı borularını
- ☐ sıcaklığın eşit olarak dağılımını
- ☐ zenginleştirilmiş ısı transferini
- ☐ ürün kalitesi veriminin artırılmasını
- ☐ haznelerin ve boruların performans ömürlerinin daha uzun olmasını sağlar

HiTAC teknolojisinde yakma havası yüksek hızda haznelere enjekte edilmeden önce fazla ısıtılır(önceden) Alevsiz yakma modlarında işletim çok düşük oksijen seviyelerinde yakıtın tamamıyla yakılmasına olanak sağlar. Bu metot alevin daha uzun süre dayanmasını sağlar ve klasik yüksek sıcaklığa sahip yakma haznelerinden daha az seviyede yakma sıcaklığı sağlar. Böylece düşük NO<sub>x</sub> salınımlarını etkiler ve daha uygun alev sıcaklığı dağılımı sağlar. Proses sırasında alev solgun yeşil renge döner.

Bu yakma tekniği ayrılmış yakıt ve sıcak hava enjeksiyonunu hazneye enjekte edilmesi işleminden faydalanır. Bu durum daha iyi hazne performansı ve daha fazla yakıt tasarrufu sağlar.

HiTAC endüstriyel uygulamaları için yakıt başlıkları ve yakma havası başlıkları kazan üzerinde birbirlerine belirli mesafe uzaklıkta konuşlandırılır. Yakıt ve yüksek sıcaklığa sahip hava yüksek alışkanlık seviyesinde doğrudan hazneye enjekte edilir. Kazana yakın bölgede bulunan gaz iyice karıştırılır ve oksijenin kısmi basıncı düşürülür. Ön ısıtılmış havanın sıcaklığı yakıtın ateşleme sıcaklığını aştığında bu bölgeye düşük kısmi basınçla enjekte edilen yakıt ve yakma dengesinin sağlanması mümkündür.

Sanayi haznelerinde, yüksek performanslı ısı değiştiricilerin kullanılmasıyla yakma ısı 800 1350 °C’de elde edilebilir. Örneğin; yüksek çevrime döndürülen modern rejeneratif ısı değiştiriciler atık ısının yaklaşık %90’ını geri kazandırabilir. Bu sebeple büyük miktarda enerji tasarrufu sağlanır.

#### Uygulanabilirlik

Alevsiz yakma teknolojisini kullanan rejeneratif kazanların kullanılabildiği durumlarda ısıtma hazneleri Avrupa’da birçok sektörde uygulanabilir. Bu sektörler; demir, çelik, tuğla ve kiremit, demirsiz metaller, dökümcülük ve bu belgenin yazılması esnasında birkaç küçük cam haznesi uygulamalarını kapsar. Örneğin; AB’de talep edilen birincil enerjinin %5.7’si çelik sanayinde kullanılır. Ayrıca enerji bu sanayi kollarında üretim masraflarının büyük bir kısmına denk gelir.

Bu teknik ayrıca mevcut proses hatlarında kullanılabilir çünkü hazneler kazanların yerleştirilmesi için tasarlanmıştır. HiTAC kazanları atmosfer saflığına ihtiyaç duyar: proses gazı kullanıldığında HiTAC kazanlarının kullanıldığı haznelerde büyük miktarda toz oluşur.

#### Finansman

Bu tekniğin tek bir dezavantajı vardır, o da kazalar için yapılan yatırım masraflarıdır. Ancak geri ödeme oranları 3-5 yıl arasında değişir. Bu sebeple haznedeki yüksek verimlilik ve az miktarda nitrojen oksit salınımı maliyet kazancı analizinde kapsama alınacak önemli faktörlerdir.

#### Uygulama için itici güç

Kazandaki, yüksek verimlilik ve az miktarda nitrojen oksit salınımı önemli bir faktördür.

#### Örnekler

Çelik üreticileri SSAB Tunplåt AB, Borlänge, İsveç. Bu tesiste; yürür kırşlı fırında HiTAC teknolojisini kullanan bir çift rejeneratif kazan kurulmuştur. Hazne, toplamda 300 ton/saat kapasiteye sahip çelik yassı kütüğü önceden ısıtır. Tesis iki kazandan oluşur. Rejeneratif modda bu kazanlar her 60 saniyede bir yakma işlemi gerçekleştirir. (her dakika yakma işleminde kullanılan yakıtla atık gazı değiştirir)

HiTAC kazanları daha önce başka bir kazanın kurulmadığı hazne ön ısıtma bölgesinde kurulur. Önceden ısıtma bölgesinin ardında ısıtma bölgesi yerli (bölge 2) Yeni tesisin kapasitesi bölge 2’deki kapasitenin yaklaşık %10’udur. Her bir HiTAC kazanı yaklaşık 2MW kapasiteye sahiptir. Haznedeki kazanların toplam sayısı 119’dur.

Yağla yakılan haznede bir çift rejeneratif kazanın uzun süre boyunca test edilmesi güvenilirliği sağlamıştır. Tesisteki bakıma ilişkin ihtiyaçlar azaltılmıştır.

Normal iyileştirici kazan sistemiyle yapılan kıyaslama sonucunda yüksek oranda ısı geri kazanımı sayesinde %12 yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Haznede verimin %2 oranında artırılması için bir çift iyileştirici kazan boyutlandırılmıştır. HiTAC kazanlarındaki duman gazlarının NO<sub>x</sub> içeriğinin ölçülmesi sonucunda bir çift HiTAC kazanın yaklaşık 150ppm konsantrasyona sahip NO<sub>x</sub> e bir katkı sağlamadığı görülmüştür. (%4 O<sub>2</sub> içeriği)

**Kaynak bilgi**

[17, Åsbländ, 2005], [26, Neisecke, 2003], [277, ADEME].

**5.2 Sıkıştırılmış hava enerjisinin depolanması****Tanım**

Sıkıştırılmış hava enerjisi depolama (CAES) enerji kullanımıyla (genellikle yoğun olmayan zamanlarda güç şebekesinden alınan enerji) havanın sıkıştırıldığı kompleks enerji depolama tekniğidir. Bu teknik; enerjiyi daha sonra gerektiğinde ek enerji üretmek için kullanır. Sıkıştırılmış hava genellikle uygun yer altı madenlerinde ya da tuz kayalarının içerisinde oluşturulmuş mağaralarda depolanır.

**Elde edilen çevresel faydalar**

Uygulamaya bağlıdır. Sıkıştırılmış hava enerjisi yüksek miktarda rüzgâr enerjisinin şebekeye beslenmesini kolaylaştırır. Güç tesislerinin açma- kapama sıklığını azaltabilir.

**Çapraz medya etkileri**

Hava depolamak için bir mağara oluşturulması çevresel açıdan sorunlara yol açabilir.

**işletimsel veri**

Örnek tesislerdeki şebekelerden alına aşırı hava kompresörü çalıştırmak için elektrik motorunda kullanılabilir. Sıkıştırılmış hava soğutulur sonra ısıtılır ve sonra yeniden değiştirilmiş gaz türbinine gönderilir. Yakma proseslerinden gelen enerji ile sıkıştırılmış havadan elde edilen enerji türbin adımına güç sağlar. Elektrik jeneratörü ile dönüştürülür ve tekrar şebekeye gönderilir.

**Uygulanabilirlik**

Çalışan iki tesis vardır. Sıkıştırılmış hava enerjisi depolama enerji yönetiminden ve enerji verimliliği tekniklerinden farklıdır çünkü bu sistem üretim ve elektrik enerjisi tüketimi ile ilişkili zamanlamayı ayarlamak için kullanılır. Ancak depolama verimliliğinin %80'den daha az olduğu durumlarda enerji kaybı meydana gelir.

Uygun bir sıkıştırılmış enerji deposu varsa ve sıkıştırılmış hava üretimi için kullanım dışı ek enerji varsa bu teknik uygulanabilir.

**Finansman**

Ekonomik açıdan uygun olabilecek uygulama seçenekleri:

- ☐ Merkezi alet (300 MW, ticari olarak en iyi ihtimal)
- ☐ Merkezi olmayan alet (50 MW)
- ☐ Uzak ada sistemleri (30 MW).

**Uygulama için itici güç**

Gerekli görüldüğü durumlarda enerji sağlamak için enerji depolamaya ihtiyaç duyulması

**Örnek tesisler**

1978 yılında Hundorf (Almanya)'da 290 MW'lık bir birim, 1991 yılında Alabama (US) McIntosh „da 110 MW'lık birim kurulmuştur. Üçüncü ticari CAES tesisinin (2700 MW) Norton, Ohio (US)'de kurulması planlanmaktadır.

**Kaynak içerik**

[281, EWECE, 2004] [282, Association]





## 6 SONUÇ

### 6.1 Çalışmanın zamanlanması ve gidişatı

Mayıs 2005'te teknik çalışma grubunun (TWG) başlangıç toplantısı gerçekleştirilmiştir. Nisan 2006'da ise danışma amacıyla ilk taslak yayımlanmıştır. Mevcut en iyi tekniklere (MET) ilişkin önerilerin yer aldığı ikinci taslak Temmuz 2007'de danışmanlık sağlamak için yayımlanmıştır. Son TWG toplantısı Kasım 2007'de gerçekleşmiştir.

### 6.2 Bilgi kaynakları

Enerji, modern toplumda ve sanayi alanlarında birçok şekilde kullanılmaktadır. Sanayi devriminde ilk buharlı motorların üretiminde enerji verimliliğinin önemi fark edilmiştir. Enerji dönüşümü ve enerji çalışmaları termodinamik olarak adlandırılır ve bu belgede kısaca değinilen termodinamiklerin başlıca yasaları geçmişe dayanmaktadır. Son zamanlarda yakma işlemleri sonucunda ortaya çıkan iklim değişikliği etkileri( enerji çeşitlerinin temin edilmesinde küresel olarak kullanılan başlıca yöntem) ve enerji tedarikinin güvenliği ve maliyeti en önemli gündem konusu haline gelerek çeşitli bilgi kaynaklarının yayımlanmasına neden olmuştur. Bilgi alışverişi ile kullanılan verilerin birçoğu 2000-2007 yılları arasındaki çalışmaların sonuçlarından elde edilmiştir. Bunun yanı sıra 1990'larda gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları da dahil edilmiştir çünkü başlıca kavramlar zaman geçse de değişmemiştir.

Enerji verimliliğiyle ilgili mevcut olan verilerin birçoğu çeşitli konuları kapsar. Bu veriler IPPC konusu dışında da olabilir. Ayrıca yatay BREF'lerin çok kapsamlı olduğu görülebilmektedir. Bu konular bilgi alışverişini sağlamak için eklenmiştir. Böylece bu belgenin geliştirilmesinde IPPC Direktifi'nin ana maddeleri olarak enerji verimliliğine öncelik verilmiştir. Bu belge geliştirilirken IPPC'nin Avrupa'da ya da tesis seviyesinde uygulanmasına katkı sağlamak amacıyla mevcut en iyi teknikler(MET) hakkında bilgi sunulması hedeflenmiştir.

Bu veriler bilgi türüne göre dağılım göstermektedir. Öncelikle:

- ☐ Enerji yoğunluklu sanayilerden alınan özel veriler(örn. Cam, kimyasal, metalurji)
- ☐ Teknolojiler hakkında veriler (örn. yakma, buhar, motor sürümleri, pompalar, Sıkıştırılmış hava)
- ☐ Yalnızca IPPC için değil aynı zamanda tüm sanayi kolları ve iş alanları için enerji verimliliğine ilişkin oluşturulan genel veriler

Kullanılan bilgi kaynakları oldukça geniştir. (örn. AB'nin finanse ettiği projeler, Üye Devletlerdeki ve diğer ülkelerdeki enerji verimliliği programları (özellikle Amerika ve Japonya), sanayi belgeleri, dergileri ve kitaplar. Enerji verimliliğinin daha geniş kitlelere ulaşması için bu dokümanların çok büyük bir kısmı tesisler ya da şirketler tarafından kullanılan tekniklere ilişkin örneklerle yer vermektedirler. Buna ek olarak mevcut veriler bulunmaktadır bu yüzden BREF Taslağında ve Kılavuzda bireysel tekniklere yer vermeye gerek duyulmuştur. Bu tekniklerin anlaşılması ve birlikte kullanımının kavranması için ek bölümlerinde ve referanslarda bolca örneğe yer verilmiştir.

Enerji verimliliğinin iyi bir şekilde uygulanmasına ilişkin kaynaklar ya da MET kılavuzları aşağıdaki MS'den alınmıştır: Avusturya, Almanya, Hollanda ve Birleşik Krallık. Bu örnekler iyi bir bakış açısı sunmaktadır. Bu konuya ilişkin daha detaylı veriler teknolojik ya da sanayi ile ilgili kaynaklarda yer almaktadır. Örn: Fransa bireysel teknolojilere yönelik 100'ün üzerinde belge hazırlamıştır. Finlandiya ise bu sürece 11 belge ile katkıda bulunmuştur. İspanya ek bölümünde yer verilen ve bu çalışmanın bilimsel olarak anlaşılması için oluşturulan termodinamiklerin temel esaslarına yer vermiştir.

Sanayide kullanılan doğrudan veriler başlıca enerji yoğunluklu sanayilerden ( kimyasal, petro kimyasal, atık yakma, demir ve çelik, elektrik üretimi ve cam) ve sıkıştırılmış sistem üreticilerinden elde edilmektedir. Diğer enerji kullanan sistemler, teknikler ve enerji yoğunluğu olmayan sanayi kuruluşlarına ilişkin örnekler AB ve Üye Devletler tarafından finanse edilen programlar aracılığıyla elde edilmektedir.

Temel veri kaynağı TWG ve iki taslağa ilişkin yorumlar sonucunda oluşturulmuştur, bu verilere bazı bilgiler de eklenmiştir: toplamda yaklaşık 2300 yorum. Bireysel teknikleri ve yorumları belirlemek ve bunları doğrulamak amacıyla daha detaylı bilgiler edinilmiştir ve bilgi alışverişi sağlanmıştır. Kullanışlılığı hakkında çeşitli yorumlar olsa da bazı terimlerin açığa kavuşturulması için Vikipedi gibi online kaynaklara başvurulmuştur. Bazı TWG üyeleri daha önce gözden geçirilmiş geleneksel kaynakları ve referansları tercih ederken diğerleri bu geleneksel kaynaklara kıyasla kolay erişimi uygun görmüşlerdir. Vikipedi tanımları MET sonuçları gibi önemli alanlarda kullanılmamıştır.

Bireysel tekniklerle elde edilmiş enerji verimliliğine ilişkin bilgilere çok az yer verilmiştir. Ayrıca bazı teknikler ve örneklerin kullanılmasıyla gerçekleştirilen temsili enerji verimliliği ile ilgili sınırlı veriler bulunmaktadır. Bu yüzden eklerdeki örneklerde Bölüm 2 ve 3'te yer alan bazı tekniklere ilişkin temsili değerler verilse de bireysel tekniklerin enerji verimliliği değerleri hakkında bir sonuca ulaşmak mümkün değildir. Tesis düzeyinde tekniklerin belirlenmesi esnasında kullanılacak bu bilgiler çeşitli enerji verimliliği boyutlarını göstermek açısından faydalı olabilir.

Üye Devletlerde ve sanayilerde ikili görüşmeler ve ziyaretler sonucunda bazı bilgiler edinilmiştir.

Verilerin kullanılması ve değerlendirilmesi konusundaki bazı problemler aynı konuda farklı yöntemlerin izlenmesi (ya da farklı kaynaklardan elde edilen yaklaşımlar) ve aynı tekniklerin ilgisiz terimlerle ifade edilmesi sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu da verilerin öngörülen belgelerde bulunmadığını ya da elektronik ve manuel araştırmalarla belirlenmediğini gösterir. Bu kaynaklar her zaman IPPC türü tesisler için üretilmemiştir. Ayrıca bazı konular göz ardı edilmiştir. Örneğin, tesisteki bazı alanlar ısıtılır, havalandırılır ve/veya soğutulur. Yapı teknolojisinde ise bu konu HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme) olarak geçer. Ancak birçok verinin ofisler ve ticari binalar için geliştirildiği görülmektedir. Bu yüzden bu verilerin sanayi kuruluşlarında uygulanmaları ya da bu konuya ilişkin ek bilgilere ihtiyaç duyulması konusunda bazı belirsizlikler bulunmaktadır. Örn. sanayi proseslerindeki haznelerin havalandırılması.

### 6.3 Mutabakat oranı

Kasım 2007'de son TWG toplantısında doküman formatı ve teknikler konusunda büyük ölçüde mutabakata varılmıştır. En önemlisi, elde edilen sonuçların; IPPC Direktifi'nin kapsamında olan tesisler ve işletmeler için yatay MET olarak kabul edilmesi üzerinde tam bir mutabakat sağlanmıştır. Aksi görüş bildirilmemiştir.

Bu yatay belgede(farklı sanayi kollarını ve uygulamalarını kapsar) her bir teknik için ayrı ayrı enerji verimliliği değeri belirlemek mümkün değildir. Ancak iki noktaya dikkat etmek gerekir:

- ☐ Kabul edilen esas MET; her işletmenin kendi ENE göstergelerini kabul etmesini bu enerji verimliliği tekniklerini kullanarak göstergeler için performansların ölçülmesini gerektirir. “dikey” proseslere özel BREF’lerin ilk aşaması için enerji verimliliği teknikleri ve veriler [283, EIPPCB]’de yer almaktadır.
- ☐

## 6.4 Gelecekte bilgi toplama ve araştırma için sunulan bilgilerin ve önerilerin örtüşmesi ya da birbirine aykırı düşmesi

### 6.4.1 Verilerin örtüşmesi ya da birbirine aykırı düşmesi

Tekniklere ilişkin verileri

Aşağıda yer alan konularla ilgili sunulan verilerde birtakım eksiklikler bulunmaktadır:

- Enerji verimliliği tasarımı (EED): sunulan veriler; bağımsız bir enerji verimliliği uzmanından faydalanılması sonucunda enerji verimliliği sağlanacağını, enerji verimliliği optimizasyonundan yararlanamayacak olan üreticileri belirtmiştir (ya da hariç tutmuştur) (örn. performans ömrü boyunca ortaya çıkacak maliyetler yerine başlangıçta ortaya çıkacak en düşük maliyetler gösterilmiştir.) Ancak enerji ağırlıklı sanayilerde iç uzmanlar bulunur ve bu uzmanlar bu konuların üstesinden gelmeye çalışmaktadırlar. Bu tekniklerin MET'e dahil edilmesi konusunda herhangi bir sonuca varılmamıştır. Bu tekniklerin enerji verimli tasarımlarda uygulanmasına ilişkin daha detaylı örnekler ihtiyacı vardır.
- Proseslerin etkin biçimde kontrol edilmesi: BREF'ler güncellenirken kontrollere ilişkin özel teknikler ve parametreler dikey sektörler için araştırılmalıdır.
- Denetleme ve ölçme konuları enerji verimliliğinin sağlanması açısından oldukça önemlidir. Bölüm 2.10'da kullanılan teknik faydalı olsa da tüm sektörlerde kullanılabilecek potansiyel tekniklerin hepsini yansıtmamaktadır. Bu da kaynak belgelere dikkat edilmediğini gösterir. Dikey sektör BREF'lerinin dolaylı ya da doğrudan bu belgede kaynak gösterilen uygun teknolojileri belirlemesi faydalı olabilir. Bu belgenin gözden geçirilmesi için daha detaylı denetim ve ölçüm yapılmalıdır.
- Yakma ve buhar: bu konuya ilişkin birçok bilgi mevcuttur. Bu bilgiler LCP BREF'de uzun uzadıya ele alınmıştır. LPC BREF, LPC bilgi alışverişi çalışmasının; her çeşit ve her boyutta mekanik güç ve ısı üretiminde kullanılan ve LCP için eşik değeri 50MW IPPC altında ve üstünde olan klasik tesisleri(örn. yardımcı kazan, kombine ısı ve güç tesisleri, bölge ısıtma sistemleri) kapsadığını belirtmektedir. Ancak LCP BREF'de yer almayan ek teknikler ENE bilgi alışverişi sırasında temin edilmiştir. Sonuç ise liste yapmak ve bu belgede bulunan tekniklere gönderme yapmak ve ek teknikler ilave etmektir. Ek bilgi aşağıda yer alan maddeler için gereklidir:

Yakma ve/veya buhar sistemlerine ilişkin teknikler günümüzde büyük çaplı işletmelerde pek kullanılmamaktadır. Örneğin FBC( akışkanlı yatak yakma) LCP BREF' de tanımlanmıştır ve bu teknik daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer sektörlerde kullanılabilirliğinin, avantajlarının ve dezavantajlarının gözden geçirilmesi bu belgede fayda sağlayabilir. Ayrıca bkz. Yüksek sıcaklığa sahip alevsiz yakma(Bölüm 5.1)

Buhar: MET'in ısıtma ve soğutma proseslerinde ne zaman kullanıldığına ilişkin verilerin belirlenmesi gerekir.

- Isı geri kazanımı: ısı değiştiricilerde ve ısı pompalarında MET kullanımının belirlenmesine ilişkin konularda veriler eksiktir.
- Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC): Bölüm 3.9, havalandırma sistemlerine ilişkin veriler üzerinde şekillenmiştir. Ancak; HVAC sistemlerinin diğer bileşenleri için kaynak gösterilirken tutarlı bir sistem olan HVAC hakkında veri bulunmamaktadır. (AB web sitesinden alınan bilgiler de dahil). Proseslerden endüstriyel çıkarım tekniklerine ilişkin ek bilgi gereklidir. (STM BREF'de yer alan bilgilerle uyumluluk): yatay BREF'DE kullanılmak için ya da dikey BREF için bilgi toplanmalıdır.

- Dondurma sistemleri: bu konunun HVAC bölümüne dahil edilmesi öngörülmüştür. Ancak dayanıksız ham maddeler ve ürünler depolamak için ayrılan büyük dondurma alanları (özellikle gıda maddeleri) AB'deki sanayi sektörlerinde büyük miktarda enerji tüketir. inceleme yapmak için daha detaylı bilgi gerekmektedir. Montreal Protokolü hakkında son değerlendirmelerin yer aldığı BM Çevresel Programı (UNEP) bu belge kapsamına alınamayacak kadar geç ulaşmıştır. Doğru endüstriyel dondurucuların (doğru malzeme sisteminin) kullanılması önemli bir teknik olarak kabul edilmektedir. Buna ilişkin bazı önemli noktalar:

Dondurucular; ozon tabakasını aşındırmayacak özelliklere sahip olmalıdır, ayrıca düşük sera gazı etkisine sahip olmalı ekipmanlarının enerji talebi daha düşük olmalıdır. Ele alınan teknikler işletim, değiştirme ve kullanıma ara verme esnasında emisyon risklerini azaltmaya uygun olmalıdır.

Daha fazla bilgi gereklidir.

- Soğutma sistemleri: bu konu ICS BREF'de yer almaktadır. (endüstriyel soğutma sistemleri) ICS BREF'de soğutmaya ilişkin ilk MET sonucu, diğer sistemin(bir prosesin, işletmenin ya da dış tesisin aynı prosesinin bir parçası olabilir) Okuyucuya yardımcı olması açısından ICS BREF'deki başlıca MET bulguları ve diğer bulgular bu belgede açıklanmıştır.
- Elektrik gücü tedariği için güç düzeltmesi: amaçlanan güç faktörü için iki kaynak 0.95 oranını sağlamıştır. Ancak bu faktörün düzeltilmesi ark hazneleri gibi belirli faaliyetlerin uygulanması sonucunda ekonomik olarak gerçekleştirilemeyebilir. Diğer sanayiler kendi faaliyetleri için hangi güç faktörünün uygun olacağını bilmemektedir. Elde edilecek değerler ve bu değerlerin sanayi kuruluşlarına özgü olup olmaması konusunda fikir birliğine varılamamıştır. Bu konuya ilişkin daha fazla veri gerekmektedir. Dikey sektör BREF'leri güncellenirken uygun sanayiye özgü faktörler belirlenmelidir.
- Sıkıştırılmış hava sistemleri(CAS): sıkıştırılmış hava kullanımının hangi durumlarda MET olacağı konusunda bilgi eksikliği vardır. Bu sistemin başlıca proses (örn. Proses gazı olarak düşük sınıf nitrojen üretimi) ancak, montaj araçlarında iletim aracı gibi bazı yatay faaliyetler için daha fazla bilgi gerekmektedir.(CAS kullanımının MET olduğu durumlarda) . Enerji verimliliğine ilişkin kıyaslama yapılmıştır ancak bu kıyaslama MET ile kullanılmayacak kadar geniştir. Kompresör çeşitleri ile kıyaslamalar yapmak için daha detaylı bilgilere ihtiyaç vardır.
- Kurutma ve ayırma teknikleri: bu teknikler bir arada gösterilmiştir çünkü başlıca MET sonucu- teknik olarak uygun olduğu durumlarda- ürünler kurutulurken birden fazla aşamanın geçilmesini amaçlamaktadır. (ısıtılmış kurutma aşaması sonrasında mekanik ayırma tekniğinin kullanılması) Ancak bu belgede yer almayan kurutma ve ayırma teknikleri için alanlar mevcuttur.
- Aşağıda yer alan maddelere ilişkin veri yoktur:

Vakum sistemleri

Bina yalıtımı: sıkıştırılmış hava ile tozun taşınması ve taşıyıcı bantlar gibi tesisi içi iletim sisteminde, kapılarda ve pencerelerde (giriş noktalarında) ısı kaybının/kazancının kontrol edilmesine ilişkin kullanılabilecek herhangi bir veri yoktur.

### Öneri

Yukarıda yer alan bazı bilgi eksiklikleri; bu belge gözden geçirilirken ya da BREF serilerindeki ilgili yatay belgeler değerlendirilirken daha detaylı bilgilerle telafi edilmelidir. (ICS BREF ve CWW BREF gibi.).

### Maliyet verileri

Diğer BREF’lerde olduğu gibi birçok teknik için maliyet ve maliyet kazancına ilişkin veriler eksiktir. Bunların yatay BREF’lerde ele alınması zordur çünkü uygulamalar ve boyutlar sanayiden sanayiye değişiklik gösterir. Bazı durumlarda bu eksiklik eklerde yer alan örneklerle telafi edilir.

### 6.4.2 Özel işletimsel veriler

Bu belgenin hazırlanmasında enerji verimliliği verilerinin farklı tesislerde belirlenen çeşitli tekniklerin değerlendirilmesi için gereklidir. Bölüm 3’te ve eklerdeki örneklerde bazı sembolik verilere yer verilmiştir. Ancak farklı proseslerde ve işletmelerde yer alabilecek çeşitli uygulamalar yatay BREF kapsamına alındığı için özel işletimsel verilerin sağlanması mümkün değildir. (bkz. bölüm 6.4.3).

Ayrıca malzemelerin ve tekniklerin maliyetleri gibi maliyet verilerini belirlemek zor olabilir.

### Öneriler

Bu belge gözden geçirilirken enerji tüketimi ve/veya enerji verimliliği hakkında genel bilgiler ekipman tedarikçilerinden elde edilebilir.

Dikey BREF’lerin gözden geçirilmesinde prosese özel enerji verilerinin güncelleştirilmesine (veri yoksa prosese özgü enerji verilerinin sağlanması) önem verilmelidir. Özel proseslerin enerji verimliliğine katkı sağlanması amaçlanmaktadır. ilgili sektör için faydalı olabilecek veriler sağlanmalıdır. (bölüm 1.4’te yer alan konular) Veriler; yeni ve mevcut tesisler arasında hatta diğer işletmeler/proses farklılıkları ve bölgesel farklılıklar arasında ayırım yapılmalıdır.

Ayrıca belirlenen tekniklerin uygulanmasına ilişkin genel bilgiler sağlanmalıdır. Bu belgenin gözden geçirilmesinde kullanıcılara, üreticilere, teknikleri tedarik edenlere, ekipmanlara ve tesislere önem verilmelidir.

### 6.4.3 Araştırma konuları ve geleceğe yönelik çalışmalar

Genel olarak, enerji verimliliği konusunda önemli ölçüde çalışmalar yapılmıştır ve gelecekteki çalışmalar için yeni ortak alanlar belirlenmemiştir. Yeni proses teknolojilerine yönelik araştırmalar sektöre ya da ürüne yönelik temelde gerçekleştirilmelidir. Ancak bazı alanlarda yapılan araştırmaların enerji verimliliğini artıracak gelişmelere yol açabilecek göz önünde bulundurulmalıdır. Bu gelişmelerin bütüncül faydaları vardır (ürün veriminin artırılması ve/veya salınımların azaltılması) :

- ☐ Temel süreç teknolojisi (örn. Kataliz, biyoteknolojik/, biyokataliz yaklaşımlar)
- ☐ Isı iletim ve ısı yayım ile ısıtma tekniğinden öte özel radyasyon dalga boylarının kullanılması (örn. Reaksiyonları başlatmak için kullanılan mikrodalgalar, kurutma yerine kaplama sistemlerinde kürleme teknolojisinin kullanılması)
- ☐ Yeni geliştirilmiş uygulamalarda ısı geri kazanımının kullanılması (örn. Yoğun kümesçilik faaliyetlerinde ısı geri kazanımı ve ısı pompalarının kullanılması)
- ☐ Prosesin yoğunlaştırılması

İki alanda daha detaylı çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır :

- ☐ Daha fazla veri, Bölüm 6.4.1’de yer alan alanlar için
- ☐ Mevcut ileri tekniklerin kullanımının teşvik edilmesi için daha fazla proje ve program tasarlamak. Bu tasarımlar aşağıdaki durumlar için gereklidir:  
Veri eksikliği durumunda  
Bu teknikler günümüzde yalnızca bir sanayide kullanılmaktadır ve endüstride sınırlı bir anlayışa sebep olur.

Bir sektör için yeni sayılabilecek tekniklerin alınma ilişkin eksikliklerin nedenleri; operatörün sürekli proseslerde proses kontrolünü değiştirme konusunda aldığı risk olarak ya da iş yapma zamanında kalitenin ve/veya üretimin potansiyel kayıplarına ilişkin risk olarak belirlenir.

Özel bir örnek: yüksek sıcaklığa sahip alevsiz yakma. Bu sistem ticari olarak Japonya’da çelik yapımında kullanılır. Aynı zamanda Amerika’da ve diğer ülkelerde çelik yapımında, tuğla ve kiremitlerde, demirsiz metallerde, dökmeçelikte ve bazı küçük haznelerde kullanılır. Çelik yapımında uygulanan pilot proje sayesinde AB’de olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda enerji tüketimini yaklaşık %30 oranında azaltsa da ticari alanda uygulanmasına ilişkin bilgi bulunmamaktadır.

Avrupa Komisyonu RTD programlarıyla temiz teknolojilerle, yeni geliştirilen atık arıtımı ve geri dönüşümü teknolojileriyle ve yönetim stratejileriyle ilgili projeleri yürütmekte ve desteklemektedir. Bu projeler gelecekte belgelerin gözden geçirilmesi için fayda sağlayabilir. Bu yüzden okuyucuların, bu belgenin kapsamı dahilinde olan herhangi bir araştırma sonucunu EIPPCB’ye bildirmeleri beklenmektedir. (ayrıca bkz. bu belgenin önsözü)

CORDIS programındaki AB hibeli mevcut enerji verimliliği ile ilgili projeler proje veri tabanından elde edilebilir: <http://cordis.europa.eu>

bu program zamanla değişmektedir ve buna ilişkin bazı örnekler aşağıda gösterilmiştir:

- ☐ Örselemeye karşı koruma  
Türbin kanatlarının metal zemininin baskıyla ve sıcaklıkla örselenmesine karşı ince seramik kaplamaların geliştirilmesi  
SRS NET ve EEE:
- ☐ Yeni enerji teknolojileri, enerji son kullanım verimliliği ve enerji RTD ile ilgili bilimsel kaynak sistemi  
ECOTARGET:
- ☐ Avrupa kâğıt hamuru ve kâğıt sanayideki radikal değişiklikler için yeni yaratıcı prosesler  
FENCO-ERA:
- ☐ Sıfır emisyon seviyesindeki güç tesislerinde fosil enerji teknolojileri için başlatılan girişimler
- ☐ Çeşitli yeni ve temiz teknoloji değerlendirme sistemleri

## 6.5 Bu belgenin gözden geçirilmesi

Enerji verimliliğine ilişkin veriler çok yenidir (2000-2007) ve kısa süre içerisinde büyük oranda değişmesi beklenmemektedir. ikinci taslakta belge yapısı oldukça değişmiştir ve bu da daha fazla ek bilginin yer almasına imkân tanımıştır ve bu belgede daha fazla eksikliğin belirlenmesini sağlamıştır. (Bkz. Bölüm 6.4.1). Bu boşlukların doldurulması Avrupa sanayi için fayda sağlayacaktır . Bu belge 2013 yılında gözden geçirilebilir ve 2015’te sonuçlandırılabilir.

## KAYNAKÇA

- 2 Valero-Capilla, A., Valero-Delgado A. (2005). "Fundamentals of energy thermodynamics".
- 3 FEAD and Industry, E. W. T. (2005). "Plug-ins to the Introduction to energy".
- 4 Cefic (2005). "How to define Enerji Verimliliği?"
- 5 Hardell, R. and Fors, J. (2005). "How should Enerji Verimliliği be defined?"
- 6 Cefic (2005). "Key Aspects of Energy Management".
- 7 Lytras, K., Caspar, C. (2005). "Energy Audit Models".
- 9 Bolder, T. (2003). "Dutch initial document on Generic Enerji Verimliliği Techniques".
- 10 Layer, G., Matula, F., Saller, A., Rahn, R. (1999). "Determination of energy indicators for plants, manufacturing methods and products (abridged version)".
- 11 Franco, N. D. (2005). "Energy models".
- 12 Pini, A. a. U., A. and Casula, A. and Tornatore, G. and Vecchi, S. (2005). "Energy saving evaluation using pinch analysis tool".
- 13 Dijkstra, A. "Definition of benchmarking".
- 16 CIPEC (2002). "Enerji Verimliliği Planning and Management Guide".
- 17 Åsbländ, A. (2005). "High temperatur air combustion".
- 18 Åsbländ, A. (2005). "Mechanical Vapour Recompression".
- 20 Åsbländ, A. (2005). "Surplus heat recovery at board mill".
- 21 RVF, T. S. A. o. W. M. (2002). "Energy recovery by condensation and heat pumps at Waste-to-Energy to plants in Sweden".
- 26 Neisecke, P. (2003). "Masnahmen zur Verminderung des Energiverbrauchs bei ausgewählten Einzeltechniken".
- 28 Berger, H. (2005). "Energieefficiencte Technologien umd efficiensteigernde Massnahmen".
- 29 Maes, D., Vrancan, K. (2005). "Enerji Verimliliği in steam systems".
- 31 Despretz, H., Mayer, B. "AuditorTools. SAVE-project AUDIT II".
- 32 ADENE (2005). "Steam production".
- 33 ADENE (2005). "Steam netwokrs".
- 34 ADENE (2005). "Heat recovery systems".
- 36 ADENE (2005). "Process control systems".
- 40 ADENE (2005). "Transport energy management".



- 48 Teodosi, A. (2005). "Operating procedure of heat exchangers with flashed steam in an alumina refinery".
- 51 Pini, A., Casula, A., Tornatore, G., Vecchi, S. (2005). "Energy saving evaluation using pinch analysis tools".
- 55 Best practice programme (1998). "Monitoring and Targeting in large companies. Good Practice Guide 112. Best Practice Programme. SAVE".
- 56 Best practice programme (1996). "Monitoring and targeting in small and medium-sized companies. Good practice guide 125".
- 62 UK\_House\_of\_Lords (2005). "Enerji Verimliliği, Volume I:".
- 63 UK\_House\_of\_Lords (2005). "Enerji Verimliliği. Volume II: Evidence".
- 64 Linde, E. (2005). "Energy efficient stationary reciprocating engine solutions".
- 65 Nuutila, M. (2005). "Enerji Verimliliği in Energy Production".
- 67 Marttila, M. (2005). "Pinch Technology for Energy Analysis".
- 89 European Commission (2004). "EMAS Enerji Verimliliği Toolkit for Small and Medium sized Enterprises".
- 91 CEFIC (2005). "Guidelines for Enerji Verimliliği in Combustion installation".
- 92 Motiva Oy (2005). "Benchmarking and Energy Management Schemes in SMEs, Draft".
- 93 Tolonen, R. (2005). "Improving the eco-efficiency in the district heating and district cooling in Helsinki".
- 94 ADEME (2005). "Enerji Verimliliği in transport".
- 95 Savolainen, A. (2005). "Electric motors and drives".
- 96 Honskus, P. (2006). "An approach to ENE BREF content".
- 97 Kreith, F. a. R. E. W. (1997). "CRC Handbook of Enerji Verimliliği", 0-8493-2514-5.
- 98 Sitny, P., Dobes, V. (2006). "Monitoring and targeting".
- 107 Good Practice Guide (2004). "A strategic approach to energy and environmental management".
- 108 Intelligent Energy - Europe (2005). "Benchmarking and energy management schemes in SMEs (BESS), Draft".
- 113 Best practice programme (1996). "Developing an effective energy policy. Good practice guide 186".
- 114 Caddet Analysis Series No. 28 (2001). "Energy Conservation in the Pulp and Paper Industry".
- 115 Caddet Analysis Series No. 23 "Industrial Heat Pumps".

- 116 IEA Heat Pump Centre "IEA Heat Pump Centre", <http://www.heatpumpcentre.org>.
- 117 Linnhoff March "Pinch methodology", [www.linnhoffmarch.com](http://www.linnhoffmarch.com).
- 118 KBC "Pinch methodology", [www.kbc.at](http://www.kbc.at).
- 119 Neste Jacobs Oy "Pinch methodology", [www.nestejacobs.com](http://www.nestejacobs.com).
- 120 Helsinki Energy (2004). "What is District Cooling?" [www.helsinginenergia.fi/kaukojaahdytys/en/index.html](http://www.helsinginenergia.fi/kaukojaahdytys/en/index.html).
- 121 Caddet Enerji Verimliliği (1999). "Pressured air production and distribution. Caddet Enerji Verimliliği Newsletter No 3".
- 122 Wikipedia\_Combustion (2007). <http://en.wikipedia.org/wiki/Combustion>.
- 123 US\_DOE "Improving steam system performance. A source book for industry." Best Practices activity for the U.S. Department of Energy's (DOE) Industrial Technologies Program.
- 125 EIPPCB "LCP BREF".
- 126 EIPPCB "C&L BREF".
- 127 TWG "TWG comments D1", personal communication.
- 128 EIPPCB "LVIC-S BREF".
- 130 US\_DOE\_PowerFactor "Motor Challenge Fact sheet, Reducing Power Factor Cost".
- 131 ZVEI "Position Paper on the Green Paper on Enerji Verimliliği: Improving Energy Efficiency by Power Factor Correction".
- 132 Wikipedia\_Harmonics, <http://en.wikipedia.org/wiki/Harmonics>.
- 133 AENOR (2004). "EN 12953-10".
- 134 Amalfi, X. (2006). "Boiler Audit House".
- 135 EUROELECTRICS "Harmonics", personal communication.
- 136 CDA "Harmonics", <http://www.copper.org/homepage.html>.
- 137 EC "EURODEEM", <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/eurodeem/index.htm>.
- 139 US\_DOE "Motor Master Plus", <http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/software.html>.
- 140 EC (2005). "Green Paper on Enerji Verimliliği COM(2005)265 final of 22 June 2005".
- 141 EU (2007). "Berlin Declaration".
- 142 EC (2007). "Enerji Verimliliği Action Plan October 2007 COM (2006) 545 FINAL".
- 145 EC (2000). "Green Paper: Towards a European Strategy for the security of Energy Supply COM (2000) 769 FINAL Nov 2000".

- 146 EC (2004). "Directive 2004/8/EC of the EP and Council on the promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market and amending Directive 92/42/EEC".
- 147 EC (2006). "Council Directive 2006/32/EC of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC".
- 148 EC (2005). "Framework Directive 2005/32/EC for the setting of eco-design requirements for energy using products (EuP)".
- 152 EC (2003). "Guidance on Interpretation of "Installation" and "Operator" for the Purposes of the IPPC Directive amended 2007".
- 153 Wikipedia "thermodynamics: laws, definitions, etc".
- 154 Columbia\_Encyclopedia "Enthalpy".
- 156 Beerkens, R. G. C., van Limpt H.A.C., Jacobs, G (2004). "Enerji Verimliliği benchmarking of glass furnaces", Glass Science Technology, pp. 11.
- 157 Beerkens R.G.C. , v. L., H. (2006). "Analysis of Energy Consumption and Energy Savings Measures for Glass Furnaces".
- 158 Szabo, L., Dr (2007). "Enerji Verimliliği indicators", personal communication.
- 159 EIPPCB (2006). "STS BREF: Surface treatment using organic solvents".
- 160 Aguado, M. (2007). "Site visit, Outokumpo Tornio steel works, Finland", personal communication.
- 161 SEI (2006). "Certified energy management systems".
- 162 SEI (2006). "The New Irish Energy Managment Standard- Aughinish Alumina Experience".
- 163 Dow (2005). "ENE TWG kick off meeting presentation".
- 164 OECD (2001). "The application of biotechnology to industrial sustainability:".
- 165 BESS\_EIS "Energy savings in design".
- 166 DEFRA, U. (2003). "Delivering Enerji Verimliliği savings".
- 167 EIPPCB (2006). "Economics and cross-media BREF".
- 168 PNEUROP (2007). "Proposed new text for compressed air section (CAS)".
- 169 EC (1993). "SAVE programmes - set up to implement directive 93/76/EEC to limit carbon dioxide emissions by improving Enerji Verimliliği".
- 170 EC (2003). "European motor challange programme - Pumping systems programme", European motor challange programme.
- 171 de Smedt P. Petela E., M., I., Brodkorb M. (2006). "Model-based utilities management optimisation and management".
- 172 Maagøe Petersen, P. (2006). "Energy Efficient Design".

- 173 EIPPCB (2003). "Intensive livestock farming BREF".
- 174 EC (2007). "Novel potato process - LIFE project LIFE04ENV/DK/67", LIFE, LIFE04ENV/DK/67.
- 175 Saunders\_R. (2006). "Electron Beam: One Way to Mitigate Rising Energy Costs", RADTECH report.
- 176 Boden\_M. (2007). "Confirmation: EEFIN report results still valid", personal communication.
- 177 Beacock, S. (2007). "EUREM project", personal communication.
- 179 Stijns, P. H. (2005). "Energy management system - Atrium Hospital, Heerlen. NL", Euro Heat and Power.
- 180 Ankirchner, T. (2007). "European energy manager training project", personal communication.
- 181 Wikipedia "Process control engineering".
- 182 Wikipedia "Discussion and information on quality assurance and quality management:" [http://en.wikipedia.org/wiki/ISO\\_9000](http://en.wikipedia.org/wiki/ISO_9000).
- 183 Bovankovich (2007). "Energy management: what you need to know", personal communication.
- 186 UBA\_AT "Energieeffiziente Technologien und effizienzsteigernde Massnahmen".
- 188 Carbon\_Trust\_(UK) (2005). "Energy use in Pig Farming ECG089", Energy Consumption Guide.
- 189 Radgen&Blaustein (2001). "Compressed Air Systems in the European Union", LOG-X, 3-932298-16-0.
- 190 Druckluft "System optimisation in CAS", <http://www.druckluft-effizient.de/e/facts/08-system-optimisation.pdf>.
- 191 Druckluft "Compressed Air Distribution", <http://www.druckluft-effizient.de/e/facts/07-air-distribution.pdf>.
- 193 Druckluft "Compressed Air-Example plants", <http://www.druckluft-effizient.de/e/links/downloads.php?m=link>.
- 194 ADEME (2007). "Compressed Air".
- 195 DETR "Air compressors with integral variable speed control", Best Practice Programme, Enerji Verimliliği, <http://www.druckluft-effizient.de/links/demoprojekte/uk-vsd.pdf>.
- 196 Wikipedia "Compressed Air".
- 197 Wikipedia "Drying".
- 199 TWG "Annex 1622 Front Ends Pump Systems".

- 200 TWG "Annex 1612 Front Ends Pump Systems".
- 201 Dresch\_ADEME, M. (2006). "DRYING-Proposal for "Enerji Verimliliği Techniques" BREF".
- 202 IFTS\_CMI (1999). "Contribution à l'élaboration de la stratégie de l'ADEME pour la maîtrise de l'énergie dans les procédés de séparation / concentration".
- 203 ADEME (2000). "Les procédés de séchage dans l'industrie".
- 204 CETIAT (2002). "Gains énergétiques induits par l'utilisation des énergies radiantes dans l'industrie: bilans thermiques sur site et retours d'expérience".
- 205 ADEME "Optimisation énergétique du séchage du latex naturel", [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr).
- 206 ADEME (2002). "Les énergies radiantes et leurs applications industrielles".
- 207 ADEME (2000). "Mesure de l'humidité des solides dans l'industrie".
- 208 Ali, B. (1996). "Séchage à la vapeur d'eau saturée - Etat de l'art", Cahiers de l'AFSIA.
- 209 Wikipedia "Lighting".
- 210 EC (2000). "The European Motor Green Light Programme", <http://sunbird.jrc.it/GreenLight/>.
- 211 ADEME (1997). "Financer des travaux d'économie d'énergie en hotellerie restauration".
- 212 BRE\_UK (1995). "Financial aspects of energy management in buildings - Good practice guide 165".
- 213 EC "Guide to Enerji Verimliliği Bankable Proposals".
- 214 EC (1996). "Shared energy saving and supply agreement for UK buildings".
- 215 Initiatives, I. C. f. L. E. (1993). "Profiting from Enerji Verimliliği! A financing handbook for municipalities".
- 216 Initiatives, I. C. f. L. E. (1995). "Energy Smart Cities, Enerji Verimliliği Financing Directory".
- 217 Piemonte, R. (2001). "Gestione del servizio di illuminazione pubblica e realizzazione di interventi di efficienza energetica e di adeguamento normativo sugli impianti comunali, con l'opzione del finanziamento tramite terzi - Capitolato tipo d'appalto per le amministrazioni comunali".
- 218 Association, W. E. E. (1997). "Manual on financing Enerji Verimliliği projects".
- 219 IDAE "Propuesta de Modelo de Ordenanza Municipal de Alumbrado Exterior".
- 220 Blasiak W., Y., W., Rafidi N., (2004). "Physical properties of a LPG flame with high-temperature air on a regenerative burner," [Combustion and Flame](#), pp. 567-569.
- 221 Yang W., B. W. (25 May 2005,). "Mathematical modelling of NO emissions from High Temperature Air Combustion with Nitrous Oxide Mechanism", [Fuel Processing Technology](#), pp. 943-957.

- 222 Yang W., B. W. (2005). "Flame Entrainments Induced by a Turbulent Reacting Jet Using High-Temperature and Oxygen Deficient Oxidizers", Energy and Fuels, pp. 1473-1483.
- 223 Rafidi N., B. W. (2005). "Thermal performance analysis on a two composite material honeycomb heat regenerators used for HiTAC burners," Applied Thermal Engineering, pp. 2966-2982.
- 224 Mörtberg M., B. W., Gupta A.K (2005). "Combustion of Low Calorific Fuels in High Temperature and Oxygen Deficient Environment." Combustion Science and Technology.
- 225 Rafidi N., B. W., Jewartowski M., Szewczyk D. (June 2005). "Increase of the Effective Energy from the Radiant Tube Equipped with Regenerative System in Comparison with Conventional Recuperative System", IFRF Combustion Journal, article No 200503.
- 226 CADDET (2003, March). "'High-performance Industrial Furnace Based on High-temperature Air Combustion Technology - Application to a Heat Treatment Furnace'".
- 227 TWG "Comments to Draft 2 ENE BREF".
- 228 Petrecca, G. (1992). "Industrial Energy Management".
- 229 Di Franco, N. "Energy diagnose in semi-conductors mill".
- 230 Association, C. D. (2007). "Harmonics",  
<http://www.copper.org/applications/electrical/pq/issues.html>.
- 231 The motor challenge programme "The motor challenge programme,"  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/motorchallenge/index.htm>.
- 232 60034-30, I. "Rotating electrical machines - Part 30: efficiency classes of single speed, three-phase, cage induction motors (IE code)".
- 233 Petrecca, G. (1992). "Industrial Energy Management".
- 234 PROMOT "PROMOT", [http://promot.cres.gr/promot\\_plone](http://promot.cres.gr/promot_plone).
- 236 Fernández-Ramos, C. (2007). "Energy efficient techniques LCP BREF", personal communication.
- 237 Fernández-Ramos, C. (2007). "Cooling in CV BREF", personal communication.
- 238 Hawken, P. (2000). "Natural Capitalism", ISBN 0-316-35300-0.
- 240 Hardy, M. "A Practical Guide to Free Cooling, Alternative Cooling, Night Cooling and Low Energy Systems," <http://www.ambthair.com>.
- 241 Coolmation "Free Cooling".
- 242 DiLouie, C. (2006). "Advanced Lighting Controls: Energy Savings, Productivity, Technology and Applications," ISBN 0-88173-510-8.
- 243 R&D, E. (2002). "Waste water concentration by mechanical vapour recompression (MVR) or heat pump (HP)".

- 244 Best practice programme "Compressed air costs reduced by automatic control system", <http://www.druckluft-effizient.de/links/demoprojekte/gpcs137.pdf>.
- 245 Di Franco, N. (2008). "Energy efficient management of transformers".
- 246 ISPRA, D. J. I. (2008). "Şekil-Comparison of energy efficient and conventional pumping system", personal communication.
- 248 ADEME (2007). "Drying systems-Proposal for ENE BREF".
- 249 TWG (2007). "TWG Final ENE BREF Meeting Nov 2007".
- 250 ADEME (2006). "Energy Diagnosis Reference Frame for Industry", personal communication.
- 251 Eurostat (2007). "Panorama of Energy".
- 252 EEA (2005). "Atmospheric greenhouse gas concentrations", CSI 013.
- 254 EIPPCB (2005). "Waste Incineration BREF", BREF.
- 255 EC; Waste, P. f. a. D. o. t. E. P. a. t. C. o. and COM\_(2005)\_667 (2005). "Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council on Waste COM (2005) 667".
- 256 Tempany, P. (2007). "Continuing environmental improvement", personal communication.
- 257 Clark, J. H. (2006). "Green Chemistry: today (and tomorrow)", Green Chemistry.
- 258 Tsatsaronis, G. and Valero, A. (1989). "Thermodynamics meets economics - Combining thermodynamics and economics in energy systems", Mechanical Engineering.
- 259 IEA (2006). "Scenarios and strategies to 2050".
- 260 TWG (2008). "Comments on Draft 3: MET Bölüm, etc".
- 261 Carbon\_Trust\_UK (2005). "Energy use in Pig Farming".
- 262 UK\_Treasury (2006). "(The Stern report): The economics of climate change".
- 263 Tempany, P. (2008). "Directly heated drying".
- 264 Tempany, P. (2008). "Indirectly heated drying".
- 265 Tempany, P. (2008). "Insulation and drying".
- 266 Ullmann's (2000). "Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 6th edition electronic release".
- 267 EIPPCB (2006). "STM: Surface treatment of Metals and Plastics".
- 268 Whittaker, G. (2003). "Specifying for industrial Insulation Systems", Steam Digest Volume 4.
- 269 Valero, A. (2007). "Introduction to Thermodynamics for the ENE BREF".

- 270 Tempany, P. (2008). "Estimations and calculations", personal communication.
- 271 US\_DOE (2004). "Waste Heat Reduction and recovery for improving furnace efficiency, productivity and emissions performance", DOE/GO-102004-1975.
- 272 Finland, M. O.-. (2007). "Energy audit for transport chains".
- 276 Agency, S. E. P. (1997). "Energy Conservation in the Pulp and Paper Industry", 4712/4.
- 277 ADEME "Récupération de chaleur par préchauffage de l'air".
- 278 ADEME "Space heating".
- 279 Czech\_Republic (2006). "Energy Performance Contracting - The ESCO concept".
- 280 UBA\_DE (2006). "Energy Services Company (ESCO) concept".
- 281 EWEC (2004). "Proceedings of the European Wind Energy Conference".
- 282 Association, E. S.,  
[http://www.electricitystorage.org/tech/technologies\\_technologies\\_caes.htm](http://www.electricitystorage.org/tech/technologies_technologies_caes.htm).
- 283 EIIPCB "Summary on Enerji Verimliliği issues in the BREF series".
- 284 Valero, A., Torres, C "Thermoeconomic analysis".
- 285 Valero, A. (1989). "Thermoeconomics: A new Bölüm of physics".
- 286 Frangopoulos, <http://www.eolss.net/E3-19-toc.aspx>.





## SÖZLÜK

| İNGİLİZCE TERİM    | ANLAM                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Semboller          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| $\mu$              | mikrometre ( $1 \mu = 10^{-6} \text{ m}$ )                                                                                                                                                                                                                                                        |
| $\sim$             | yaklaşık; fazla ya da az                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| $^{\circ}\text{C}$ | Selsiyus derecesi                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| $\theta$           | Ortam şartları                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ZT                 | Sıcaklık farklılığı (artışı)                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| w                  | Ekserjetik verimlilik                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| x                  | Entropi üretimi J/K                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| e                  | Termal verimlilik                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| A                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| A                  | amp (amper). Elektrik akımı için SI sembolü                                                                                                                                                                                                                                                       |
| AC                 | değişken akım                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| AEA                | Avusturya Enerji Ajansı, AEA Teknolojisi (UK danışmanlık)                                                                                                                                                                                                                                         |
| aka                | Olarak da bilinir                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| AN                 | Amonyum nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )                                                                                                                                                                                                                                                       |
| APH                | Hava ön ısıtıcı                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| API                | Amerika Petrol Enstitüsü                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| APQP               | Gelişmiş üretim kalitesi planlama; müşteri memnuniyeti sağlamak için gerekli adımların belirlenmesine yönelik ortaya atılan yapısal bir metottur. Gerekli tüm adımların zamanında atılmasını sağlamak için aktörler arasında iletişimi kolaylaştırır.                                             |
| ASTM               | Büyük uluslararası standart kuruluşu. Eskiden Amerika Test ve Metot Topluluğu Olarak bilinir. Şu anda ASTM olarak bilinir.                                                                                                                                                                        |
| AT                 | Avusturya                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| atm                | atmosfer ( $1 \text{ atm} = 101325 \text{ N/m}^2$ )                                                                                                                                                                                                                                               |
| av                 | ortalama                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| B                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| B                  | ekserji                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Bar                | bar ( $1.013 \text{ bar} = 1 \text{ atm}$ )                                                                                                                                                                                                                                                       |
| bara               | tam bar                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| barg               | atmosferik basınçla gaz basıncı arasındaki farklılık anlamına gelen bar ölçme çubuğu. Deniz seviyesinde basınç 0'dır ya da 101325                                                                                                                                                                 |
| MET                | mevcut en iyi teknikler                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| BOOS               | kazan servis dışı                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Bq                 | Becquerel (S-1) – radyonukleid faaliyeti                                                                                                                                                                                                                                                          |
| BREF               | MET kaynak belgesi                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| BTEX               | benzen, toluen, etil benzen, ksilen                                                                                                                                                                                                                                                               |
| C                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| C                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| C                  | hız m/s                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| C4 akıntı          | sıkıştırılmayan maddenin özel ısı J/(kgK)                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                    | dört karbon atomu bulunduran molekül karışımı. Genellikle:<br><input type="checkbox"/> bütan ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )<br><input type="checkbox"/> bütan-1, bütan-2 ve izobutilen ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )<br><input type="checkbox"/> N-bütan ve izobütan ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) |
| CAES               | Sıkıştırılmış hava enerjisi depolama Sıkıştırılmış                                                                                                                                                                                                                                                |
| CAS                | hava sistemi                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

| İNGİLİZCE TERİM       | ANLAM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Oyuk                  | Bir sıvı hacmi yeteri kadar düşük basınca maruz kaldığında bozulur ve bir oyuk oluşturur. Bu durum oyuk ya olarak adlandırılır ve hızlı dönen çarkların kanatlarının arkasında ya da belirli hızda ve genişlikte su altında titreşen zeminlerde ya da Pervanelerde meydana gelir. Oyukların oluşması genellikle arzu edilmeyen bir Durumdur. Pervaneler ve pompalar gibi araçlarda oyuklar genellikle çok fazla Gürültüye neden olur, bileşenlere, titreşimli araçlara zarar verir ve verimlilik Kayıplarına yol açar. Oyukların çöküşü genellikle düşük enerjili durumlarda gerçekleşse de yerel bir durudur ve çelik gibi metalleri bile aşındırabilir. Oyukların çökmesi sonucunda oluşan delinmeler bileşenlerin yıpranmasına, pompaların ve pervanelerin performans ömürlerinin kısalmasına neden olur |
| CC                    | kombine çevrim                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| CCGT                  | kombine çevrim gaz türbini                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| CCP                   | kömür yakma ürünleri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| CDM                   | Temiz gelişim mekanizmaları                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| CEM                   | Sürekli emisyon denetleme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| CEMS                  | Sürekli emisyon denetleme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| CEN                   | sistemi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| CENELEC               | Avrupa Standartlaştırma Komitesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| CEB                   | Elektroteknik Standartlaştırma Avrupa Komitesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| CFBC                  | Sirküle eden akışkan yatak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| CFC                   | Sirküle eden akışkan yatak yakma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                       | Kloroflorokarbon klorinden, flüorin ve karbondan oluşan bir bileşendir. CFC'ler troposferde oldukça sabit durumdadır. Stratosfere doğru hareket edebilir ve ultraviyole ışıkla kırılabilir. Burada ozon tabakasını incelten klorin atomları Yayarlar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| CHP                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CIP                   | Kombine ısı ve güç (kojenerasyon)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Cm                    | Ortamda temizlik sistemi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                       | Santimetre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| COD                   | Kimyasal oksijen talebi: oksijen olarak tanımlanan ve atık suda yer alan maddeleri Kimyasal olarak oksidize etmek için gerekli potasyum dikromat miktarı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| COP                   | (yaklaşık. 150 °C)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| COPHP                 | Performans katsayısı (örn. Isı pompaları için)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| COPR                  | Isı pompa devrinin performans katsayısı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| C <sub>p</sub>        | Dondurma devrinin performans katsayısı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                       | Sabit basınçta özel ısı I/(kgK)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Sürekli gelişme       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CP                    | Enerji yönetiminin sonuçlarının yıl bazında geliştirilmesi prosesi, verim artışı ve gereksiz tüketimin engellenmesi a                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Çapraz medya etkileri | Özel ısı kapasitesiyle çoğaltılan akış oranı<br>Su/hava/toprak salınımı, enerji kullanımı, ham maddelerin tüketilmesi, gürültü ve su çekme sonucunda oluşabilecek çevresel etkilerin hesaplanması                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| CTM                   | (IPPC direktifi) Merkezleştirilmiş                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Cv                    | teknik yönetim Sabit hacimde özel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| cv                    | ısı J/(kgK) Kontrol hacmi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| D                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| D                     | Gün                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| DBB                   | Katı cürufllu kazan. Elektrik kullanımı sanayinde hazine kömür yakma faaliyetinde en yaygın olarak kullanılan işlem katı cürufllu pulverize kömürlü kazalardır. Pulverize kömür katı cürufllu kazanda yakıldığında yakılmayan malzemenin %80'i ya da kül duman gazında tutulur ve uçucu kül olarak geri kazanılır. Geri kalan %20'lik kül kuru cürufllu kazan külüdür, tanecikli, gözenekli, kum boyutunda sudan çıkarılabilecek bir maddedir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| DC                    | Doğrudan akım                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| DC                    | Bölge soğutma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| DCS                   | Dağıtılmış kontrol sistemi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| DDCC                  | Doğrudan dijital yakma kontrolü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| DE                    | Almanya                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

| İNGİLİZCE TERİM    | ANLAMI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DH                 | Bölge ısıtma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| DK                 | Danimarka                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| E                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| E                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| E                  | ekserji J                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| e                  | özel akış                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| EA                 | birim kütle başına enerji J/kg                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| EAM                | enerji denetimi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| EDTA               | enerji denetim modeli                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| EEI                | etilenediamin tetraasetik asit                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| EFF                | enerji verimliliği göstergeleri                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                    | Avrupa'da oluşturulan Avrupa motor verimliliği sınıflandırması programı                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                    | Komisyon ve AB motor üreticileri. (CEMEP). EEFl (yüksek verimli motorlar), EEf2 (standart verimliliğe sahip motorlar), ve EEf3 (düşük verimliliğe sahip motorlar) olarak bilinen üç sınıf verimlilik vardır. (yüksek verimlilikli motorlar), EEf2 (1.1 ile 90kW oranında iki- dört kutuplu düşük Voltajlı motorlara uygulanır) |
| EGR                | Eksoz gazı resirkülasyonu                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| EIF                | Enerji yoğunluğu faktörü                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| EII                | Enerji yoğunluğu endeksi: yağ rafinerileri için Solomon Associate'nin kıyaslama Endeksi                                                                                                                                                                                                                                        |
| EIPPCB             | Avrupa IPPC Bürosu                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| ELV                | Salınım sınır değerleri. Bir ve y birden fazla dönem içerisinde aşılmaması gereken Salınım parametreleri, konsantrasyonları ve seviyeleri olarak ifade edilen kütle.                                                                                                                                                           |
| EMAS               | Avrupa Topluluğu eko yönetim ve denetim planı                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Emisyon            | Tesisdeki dağılmış kaynaklardan çıkan maddelerin, titreşimlerin, ısının ya da Gürültünün havaya, suya ya da toprağa doğrudan ya da dolaylı olarak salınması                                                                                                                                                                    |
| EMS                | Çevre yönetim sistemi                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| EN                 | Avrupa Normu (standart)                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ENE                | Enerji verimliliği                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| ENEMS              | Enerji verimliliği yönetim sistemi                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Enerji denetimi    | Enerji tüketiminin, muhafaza etme olanaklarının ve uygun verimlilik uygulamalarının Belirlenmesine ilişkin süreç                                                                                                                                                                                                               |
| Enerji performansı | Elde edilen sonuçlarla bağlantılı olarak tüketilen enerji. Özel enerji tüketimi ne kadar az ise, enerji performansı o kadar fazla olur                                                                                                                                                                                         |
| EO                 | Enerji çıktısı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| EOP, EoP           | Boru çıkışı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| EPC                | Enerji performansı akdeden                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| EPER               | Avrupa kirletici salınım kaydı                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ESCO/ESCO          | Enerji hizmeti şirketi                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| ET                 | Toplam enerji J                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| AB 15              | Avrupa Birliği'nin 15 Üye Ülkesi                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| AB-25              | Avrupa Birliği'nin 25 Üye Ülkesi                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| EVO                | Değerleme kuruluşunun verimliliği                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| F                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| F                  | Doymuş sıvı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| FAD                | Serbest hava temini                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| FBC                | Akışkanlı yatak yakma                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| FBCB               | Akışkanlı yatak yakma kazanı                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| fg                 | Doymurulmuş buharın ve doymurulmuş sıvının özellik farkı Finlandiya                                                                                                                                                                                                                                                            |
| FI                 | Hata modu ve etkileri analizi. Proses hataları gerçekleşmeden önce potansiyel                                                                                                                                                                                                                                                  |
| FMEA               | Hataların bağlı olduğu risklerin en aza indirilmesi ya da ortadan kaldırılması                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                    | Amacıyla sistematik yaklaşım getirmek                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                    | Fransa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| FR                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| G                  | Yerçekiminin hızlandırılması m/s2                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| g                  | gram                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| g                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

| İNGİLİZCE TERİM          | ANLAM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| g                        | Doyurulmuş gaz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| G                        | Gibbs serbest enerji                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| G                        | giga 10 <sup>9</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| GJ                       | gigajoule                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| GMO                      | genetiği değiştirilmiş organizma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| GPM                      | sanayi başına gallon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Yeşil sertifika          | yenilenebilir enerjilerin kullanımını artırmaya yönelik piyasa temelli araç. Yeşil sertifikalar yenilenebilir enerji üretiminin çevresel değerini yansıtır. Sertifikalar, üretilen enerjiden bağımsız olarak işlem görür.                                                                                                                                                                          |
| GT                       | Gaz türbini                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| GTCC                     | Gaz türbini kombine çevrim                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| GW                       | gigawatt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| GWh                      | gigawatt saat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| GWh <sub>e</sub>         | gigawatt saat elektrik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| GWP                      | küresel ısınma ihtimali                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| H                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| H                        | entalpi J                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| h                        | özel entalpi J/kg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| h                        | saat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| çekici                   | su çekici, bkz. su çekici                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| hammonikler              | temel frekansın entegre çarpanı olan bir frekansa sahip olan dönemsel dalganın ya da miktarın sinüs şekilli bileşeni. Bu, temiz güçteki düzensizliktir.                                                                                                                                                                                                                                            |
| HCV                      | Daha yüksek kalorifik değer, daha yüksek vakma değeri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| HCFC                     | hidrokloroflorokarbonlar. Tüm hidrojenin klor veya flor ile değiştirilemediği durumlarda haloalkan sınıfı                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| HDPE                     | yüksek yoğunluklu polietilen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| HF                       | yüksek frekanslı radyasyon. Elektro manyetik radyasyon işleyen radyo dalga frekansları 3 ile 30 MHz arasındadır                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| HFO                      | ağır akaryakıt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| HTAC                     | yüksek sıcaklıkta hava vakma teknolojisi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| HMI                      | insan makine arayüzü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| HP                       | yüksek basınç                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| HPS                      | yüksek basınçlı buhar. Atmosferik basınçtan daha fazla basınçta sahip buhar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| HRSG                     | ısı geri kazanımı buhar jeneratörü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| HV                       | yüksek voltaj. Uluslararası Elektroteknik Komisyonu ve ulusal standartları (IEE, IEEE, VDE, vb.) değişen akım için en az 1000V ve doğrudan akım için en az 1500V belirlemiştir ve bu akımları düşük voltaj devrelerinden (50 – 1000 V AC ya da 120 – 1500 V DC) ve ekstra düşük voltaj devrelerinden (<50 V AC ve <120 V DC) ayırmıştır. Elektrikli aletlerin güvenliği kapsamında ele alınmıştır. |
| HVAC                     | Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Hidrojenle muamele Edici | hidrodesülfürizasyon (HDS) birimi. Bunlar genellikle petrol rafinerisi sanayinde kullanılır ve hidrojenle muamele edici olarak bilinir. Sülfürü doğal gazdan ve petrol jet yakıtı, gaz yağı, dizel yakıt ve yakıt gibi arıtılmış petrol ürünlerinden ayırmak için katalitik kimyasal prosesi kullanır.                                                                                             |
| Hz                       | hertz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| I                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ID                       | iç çap                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| IE                       | İrlanda                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| IEA                      | Uluslararası Enerji Ajansı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| IEC                      | Uluslararası Elektroteknik Komisyonu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| IEF                      | Bilgi Akışverişi forumu (IPPC Direktifi çerçevesinde resmi danışma organı)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| IGCC                     | Entegre gazlaştırma kombine çevrim                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| İNGİLİZCE TERİM | ANLAM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kurulum         | IPPC Direktifinin EK I'inde yer alan faaliyetlerin birinin ya da birden fazlasının uygulandığı, bu alanda uygulanan faaliyetlerle tekniksel anlamda ilişkisi olan diğer faaliyetlerin bulunduğu, kirlilik ve salınım koşullarına etki edebilecek sabit Teknik birim                                                                              |
| IPCC            | iklim Değişikliğine ilişkin Uluslararası Panel I Entegre                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| IPPC            | kirlilik önleme ve kontrol etme                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| IR              | infrared radyasyon. Görünür ışıktan daha uzun dalga boyuna sahip yalnız terahertz radyasyonundan ve mikrodalgalardan daha kısa olan elektromanyetik radyasyon (750 nm ile 1mm arasında)                                                                                                                                                          |
| IRR             | iç verim oranı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ISO             | Uluslararası Standartları Kurumu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ISO 14001       | Çevresel Yönetim Standartlarının Standartlaştırılması için Uluslararası Kuruluş İtalya                                                                                                                                                                                                                                                           |
| IT              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| J               | joule                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| J               | ortak araştırma merkezi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| JRC             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| K               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| K               | kelvin (0°C = 273.15 K)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| kcal            | kilokalori (1 kcal = 4.19 kJ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| kg              | kilogram                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| kJ              | kilojoule (1 kJ = 0.24 jkcal)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| KN              | kinetik enerji J                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| kPa             | kilopascal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| kt              | kiloton                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| kWh             | kilowatt-saat (1 kWh = 3600 kJ = 3.6 MJ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| L               | litre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| l               | büyük yakma tesisi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| LCP             | düşük kalorifik değer, düşük yakma değeri                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| LCV             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Yalın imalat    | Ortak proses yönetim felsefesi Toyota üretim sisteminden (TPS) ve diğer Kaynaklardan elde edilmiştir. Müşteri değerini artırmak için orijinal Toyota "yedi Atık" azaltımına odaklanılmasıyla bilinir. Seyretilikler genellikle altı sigma ile Bağdaştırılır çünkü bu metot proses değişkenlerinin azaltılmasına odaklanır. (ya da ters akıcılık) |
|                 | Düşük yoğunluklu polietilen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| LDPE            | Hafif akaryakıt (HFO'dan daha hafif)                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| LFO             | Düşük ısıtma değeri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| LHV             | lumen: aydınlatıcı akıntının SI birimi 1 lm = 1 cd 1sr = 1 lux m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Ln              | düşük basınç                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| LP              | düşük basınçlı buhar: atmosferik basınca eşit ya da denk basınçlı buhar                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| LP buharı       | sıvı petrol gazı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| LPG             | düşük basınçlı buhar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| LPS             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| lux             | (sembol: lx) aydınlatmanın SI birimi. Fotometride ışık yoğunluğu ölçümü olarak Bilinir. Dalga uzunlukları aydınlatma faktörüne göre ölçülür. Standart: aydınlık Algısı. İngilizce 'de , "lux"hem tekil hem de çoğul için kullanılır (BREF)                                                                                                       |
|                 | büyük hacimli organik kimyasallar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| LVOC            | Kütle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| M               | metre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| m               | mega 10 <sup>6</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| m               | sanayi başı metre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| M               | metre kare                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| m/min           | metre küp                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| m <sup>2</sup>  | model temelli tahmini kontrol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| m <sup>3</sup>  | miligram (1 mg = 10 <sup>-3</sup> gram)                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| MBPC            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| mg              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| İNGİLİZCE TERİM      | ANLAM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MIMO                 | Çoklu girdi, çoklu çıktı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| MJ                   | mega joule (1 MJ = 1000 kJ = 10 <sup>6</sup> joule)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Mm                   | milimetre (1 mm = 10 <sup>-3</sup> m)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| gözlemleme           | salınım değişkenlerinin gerçek değerini ya da diğer parametreleri belirlemek için kullanılan prosesler (bu prosesler; salınan miktarlar ve salınan kirlenici trendleri hakkında bilgi sağlamak amacıyla diğer değerlendirme metotları, ölçümler, numune alma, sistematik gözlem ve denetlemeye dayanır.)                                                                                                                                                                                                     |
| MP                   | orta basınç                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| MPS                  | orta basınç buharı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| MRC                  | tıbbi araştırma konseyi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| MS                   | Üye Devlet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| MSA                  | Ölçüm sistemleri analizi. Ölçüm prosesi içerisindeki değişimin tüm proses Değişkenliğine ne kadar etki ettiğini belirlemek için matematik bilimini ve Tecrübeleri kullanan metottur.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Mt                   | megaton (1 Mt = 10 <sup>6</sup> ton)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| MTBF                 | arızalar arasındaki ortalama süre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| mV                   | mili volt (mV), 10 <sup>-3</sup> volt, voltun 1/1000 „i mega                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| MV                   | volt (MV) 10 <sup>6</sup> volts, 1 000 000 volt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| MVR                  | mekanik buhar yeniden sıkıştırma. Isı pompası çeşidi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| M&V                  | ölçüm ve doğrulama                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| MW                   | mikrodalga radyasyonu. 1mm-1m arasında değişen dalga boylarına sahip elektromanyetik radyasyon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| MW <sub>e</sub>      | megavat elektrik (enerji)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| MW <sub>he</sub>     | megavat saat elektrik (güç)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| MW <sub>hh</sub>     | megavatta saat ısı (güç)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| MW <sub>th</sub>     | megavat termal (enerji)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| N                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| N                    | başlık                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| n.a.                 | uygulanamaz YA DA uygun değil (bağlama bağlı )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| n.d.                 | veri yok                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ng                   | nanogram (1 ng = 10 <sup>-9</sup> gram)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| NG                   | doğal gaz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Nm <sub>3</sub>      | normal metre küp (101325 kPa, 273 K)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| NMHC                 | metansız hidrokarbonlar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| NMVOC                | metansız uçucu organik bileşenler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| NPSH                 | net pozitif emme başlığı. Genel hidrolik devrenin çapraz kesitinde bu bölümde sıvı buhar basıncıyla basınç arasındaki farkı gösterir. Pompa işletiminde bu parametrenin iki yönü vardır. Bunlar; NPSH(a) net pozitif emme başlığı ve NPSH( r )net pozitif emme başlığıdır. NPSH(a) pompa giriş ağzında bilgisayarla Yönetilirken, NPSH (r) oyuğa maruz kalmadan pompanın dayanabileceği NPSH sınırıdır.<br><a href="http://en.wikipedia.org/wiki/NPSH">http://en.wikipedia.org/wiki/NPSH</a> den alınmıştır. |
| O                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| OECD                 | Ekonomik iş birliği ve Kalkınma Organizasyonu Üst                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| OFA                  | yakma havası                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Operatör (işletmeci) | işletmeyi idare ede ya da kontrol eden doğal ve yasal kişi<br>işletmede aldığı ekonomik kararların teknik olarak işlerliğini sağlayacak kişi, bunun için belirlenmiş kişi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| °R                   | Rankin derecesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Otto cycle           | Dört zamanlı motor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| P                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| P                    | peta 10 <sup>15</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| P, p                 | basınç                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Pa                   | pascal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| PCB                  | poliklorlu benzenler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| PCDD                 | poliklorlar -dibenzo-dioksinler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

| ENGLISH TERM                 |
|------------------------------|
| PCDF                         |
| PDCA                         |
| PFBC                         |
| PI                           |
| PHD                          |
| PLC                          |
| PM                           |
| pollutant                    |
|                              |
| ppb                          |
| ppm                          |
| ppmvd                        |
| PRV                          |
| PT                           |
| Q                            |
| Q                            |
| Qy                           |
| QFD                          |
| QMS                          |
| R                            |
| R                            |
| R&D                          |
| R <sub>o</sub>               |
|                              |
| İlk etapta                   |
|                              |
|                              |
| ROI                          |
| S                            |
| S                            |
| s                            |
| s                            |
|                              |
| doyurulmuş buhar             |
| SAVE programı                |
| SCADA                        |
| SE                           |
| SEC                          |
| SEI                          |
|                              |
| Duyarlı ısı                  |
|                              |
|                              |
| SG                           |
| altı sigma, 6 sigma, 6-sigma |
|                              |
| SME                          |
| SPC                          |
| SPD                          |
| Özel tüketim                 |
|                              |
| SPOT                         |
| staleness                    |
|                              |
| steady state                 |



| İNGİLİZCE TERİM   | ANLAM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kızdırılmış buhar | Buharın, kaynama derecesinden daha yüksek dereceye kadar ısıtılmasıdır. Suyla ile temas halinde var olamaz, tükel gaza benzer. Artık buhar, anhidrit buhar ya da Buhar gazı olarak adlandırılır.                                                                                                                          |
| <b>T</b>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| t                 | Zaman                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| t                 | Metrik ton (1000 kg or 10 <sup>6</sup> gram)                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| T                 | sıcaklık                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| T                 | tera 10 <sup>12</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| t/yr              | ton(s) yıllık                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| TAC               | toplam izin verilebilir konsantrasyon                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| TDS               | toplamda çözünmeyen katılar                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| TEE               | italya'dak, beyaz sertifika, bkz. beyaz sertifika                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| tiristör sürücü   | DC motorunda değişken voltaj sağlamak için AC besleme akımının tristor Fazı ile düzenlendiği bir motor ya da kontrolör kombinasyonu (tahrik mili dahil)                                                                                                                                                                   |
| TOC               | Toplam organik karbon                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Üst yönetim       | Bir şirketi ya da şirketin bir bölümünü yönetecek en yetkili kişi ya da grup                                                                                                                                                                                                                                              |
| TQM               | Toplam kalite yönetimi sürekli geri bildirimle tekni verecek düzenlemelerle Hizmetlerin ve ürünlerin kalitesini artırmayı amaçlayan organizasyonel yaklaşım için getirilen kapsamlı bir bakış açısıdır. TQM prosesleri dört ardışık kategoriye Ayrılır: planla, yap, kontrol et, harekete geç (PCDA döngüsü)              |
| TWG               | Teknik çalışma grubu iç                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>U</b>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| U                 | enerji J                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| u                 | Kütle birim başına iç enerji J/kg                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| UHC               | Yakılmayan hidrokarbonlar                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| UPS               | Kesintisiz güç kaynağı. Yardımcı güç olmadığı durumlarda ayrı bir kaynaktan Güç sağlayarak bağlı ekipmana sürekli olarak güç aktaran araçtır.                                                                                                                                                                             |
| <b>V</b>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| V                 | Hacim                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| v                 | Özel hacim m <sup>3</sup> /kg                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| V                 | volt. Elektrik potansiyel farkından ya da elektro motif güçten elde edilen SI birimi                                                                                                                                                                                                                                      |
| VA                | volt-ampere: değişen akım devresinde bir voltun emk sında bir amper akımına eşit olan görünür enerji miktarıdır. Reaktif olmayan devrelerdeki watt'a eşittir. (sanayide genellikle kV: 10 kVA = 10 000 watt kabiliyet (SI öneki "k" kilo anlamındadır; 10 MVA = 10 000 000 watt kabiliyet ("M" mega terimine işaret eder) |
| VAM               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| VOCS              | Vinil asetat monomeri<br>Uçucu organik bileşenler. Ortam havasında büyük ölçüde buharlaşabilecek yeterli buhara sahip bileşenler. Aldehit, keton ve hidrokarbon gibi hidrokarbonlara sahiptir. Boya, baskı mürekkepleri, yapıştırıcı ve bazı yakıtlar gibi çözeltilerde yaygın olarak bulunur. Bkz. STS BREF              |
| vol-%             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| volume            | Hacim olarak yüzde. (ayrıca % v/v)                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>W</b>          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| W                 | Santrifüjlü pompada pervaneyi kapsayan spiral gövde                                                                                                                                                                                                                                                                       |

İş J

| İNGİLİZCE TERİM | ANLAM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Su çekici       | (genellikle sıvı çekici olarak kullanılır) bir sıvının aniden durması ya da yön değiştirmesi için zorlanması durumunda bu sıvıdaki kinetik enerjiden kaynaklanan basınç dalgalanması. Bu durum basınçta ani değişiklikler meydana geldiğinde sıvının sıkıştırılabilirliğine bağlıdır. Örneğin; boru sisteminin sonundaki vana aniden kapatılırsa boru içinde su çekici dalgası meydana gelir. Binalarda buharla ısıtma sistemi su çekicine maruz kalabilir. Buhar sisteminde buharın bir kısmı buhar borusunun yatay bölümündeki su içerisinde yoğunlaştığında su çekici gerçekleşir. Bunun ardından, buhar suyu tutar ve yüksek hızla boru dirseğine fırlatır. Boruyu zorlayarak gürültüye neden olur. Bu durum genellikle zayıf kondensat boşaltma Stratejisi sebebiyle gerçekleşir. |
| ıslak buhar     | Mekanik olarak tutulan suyu barındıran buhar, yoğun buhar olarak da adlandırılır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| WBB             | Sıvı cürufllu kazan. Sıvı cüruf haznesinin yer aldığı kazandır. Pulverize yakıt yakma için kullanılan bir kazan çeşididir. Sıvı cürufllu kazanda, dipteki küller erimiş Halde bırakılır ve sıvı olarak çekilir. Islak cürufllu haznelerde kül teknesi söndürme Suyu içerir. Eriyik cüruf söndürme suyu ile temasa geçtiğinde çabucak parçalanır, Kristalleşir ve pelet oluşturur. Sıvı cürufllu kazanlar, çok fazla kül üreten ve Uçuculuk potansiyeli az olan kömürler için tercih edilir. Ancak; daha yüksek yatırım ve bakım masrafları gerektirir bu yüzden kurulumu seyrektir.                                                                                                                                                                                                    |
| Beyaz sertifika | bazı işletmecilerin (dağıtıcı ve tüketici gibi) enerji verimliliği sağlamak için ve enerji verimliliğiyle sonuçlanacak enerji tasarruf önlemleri için ticaret sistemi oluşturacak piyasa temelli bir araçtır. Tasarruflar sözü edilen “beyaz” sertifikalar aracılığıyla doğrulanır ve sertifikalandırılır.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| WI              | Atık yakma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| wt-%            | Ağırlık olarak yüzde (aynı zamanda %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| W-t-E           | w/w) Atıktan enerjiye                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| X               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| X               | Molar fraksiyon, kalite                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| X               | kalite                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Y               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| yr              | yıl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Z               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Z               | sıkıştırılabilirlik faktörü                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| -z              | kaldırma, pozisyon m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |



## 7 EKLER

### 7.1 Enerji ve termodinamikler yasaları

[269, Valero, 2007]

Sanayi kuruluşlarında enerji teşhisi için denetleme prosesleri enerjinin kullanım alanını belirlemek kullanıldığından emin olmak ve verimliliğini kontrol etmek açısından oldukça önemlidir. Denetleme için; kütlenin, enerjinin, malzemenin ekserji dengelerinin ve buna denk gelen proses ihtiyaçlarının giderilmesi gerekir. Dağılan enerjinin engellenmesi ya da en aza indirilmesi ve verimliliğin artırılması için bazı öneriler sunulabilir. Enerjiyi konu edinen temel bilim, çeşitli konseptler ve bir formdaki enerjinin diğerine dönüşmesini açıklayan yasalar ve dengedeki sistemlerle donatılan çeşitli sistemler termodinamiklerdir. Termodinamiklerin temel konsepti burada açıklanmıştır. Sanayide enerji verimliliğinin ve enerji kullanımının optimizasyonu için özel öneme sahip alanlar üzerinde yoğunlaşır. Buna ilişkin detaylar üniversite ders kitaplarında yer almaktadır. (bkz. Bibliyografya, bölüm 7.1.4.1)

#### 7.1.1 Genel ilkeler

##### 7.1.1.1 Sistemlerin ve proseslerin özellikleri

(Not: sembollerin ve formüllerin boyutlarının olduğu yerlerde bunlar SI birimleri olarak gösterilmiştir) Termodinamik sistemi, ele alınan sınırlar içerisinde bir malzemenin miktarıdır. Sistem haricindeki her şey çevredir. Sistemler açık veya kapalı olarak düşünülebilir. Sistemler ve çevre arasında karşılıklı değişimlerin olmadığı durumlarda sistem kapalı olarak düşünülebilir. Karşılıklı değişim varsa bu sistem de açık olarak düşünülebilir.

Mühendislerin genellikle karşılaştıkları sistem sınıfı sabit akışlı sistemlerdir. Sabit akışlı sistem sınıfının aktığı sabit ortam sistemi olarak tanımlanabilir. Sabit bölgedekiler bu sınıfın özellikleri sistemin içine ya da sınırlara aksa dahi zaman içerisinde değişmez. Örnek olarak; hava kompresörleri, gaz türbinleri, buhar türbinleri, kazanlar, pompalar, ısı değiştiriciler. Bu araçların ortak özelliği her birinin bir ya da birden fazla sıvı akış buharı girişinin ve çıkışının olmasıdır. Bu özelliklere sahip araçlar sabit, sabit akışlı sistem, sabit akış kontrol hacmi ya da akış sistemi olarak bilinir.

Bir sistemin herhangi bir karakteristiği, özellik olarak bilinir. Buna ilişkin en yaygın örnekler; sıcaklık, hacim, basınç ya da kütleler. Özellikler, sistem boyutundan( sıcaklık, basınç, yoğunluk) bağımsızsa yoğun olarak düşünülebilir. Ancak değerler sisteme( kütle, hacim, toplam enerji) ya da sistem boyutlarına bağlıysa derin olarak düşünülür. Kapsamlı özellik sistemin toplam kütlesi tarafından bölünüyorsa ortaya çıkan özellik “özel özellik” olarak tanımlanır. Sistem durumu özellikleriyle belirlenen sistem koşullarıdır. Durum denklemi, bir maddenin özelliklerine ilişkin denklemdir.

Denge koşulundaki bir sistem çevreden izole edildiğinde değişiklik göstermez. Sistemin uğradığı değişiklik ise proses olarak bilinir. Özellikleri zaman içerisinde değişmeyen sistem sabit durumlu olarak adlandırılır. Sistem proses sonucunda aynı koşullara geri dönüyorsa o zaman sistemin bir döngü içine girdiği söylenebilir. Geri dönüşür prosesler, proses içerisindeki her şeyin (sistem ve çevre) proses uygulandıktan sonra normal şartlara geri döndüğü durumdur. Geri dönüşmez proses sonrasında bu mümkün değildir. Kesintiye uğrayan ya da dengesizlik gösteren proseslerin hiçbirisi geri dönüşür prosesler değildir. Tüm prosesler geri dönüşmez olsa bile sistemin ve prosesin davranış limitlerinin anlaşılması için geri dönüşür prosesler hakkında yapılan araştırmalar faydalı olmaktadır.

### 7.1.1.2 Enerji depolama biçimleri ve transfer

#### 7.1.1.2.1 Enerji depolama

Enerji birçok şekilde depolanabilir. Termodinamik uygulamalarında en çok karşılaşılan biçimi ise: içsel, kinetik ve potansiyel enerjidir. Manyetik, elektrik ve zemin gerginliği etkileri gibi diğer enerji biçimleri yalnızca özel durumlara ilişkindir ve burada bunlara ilişkin konulara yer verilmemiştir. Enerji joule (j) ile ya da kilowatt-saat(kWh) gibi birimlerle ölçülür.

iç enerji (U), enerjinin mikroskobik biçimi ile ilgilidir. Örn: maddenin atımlarının ya da moleküllerinin iç durumu, pozisyonu ve hareketi. Bazı kaynakça çerçeve ile ilgili olan sistemin hareketine ilişkin enerji kinetik enerji (KN9 olarak adlandırılır. Kinetik enerji aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$KN = \frac{mC^2}{2} \quad \text{Denklem 7.1}$$

C= bazı sabit kaynak çerçeve ile ilgili sistem akışkanlığı  
m= hareket halindeki akış kütlesi

Yerçekimsel potansiyel enerjideki değişiklik, Dünya'nın yerçekimsel alanında sistemin bir bütün olarak pozisyonu ile ilgili PT aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$PT = mgz \text{ (J)} \quad \text{Denklem 7.2}$$

g= Yerçekimsel hız  
z= Rastgele seçilmiş referans düzlemine göre sistemin yer çekim merkezinin yerçekimi

Kinetik, potansiyel ve iç enerjiden oluşan sistem enerjisi aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$U_{K,P} = U_{KN} + U_{PT} + U_{iç} = \frac{mC^2}{2} + mgz \quad \text{Denklem 7.3}$$

#### 7.1.1.2.2 Enerji transferi

Bir sistemin toplam enerjisini oluşturulan enerji biçimleri (yukarıda bahsedilen) statik enerji biçimidir ve bir sistemde depolanabilir. Ancak enerji sistemler arasında ya da bir biçimden diğer bir biçime transfer edilebilir. Kapalı sistemler için enerji, iş ve ısı transferi aracılığıyla transfer edilebilir. Isı ve iş özellik olarak kabul edilmez çünkü proses detaylarına bağlıdır, son koşullara bağlı değildir. Enerji transfer oranı watt olarak ifade edilir. (1 watt=1 joule/1 saniye)

Isı

Isı (Q) bir kütleden diğer kütleye sıcaklık farkından dolayı transfer edilen enerji olarak tanımlanır. Proses içerisinde kapalı sistemde “iş” dışında diğer araçlarla transfer edilen enerji miktarına denk gelir, enerji transferi yalnızca düşen sıcaklık yönünde gerçekleşir.

Isı üç ayrı yolla transfer edilebilir: ısı iletim, ısı yayım ve radyasyon . Isı iletim, partiküller arasındaki ilişki dolayısıyla daha az enerjik olan partiküllere komşu daha enerjik partiküllerden enerji transfer edilmesidir. Isı iletim; katılarda, sıvılarda ve gazlarda gerçekleşebilir. Isı yayım ise belirli bir sıcaklıktaki katı zemin ile diğer sıcaklık seviyesine sahip hareketli gaz ya da sıvı arasındaki enerji transferidir. Termal radyasyon; madde içerisindeki atomların ya da moleküllerin elektronik özelliklerinin değişmesi sonucunda salınır. Enerji, elektromanyetik dalgalarla taşınır, harekete geçirmek için aracı gerekmez ve hatta vakum içerisinde bile taşınabilir.

İş  
işin (W) termodinamik tanımı: sistem dışındaki her şeyin tek etkisinin, ağırlık artışı olduğu durumlarda çevrede sistem tarafından gerçekleştirilen iştir. Isı gibi iş de nakledilmekte olan enerjidir. iş tarafından transfer edilen enerji oranı güç olarak ifade edilir ve SI sistemindeki birim W olarak gösterilir.

### 7.1.2 Termodinamiklerin birinci ve ikinci yasası

Termodinamiklerin başlıca iki yasası vardır: 1- enerji muhafaza edilir 2- ısı olarak düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa transfer edilen enerji olan net sonuçlarda değişiklik yapılabilir. Diğer bir deyişle ısı kendi başına yüksek sıcaklıklara akamaz.

Proses, termodinamiklerin birinci ve ikinci yasasına uymazsa gerçekleşmez.

#### 7.1.2.1 Termodinamiğin ilk yasası: enerji dengesi

Termodinamiklerin ilk yasası, genel fizik ilkeleridir ve bu ilk yasa enerjinin muhafaza edildiğini ortaya koyar. Yasa, çeşitli yollarla ortaya konsa da temelde aynı anlama gelir. Aşağıda tipik ifadeler yer verilmiştir:

- ☐ Enerji bir biçimden diğer bir biçime transfer edildiğinde daima muhafaza edilir.
- ☐ Enerji yaratılmaz ve zarar görmez.
- ☐ Tüm enerjilerin toplamı belirli sistem içerisinde sabit kalır.
- ☐ Döngü şeklinde işleyen sisteme eklenen ya da sistemde ayrılan ısı biçimindeki net enerji; sistem tarafından tüketilen ya da üretilen iş biçimindeki net enerjiye denktir.
- ☐ iki durum arasında adiyabatik prosese maruz kalan kapalı sistemde gerçekleştirilen net işin değeri son koşullara bağlıdır. (adiyabatik proseslerin detaylarına değil )

##### 7.1.2.1.1 Kapalı sistem için enerji dengesi

Kapalı sistem için birinci yasa, sistem içerisindeki değişikliğin ısı ve iş aracılığıyla sisteme transfer edilen enerjiye denk gelmektedir.

$$U_2 - U_1 = Q - W \quad (J) \quad \text{Denklem 7.4}$$

Denklem 7.4'te genel harita işareti kullanılır: ısı sisteme eklendiğinde pozitif olur, iş ise sistem tarafından üretildiğinde pozitif olur

Mühendislik termodinamik uygulamalarının birçoğu kontrol hacmi temel alınarak gerçekleştirilir. Bunun gibi durumlarda kütle ilkesinin korunması gerekir. Kontrol hacmi içerisindeki kütle birikiminin oranı sınır içerisinde ve dışında kütle akışının toplam oranları arasındaki farka eşittir.

$$\frac{dm}{dt} = \dot{m}_1 - \dot{m}_2 \quad (\text{kg/s}) \quad \text{Denklem 7.5}$$

Bu sistem için enerji oranı dengesi:

$$\frac{dU}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_2 \frac{C_2}{2} \quad (\text{SI birimlerinde, W}) \quad \text{Denklem 7.6}$$

Denklem 7.6'da sisteme giren ve sistemden çıkan akışların özel entalpisi yer almaktadır.

$$h = u + Pv \quad (\text{J/kg}) \quad \text{denklem 7.7}$$

Sabit akışlı sistemler için ısı ve iş aracılığıyla transfer edilen enerji oranları ve kütle akışı oranları zaman geçse de sabit kalır.

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \quad (\text{kg/s}) \quad \text{Denklem 7.8}$$

Bu yüzden sabit durumda, termodinamiklerin ilk yasası aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$\dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = 0 \quad \text{Denklem 7.9}$$

Genelde termal sistemin verimliliği üretilen faydalı enerji ile kullanılan enerji miktarı arasındaki ilişkiyi gösterir.

Isı motorunun termal verimliliği net iş verimine dönüştürülen ısıya fraksiyonudur:

$$\eta_{\text{th}} = \frac{W_{\text{net, out}}}{Q_{\text{in}}} \quad (\text{boyutsuz}) \quad \text{Denklem 7.10}$$

Diğer verimlilik göstergeleri herhangi bir dondurma devresindeki Performans Katsayıları (COP) COP<sub>R</sub> ve ısı pompalama döngüsü COP<sub>HP</sub> aşağıda yer almaktadır:

$$\text{COP}_R = \frac{Q_C}{Q_H - Q_C} \quad (\text{boyutsuz}) \quad \text{Denklem 7.11}$$

$$\text{COP}_{HP} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_C} \quad (\text{boyutsuz}) \quad \text{Denklem 7.12}$$

Termal verimliliğin aksine COP değeri birlikten daha fazladır. Bu da dondurulmuş alandan ayrılan ısı miktarının iş girdisinden daha fazla olabileceği anlamına gelir.

### 7.1.2.2 Termodinamikğin ikinci yasası: entropi

Termodinamiklerin ikinci yasası; hangi dönüşüm biçimlerinin mümkün olduğunu hangilerinin olmadığını ve bu dönüşümlerin hangi yönde olduğunu anlamamıza olanak sağlar. Birinci yasa gibi ikinci yasa da farklı biçimlerde açıklanabilir:

- Başlangıçta denge durumunda tek kaynaktan gelen ısıнын değiştirilmesi dışında hiçbir etkiye sahip olmayan ısı motorunun üretilmesi imkansızdır. Isı motorları ısıyı termal enerji deposuna geri çevirmelidir.
- Hiçbir çevrimsel araç ısıнын düşük sıcaklıklarda termal enerji rezervlerini hiçbir etkiye sebep olmadan yüksek sıcaklıktaki rezervlere transfer edemez.

ikinci yasanın genel olarak ve uygun bir biçimde belirlenmesi için entropi konseptine ihtiyaç vardır.

#### 7.1.2.2.1 Entropi

Sistemin iki sabit durumu, farklı içsel geri dönülebilir proseslerle bağlantılıdır. Sıcaklığın üzerinde karşılıklı olarak değişen ısıнын integralinin proses aşamasına bağlı olmadığı görülmüştür. Bu da sistemin yalnızca durum özelliklerine bağlı olan fonksiyonun varlığına işaret eder: bu fonksiyon entropi olarak adlandırılır. Entropi değişimi aşağıdaki gibi gösterilmiştir:

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{Q}{T} \quad \text{Eşitlik 7.13}$$

Entropi değişimi      Entropi transfer rev. prosesi

Entropi soyut bir özelliktir ve hata ölçümü olarak değerlendirilebilir entropi kullanılarak ikinci yasaya ilişkin boyutlar belirlenebilir:

- Isı motoru tam olarak geri dönüşümlü değilse motorun toplam entropisi ve motorla ilişki içerisinde olan çevre öğelerinin hepsi artırılmalıdır.
- Gerçekleşebilecek prosesler yalnızca izole edilmiş sistemin entropisi için kullanılanlardır. ( bu ifade entropi ilkesinin artışı olarak bilinmektedir.)

#### 7.1.2.2.2 Kapalı sistemler için enerji dengesi

Gerçek proseslerin geri dönülmez özelliği sebebiyle entropi tutucu bir özelliğe sahip değildir. Kapalı sistem için entropi dengesi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{Q}{T} \quad \text{Denklem 7.14}$$

Entropi değişimi      entropi üretimi      entropi transferi



Denklem 7.14'ün sağ tarafındaki terim proses esnasında sistemden ya da sisteme ısı transferiyle ilgilidir ve ısı transferine eşlik eden entropi transferi olarak yorumlanabilir. Pozitif değer; entropinin sisteme transfer edilmesi, negatif değer ise entropinin dışarıya transfer edilmesi anlamına gelir. Terim, entropi üretimi olarak bilinir ve proseste meydana gelen geri dönüşümsüzlüğe denk gelir. Geri dönüşümsüzlükler meydana geldiğinde entropi üretimi pozitif olur. Yalnız, hiçbir geri dönüşümsüzlüğün meydana gelmediği en ideal durum “0” dır.

Bundan sonra, entropi üretimi ile meydana gelen geri dönüşümsüzlüklerin oranı basit entropi dengesi ile ölçülebilir. Geri dönüşmezler; enerji degradasyonu prosesinin, enerji tasarruflarının ve enerji muhafaza tekniklerinin anlaşılması açısından önemlidir. Enerjinin bozulmadığı ama değerinin düştüğü durumlarda enerji analistinin ele alacağı konu proseslerdeki geri dönüşümsüzlükleri belirlemek ve bunların meydana gelmemesi için öneriler sunmaktır.

### 7.1.2.3 Açık sistem için entropi dengesi

Bir proses boyunca kontrol hacmi içerisindeki entropi oranı :  
Isı transferi aracılığıyla kontrol hacmi sınırı ile transfer edilen entropi oranına;  
Kütle akışı ile kontrol hacmine transfer edilen entropi oranına,  
Geri dönüşümsüzlük sonucunda kontrol hacmi sınırları içerisindeki entropi üretim oranına eşittir.

$$\frac{dS_{cv}}{dt} = \sum_j \frac{Q_j}{T_j} + \sum_i \dot{m}_i s_i - \sum_e \dot{m}_e s_e + \sigma \quad (W/K) \quad \text{Denklem 7.15}$$

132
144 2444 of 4e3 oran
Entropi üretimi

Isı içerisinde Entropi transfer oranı
Kütle içerisinde entropi transfer oranı

Entropi Değişim oranı

$\dot{m}_i s_i$  ve  $\dot{m}_e s_e$  kütle akışına denk gelen entropi transferinin (sistem içine ve sistem dışına) oranını göstermektedir.  $Q_j/T_j$  ise anlık sıcaklığın  $T_j$  olduğu durumlarda sınırdaki alanda ısı transferinin süre oranını gösterir.  $Q_j/T_j$  oranı entropi transferine karşılık gelen oranı temsil eder.  $\sigma$  terimi ise kontrol hacmi içerisinde geri dönüşümsüzlüklerin sebebiyle entropi üretim süresi oranına denk gelir.

### 7.1.2.4 Ekserji analizi

#### 7.1.2.4.1 Ekserji

termodinamik sistemin ekserjisi maksimum teorik elde edilebilir iştir. Sistem, termodinamik çevre ile termodinamik dengeye getirilir (sistem yalnızca çevre ile temas halindeyken) . Sistem çevresi ile termodinamik dengede olduğunda, bu sistem ölü konumda olur. Ölü konumda sistem kendi çevresinin sıcaklığına ve basıncına sahiptir. Kinetik ya da potansiyel enerjiye sahip değildir. Çevresiyle temasa geçmez. Ekserji, sistem durumunun çevreden ayrılma ölçümüne denk gelir. Çevre belirlendiğinde yalnızca sistem için ekserjiye bir değer verilir(özellik değerleri açısından) ve ekserji sistem özelliği olarak düşünülebilir Ekserji değer, Denklem 7.16'da gösterildiği gibi negatif olamaz, muhafaza edilemez ancak geri dönüşümsüzlükler tahrip edilebilir. Birim kütle temelinde özel ekserji:

$$e = (u - u_0) + P_0(v - v_0) - T_0(s - s_0) + C_2/2 + gz \quad (J/kg) \quad \text{Denklem 7.16}$$

“0” ölü durum için kullanılır.

Bir kütle kontrol hacmi sınırları etrafında akarken kütleye ve iş akışına eşlik eden ekserji transferi vardır. Bu işlem; özel akış ekserjisi ya da madde buharının fiziksel ekserjisi olarak adlandırılır:

$$e = (h - h_0) - T_0 (s - s_0) + C_p (T - T_0) + gz \quad (\text{J/kg}) \quad \text{Denklem 7.17}$$

#### 7.1.2.4.2

#### Ekserji dengeleri

Kapalı sistem için ekserji dengesi enerji ve ekserji dengelerinin kombinasyonu ile elde edilir. Kapalı sistemdeki ekserji değişikliği ısıya eşlik eden ekserji transferine, işe eşlik eden ekserji transferi eksi ekserji tahribatına eşittir. Denklem:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \int_1^2 \left( \frac{T_0}{T_j} \right) \delta Q - [W - P_0(V_2 - V_1)] - T_0 \sigma \quad (7)$$

Ekserji değişimi
Isıya eşlik Eden ekserji transferi
İşe eşlik eden Ekserji transferi
Ekserji tahribatı

Denklem 7.18

$T_0$  ve  $P_0$  ortam koşullarında sıcaklık ve basıncı gösterir.  $T_j$  ısı transferinin gerçekleştiği yerdeki zemin sıcaklığıdır. Açık sistemdeki ekserji değişim oranı :

$$\frac{dE_{cv}}{dt} = \sum \left( 1 - \frac{T_0}{T_j} \right) \dot{Q}_j - \left( \dot{W}_{cv} - P_0 \frac{dV_{cv}}{dt} \right) + \sum_i \dot{m}_i e_i - \sum_e \dot{m}_e e_e - I \quad (W) \quad \text{Denklem 7.19}$$

Ekserji Değişim oranı
Ekserji Transfer oranı
ekserji tahribat oranı

#### 7.1.2.4.3

#### ikinci yasa verimliliği: ekserji verimliliği

Termal verimlilik ve performans katsayısı termodinamiğin ilk yasasına dayanır ve en iyi performans değerlerini kaynak olarak almaz. Ancak ekserji verimliliği ya da ikinci yasa verimliliği bu eksikliği telafi eder ve tersine çevrilebilir bir işletim tahmini sağlar. Ekserji verimliliği termodinamik olarak diğerlerinden daha etkin olan enerjinin kullanılması amacıyla araçların ayırt edilmesi bağlamında faydalıdır. Bunlar, termal sistemin performansının artırılması için alınan mühendislik önlemlerinin etkinliğinin değerlendirilmesi için kullanılabilir. Ekserji verimliliği; geri kazanılan ekserji ile temin edilen enerji arasındaki oran olarak genel bir biçimde tanımlanır.

$$\eta_{ek} = \frac{E_{geri\ kazanilan}}{E_{temin\ edilen}} \quad (\text{boyutsuz}) \quad \text{Denklem 7.20}$$

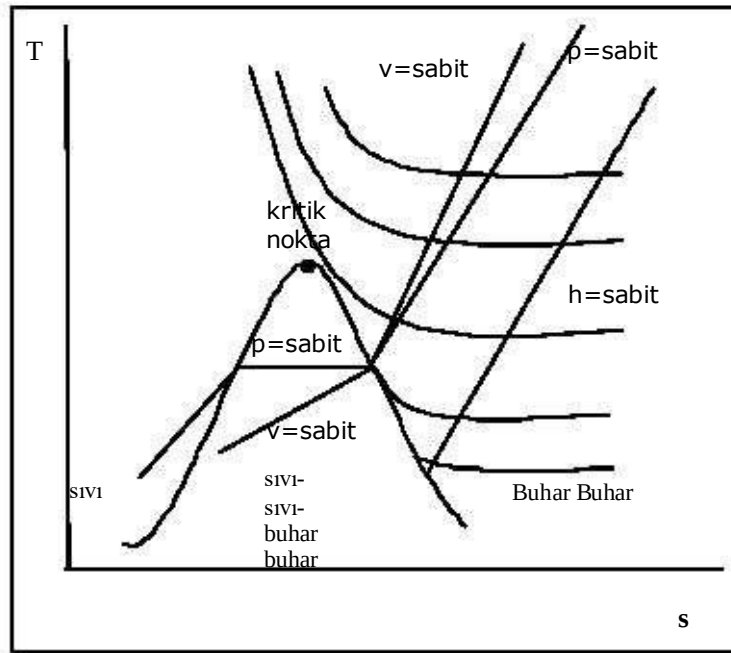
Ekserji verimliliği ifadeleri analiz edilen sisteme bağlı olarak farklı biçimler alabilir. Isı motoru için, temin edilen ekserji motora transfer edilen ısıya ekserjisindeki düşüştür. Bu da reddedilen ısı ekserjisi ile temin edilen enerji arasındaki farktır. Net iş çıktısı, geri kazanılan ekserjidir. Dondurucu ya da ısı pompası için temin edilen ekserji iş girdisidir. Geri kazanılan ekserji; ısı pompası için yüksek sıcaklık aracında transfer edilen ısıya ekserjisi ve dondurucu için düşük sıcaklık aracından transfer edilen ısı ekserjisidir.

### 7.1.3 Özellik diyagramları, tablolar, veri bankaları ve bilgisayar programları

#### 7.1.3.1 Özellik diyagramları

Durum önermelerine göre basit saf maddenin iki durumlu değişkeni belirlenmişse, üçüncüsü de belirlenir. Bu da maddenin durumunun iki bağımsız özellikle bir diyagramda gösterilebileceği anlamına gelir. Bir maddenin başlıca beş özelliği, özellik diyagramlarında şu şekilde gösterilir: basınç(P), sıcaklık (T), özel hacim (v), Özel entalpi (h), özel entropi (s) ve kalite (x) (her iki fazın karışımı müdahilse) . En fazla karşılaşılan özellik diyagramları ise basınç-sıcaklık (P-T), basınç-özel hacim (P-v), sıcaklık-özel hacim (T-v), sıcaklık-(özel) entropi (T-s) ve (özel) entalpi-(özel) entropi (h-s). Bu diyagramlar proseslerin grafiklerle anlatılması açısından faydalıdır. Buna ek olarak, ilk üç diyagram maddenin üç fazı arasındaki ilişkinin açıklanması için faydalı olabilir.

Örneğin; Şekil 7.1’de yer alan T-s diyagramı. T-s diyagramları termodinamikte yaygın olarak kullanılır çünkü proses geri dönüşümsüzlüklerini görsel olarak açıklamak açısından faydalıdır. Sabit- hacim, sabit- basınç, sabit- entalpi hatları T-s diyagramlarında incelenebilir. T-s diyagramlarındaki dikey çizgiler prosesleri açıklar. izentropik (aynı entropi) sıkıştırma/genleştirme. Kubbe içindeki yatay çizgiler izotermal fazın değiştiği anlamına gelir. (buharlaşma/yoğunlaşma).



Şekil 7.1: Sıcaklık-entropi diyagramı

#### 7.1.3.2 Özellik tabloları, veri bankaları ve simülasyon programları

Gerçekte tablolar yeterli değildir. Birçok maddenin termodinamik özelliklerinin belirlenmesi gerekir. (hem saf hem de karışım özellikleri). Aslında karmaşık termodinamik veri bankaları ve ilgili fiziksel özellik modelleri bilgisayarlı enerji simülatörünün kalbidir. Belirsizlikler ya da uygun olmayan veriler uygun enerji çözümlerinin reddedilmesine neden olabilir. Bu yüzden ihtiyaçlar son derece önemlidir. Ancak piyasada önemli sayıda veri tabanı ve bilgisayar programı bulunmaktadır. Birbiriyle çelişen veriler bulunsan bile iyi kriterlerin belirlenmesi sonucunda seçim yapma esnasında sorunlar ortaya çıkmaktadır. Birçok durumda, kalite ve güncel bilgi önemlidir. ideal olmayan davranışlardan ayrılmanın normal olduğu karışım özellikleri hesaplanırken bu faktörler göz önünde bulundurulur. Bunlara ilişkin veriler American Petroleum Institute, API (US); Beilstein Institute of Organic Chemistry, Beilstein; Design Institute for Physical Property Data, DIPPR of AIChE; Deutsche Gesellschaft

für Chemisches Apparatewesen, Chemische Technik und Biotechnologie e.V., DECHEMA; Physical Property Data Service, PPDS in the U.; ve diğerleri. Örneğin; karışım verilerinin başlıca kaynağı DECHEMA iken DIPPR kapsamlı ve saf bileşen verileri sunar. Termodinamik özelliklerinin hesaplanması için kullanılabilecek kapsamlı ve ticari simülasyon programları kolaylıkla bulunabilir. En yaygın kullanılan ticari markalı üç program: ASPEN PLUS, HYSIM ve PRO/II. Ancak, bu bilgisayar paketleri bir analistin ihtiyacı olan rutin enerji tasarrufu hesaplamalarından çok daha fazlasını içerebilir ya da tam aksine uzmanlık alanını yansıtmayabilir. Bu programların kullanımı ve bakımı masraflıdır. Analistin kendi simülasyon çözümlerini ve saf madde özelliklerini oluşturmasına katkı sağlayacak orta dereceli çözümler, EES, Thermoptim ve BBlocks'dir. Burada önemli olan analistin hangi programın değerlendirmeye geçecek olduğunu belirlemesidir. Birçok durumda bu programların ilk aşamada üstünün çizilmesi önerilmez.

#### 7.1.3.3 Verimsizliklerin belirlenmesi

Bunlar, Bölüm 1.2.2.6'da yer almaktadır.

#### 7.1.4 Terimler

| Sembol             | Anlam                         | Birim              |
|--------------------|-------------------------------|--------------------|
| C                  | Hız                           | m/s                |
| E                  | Ekserji                       | J                  |
| $\dot{E}$          | Ekserji oranı                 | J/s                |
| e                  | Kütle birimi başına ekserji   | J/kg               |
| ET                 | Toplam ekserji                | J                  |
| g                  | Yerçekimi hızı                | m/s <sup>2</sup>   |
| H                  | Entalpi                       | J                  |
| $\dot{H}$          | Özel entalpi                  | J/kg               |
| I                  | Geri dönüşümsüzlük            | J                  |
| $\dot{I}$<br>oranı | Geri dönüşümsüzlük            | J/s                |
| KN                 | Kinetik enerji                | J                  |
| m                  | Kütle                         | kg                 |
| $\dot{m}$          | Kütle oranı                   | kg/s               |
| P, p               | Basınç                        | Pa                 |
| PT                 | Potansiyel enerji             | J                  |
| Q                  | Isı                           | J                  |
| $\dot{Q}$          | Isı oranı                     | J/s                |
| S                  | Entropi                       | J/K                |
| $\dot{S}$          | Özel entropi                  | J/(kgK)            |
| s                  | Özel entropi                  | s                  |
| t                  | Zaman                         | K                  |
| T                  | Sıcaklık                      | J                  |
| $\dot{U}$          | İç enerji, enerji             | J/kg               |
| U                  | Kütle birimi başına iç enerji | m <sup>3</sup>     |
| $\dot{U}$          |                               | m <sup>3</sup> /kg |
| V                  | Hacim                         | J                  |
| $\dot{V}$          | Özel hacim                    |                    |
| W                  | İş                            |                    |
| $\dot{W}$          | İş oranı                      | J                  |
| z                  | kaldırma, pozisyon            | m                  |

| Sembol         | Anlam                           | Birim   |
|----------------|---------------------------------|---------|
| Yunan harfleri |                                 |         |
| $\eta$         | Termal verimlilik               | -       |
| $\varepsilon$  | Ekserjetik verimlilik           | J/K     |
| $\sigma$       | Entropi üretimi                 |         |
| $\dot{\sigma}$ | Entropi üretim oranı            | J/(kgK) |
| Alt simge      |                                 |         |
| 0              | Çevre koşulları                 |         |
| av             | Ele alınan özelliğin ortalaması |         |
| C              | Kompresör                       |         |
| cv             | Kontrol hacmi                   |         |

#### 7.1.4.1 Bibliyografya

- ☐ Anderson, E. E. Thermodynamics. International Thomson Publishing. 1994
- ☐ Avallone, E. A. Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers. 9th Edition. McGraw Hill. 1978
- ☐ Bejan, A.; Tsatsaronis, G. and Moran, M. Thermal Design and Optimization. Wiley Interscience. 1996
- ☐ Çengel, Y. A. and Boles, M. A. Thermodynamics: an engineering approach. International Edition. Mc Graw Hill. 1994
- ☐ Danner R.P.; Spencer C.F.; Nagvekar M. Thermophysical Properties for Design Simulations in Developments in the Design of Thermal Systems, Ed. By R.F. Boehm, Cambridge Univ. Press, 1997
- ☐ Hering, E. and Modler, K. Grundwissen des Ingenieurs. München: Carl Hanser Verlag, cop. 2002
- ☐ Lozano, M.A. and Valero, A. Determinación de la exergía para sustancias de interés industrial. Ingeniería química. Marzo 1986
- ☐ Moran, M. J. and Shapiro, H. N. Fundamentals of Engineering Thermodynamics. 4th Edition. John Wiley & Sons. 2000
- ☐ Moran, M. J.; Shapiro, H.N.; Munson, and Dewitt. Introduction to thermal systems engineering. John Wiley & Sons. 2003
- ☐ Moore, W.J. Physical Chemistry, 1974
- ☐ Perry, R. H. and Green, D. Perry's chemical engineers' handbook. Mc Graw Hill. 1984
- ☐ The CRC Handbook of thermal engineering. Kreith F. Editor in chief. CRC Press Springer. 2000
- ☐ Valero, A. and Lozano, M.A. Los balances de energía, entropía, exergía y energía libre. Métodos para el diagnóstico de instalaciones industriales. Ingeniería química. Mayo 1987
- ☐ Valero, A. and Lozano M.A. An Introduction of Thermoconomics in Developments in the Design of Thermal Systems, Ed. By R.F. Boehm, Cambridge Univ. Press, 1997
- ☐ Valero-Capilla A. and Valero-Delgado A. Fundamentals of energy thermodynamics, 2005
- ☐ Wark, K. Thermodynamics. Mc Graw Hill. 1983
- ☐
- ☐

## 7.2 Termodinamik geri dönüşümsüzlüğe yönelik durum çalışmaları

### 7.2.1 Durum 1. Kısma araçları

Kısma araçları sanayide sıklıkla bilinir, vanalar aracılığıyla basıncın düşürülmesi ve kontrol edilmesi için kullanılır. Kısma prosesi izantropik olduğu için ( entalpi artış ve düşük akımları eşittir) enerji kaybı yaşanmaz ve termodinamiklerin ilk yasasına göre enerji verimliliği en uygun düzeydedir.

Ancak, bu herhangi ek bir fayda sağlamadan sıvının entropisini artıran ve basıncı azaltan mekanik geri dönüşümsüzlüktür. Sonuç olarak, ekserji kaybolur. Sıvının, türbin genişleme prosesinde enerji üretim kabiliyeti daha azdır.

Bu yüzden, sıvı basıncını düşürmenin söz konusu olduğu durumlarda türbinler aracılığıyla ekstra sonuç elde etmek amacıyla faydalı iş sağlayacak izentropik genişleme tercih edilir. Eğer bu mümkün değilse çalışma basıncı mümkün Olduğunca yüksek seviyede tutulmalıdır çünkü bu sıvının taşınması için kompresörlerin ya da pompaların kullanımını engeller. (ekstra kullanılabilir enerji).

Sanayi işletmelerindeki en yaygın uygulama türbin giriş basıncını tasarım koşullarında tutmaktır. Bu, türbini kontrol etmek için emme valflarının kullanılması ve istismar edilmesi anlamına gelir. ikinci yasaya göre basınç özellikleri flotasyonuna sahip olmak (değişken basınç) ve emme valflarını tamamen açık tutmak daha mantıklıdır.

Vanaların mümkün olduğunca büyük olması gerekir. iyi bir kısma işlemi %25-50 oranında akış yerine maksimum akışın %5-10'u kadar basınç düşüşü ile gerçekleştirilebilir. (eskiden vana boyutlarının küçük olduğu gibi) sıvıyı harekete geçiren pompa değişken koşullara göre boyutlandırılmalıdır.

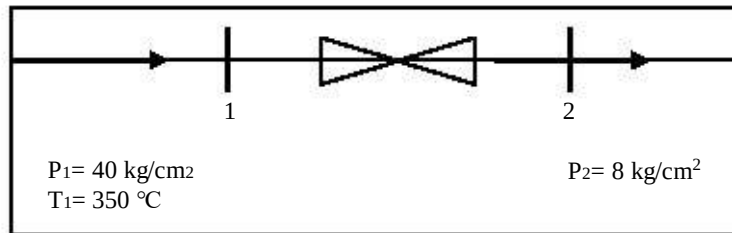
Son olarak, borular kısma araçları gibi çalışır. Bu borular, içlerinden akan sıvının basıncını düşürürler. Gereksiz vana, dirsek, kavis gibi küçük engeller dışında iyi malzemelerle gerçekleştirilen tasarımlar proses içerisinde ekserji kayıplarını sınırlandırır.

Her koşulda tesis içerisinde mevcut tüm enerji seviyelerini hesaba katan ekserji hesaplamaları gerçekleştirilmelidir çünkü birinci yasa bakış açısıyla geri dönüşümsüzlüklerin belirlenmesi zor veya imkansızdır.

#### Sayısal örnekler

Bir güç tesisinde birimin kurulması sırasında yüksek basınç türbininden ( $P = 40 \text{ kg/cm}^2$ ,  $T = 350^\circ\text{C}$ ) çıkan buharın alınmasının ardından turbo pompalarını beslemek için kullanılır.

Turbo pompa  $8 \text{ kg/cm}^2$ lik giriş basıncıyla çalıştığından yüksek basınç türbininden gelen buhar kısılmalıdır. (bkz. Şekil 7.2) Aşağıda yer alan termodinamik örneğinde buhar değişkenleri vananın girişinde ve çıkışında değerlendirilir. Proses, T-s ve h-s diyagramlarında kabataslak çizilmiştir.(bkz. Bölüm 7.3) ve nominal akış  $45.000 \text{ kg/saat}$  olduğunda ekserji akışı sağlanır.



Şekil 7.2: Buhar kısma prosesi

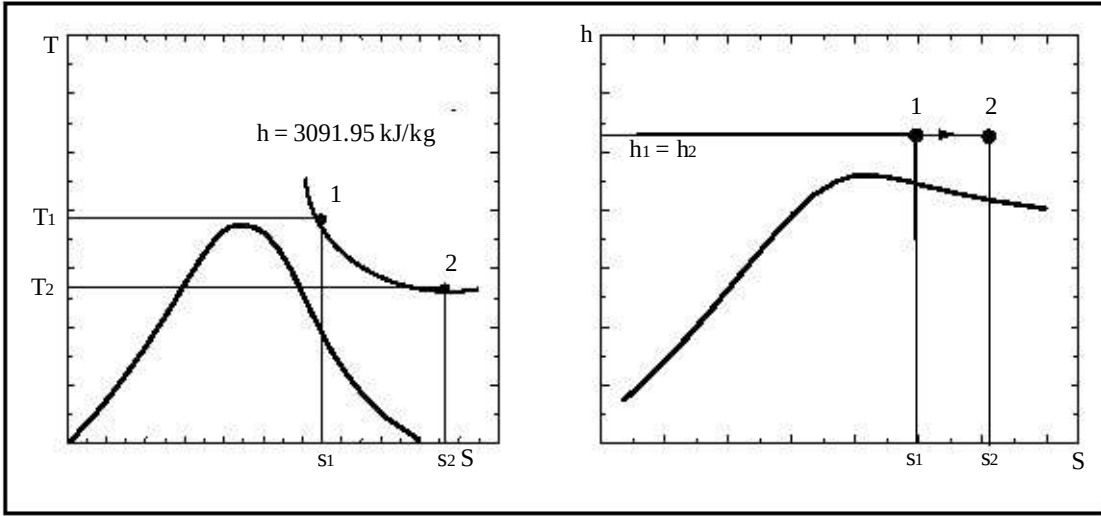
## Çözüm

Termodinamiğin ilk yasası; kısma prosesiyle ilgili iş ya da ısı transferi olmadığı için prosesin izantropik olduğunu ortaya çıkarır:

$$0 = m_1(H_2 - H_1) \Rightarrow H_2 = H_1 \quad \text{Denklem 7.21}$$

Özellik tabloları aracılığıyla elde edilen özel entropi ve entalpi:

- ☐  $P_1$  ve  $T_1$ :  
 $h_1 = 3091.95 \text{ kJ/kg}$  ve  $s_1 = 6.58 \text{ kJ/kg K}$
- ☐  $P_2$  ve  $h_2 = h_1$   
 $T_2 = 319^\circ\text{C}$   
 $s_2 = 7.30 \text{ kJ/kg K}$



Şekil 7.3: örnek buhar kısma prosesinin T-S ve h-S diyagramları

Özel akış ekserjisi aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$e = H - T_0 s \quad \text{Denklem 7.22}$$

$T_0 = 273 \text{ K}$ , potansiyel ve kinetik enerji göz ardı edilebilir. Bu yüzden:

$$\square \quad e_1 = 3091.95 - 273 \times 6.58 = 1295.61 \text{ kJ/kg}$$

ve

$$\square \quad e_2 = 3091.95 - 273 \times 7.30 = 1099.05 \text{ kJ/kg}$$

Bu proses tamamen geri dönüşmezdir. (mekanik dönüşmezlik). Sistemin ekserji dengesiyle ekserji kaybı telafi edilir. Isı ya da iş transferi olmadığından ekserji dengesi düşer:

$$I = m(e_1 - e_2) = 45000 \text{ kg/h} \times \frac{1}{3600} \text{ s/h} (1295.61 - 1099.05) = 2457 \text{ kW} = 2.457 \text{ MW}$$

## 7.2.2 Durum 2. Isı değıştirciler

Isı değıştirciler iki buharın ısıyı değıştirildiğı araçlardır. Her ısı transferi sıcaklık farkının bir sonucudur ve bu yüzden entropi üretimi ve ekserji tahribatı ile yakından alakalıdır. Bu yüzden minimum ekserji kaybı ile maksimum ısı transfer verimliliğı fikri arasında tutarsızlıklar bulunmaktadır. Şekil 7.4'te görüldüğü gibi ters akışlı ısı değıştirici, sıcak sıvı  $T_{1,in}$  de olduğunda,  $T_{1,out}$  e soğutulur. Böylece  $T_{2,in}$  den  $T_{2,out}$  ye ısıtma sağlayan soğuk sıvıya ısı gönderir. Prosesteki ekserji kaybı aşağıdaki gibi hesaplanır:

Kinetik ve potansiyel enerjideki değışiklik göz ardı edilebilir. iş ilişkisi mevcut değildir. ilk tahmin olarak basınç düşüşü göz ardı edilebilir ısı değıştircide meydana gelen geri dönüşmezlik aşağıdaki gibidir:

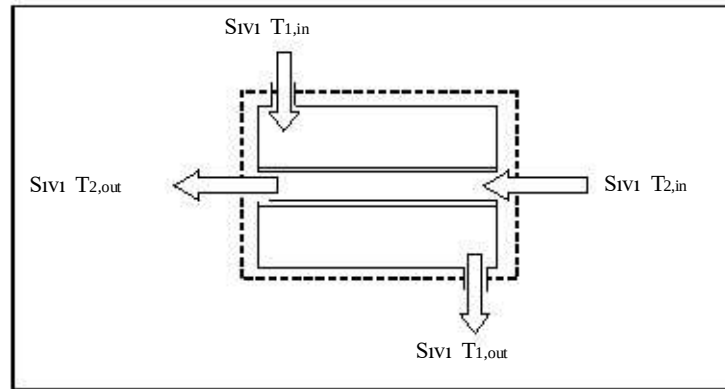
$$I = (e_{1,in} + e_{2,in}) - (e_{1,out} + e_{2,out}) = (h_{1,in} + h_{2,in}) - (h_{1,out} + h_{2,out})$$

$$-T[(S_{1,in} + S_{2,in}) - (S_{1,out} + S_{2,out})] = T_0 [m_1 C_{p1} \ln \frac{T_{1,out}}{T_{1,in}} + m_2 C_{p2} \ln \frac{T_{2,out}}{T_{2,in}}] \quad \text{Denklem 7.23}$$

Yukarıdaki denklemden anlaşıldığı üzere  $I$  her zaman pozitifdir ve ters akışlı ısı değıştircide ve paralel akışlı alt ve üst değıştirici arasında sıvıların giriş ve çıkışlarındaki sıcaklık farkı sonucunda artar. Herhangi bir durumda ters akışlı ısı değıştirici ekserji açısından eşzamanlı değıştiriciden (paralel-akış) daha iyidir çünkü benzer sıcaklıkta ekserji sisteme yayılır.

Isı değıştircilerde yer alan geri dönüşmezlikler iki faktöre bağlıdır: ısı transferi sıcaklık farkıyla ve sıvı sirkülasyonu sonucunda basınç kaybıyla gerçekleşir. Hem sıvı friksiyonu hem de geri dönüşmez ısı transferi sıvı akışının azaltılmasıyla düşürülebilir. Ancak ısı değıştirciden aynı etkiyi almak için daha geniş transfer alanı gereklidir. Örneğin, daha geniş ısı değıştirciler tasarlanmalıdır.

Ters akışlı ısı değıştircinin kullanımının tüm işletmeye yayılması, ısıtılacak ya da soğutulacak tüm akışlara dağıtılması sonucunda ısıнын akmak zorunda olduğu sıcaklık değışimi oldukça azdır. Bu da proseslerin enerji entegrasyonuna ve enerji kaskadlarının kullanılmasına yol açar. Bu, ısı değışimi ağlarının entegrasyonu için geliştirilmiş pinç metodu felsefesidir. Entegrasyon, güç devrelerine ve dondurucu devrelerine verimli bir şekilde yayılabilir. Özetle bu prosedür, değeriendirilebilecek termodinamik ve teknik koşullar altında daha düşük buhar (ya da herhangi bir ısı kaynağı) ve daha düşük soğutma suyu tüketimi (ya da herhangi bir soğutma kaynağı) sağlar.

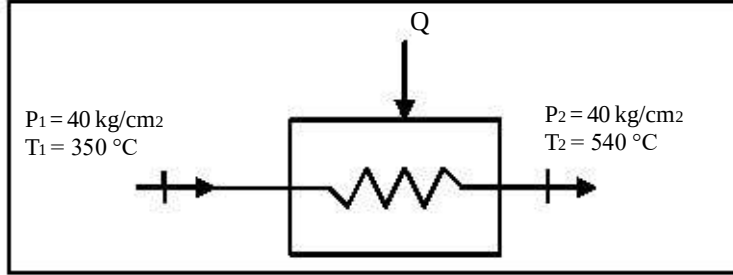


Şekil 7.4: ısı değıştircinin ters akışlı



## Sayısal örnek

Kazan ara ısıtıcısında (bkz. Şekil 7.5), 1 100 000 kg/saat buhar 40 kg/cm<sup>2</sup> basınçta 350' den 540 °C ye kadar ısıtılır. Buhar tarafından absorbe edilen ısı yakma prosesindeki eksoz gazlarından gelir. ısı transferinin gerçekleştiği ortalama sıcaklık 1000 °C'dir. Şekil 7.6'da proses T-s ve h-s diyagramlarında kabataslak olarak gösterilmiştir. Buhar tarafından absorbe edilen ısı ve ekserji kayıpları belirlenir.



Şekil 7.5: buhar akışının ara ısıtma prosesi

## Çözüm

Şekil 7.5'te yer alan sistemin enerji dengesi:

$$\square \quad m(h_2 - h_1) = Q$$

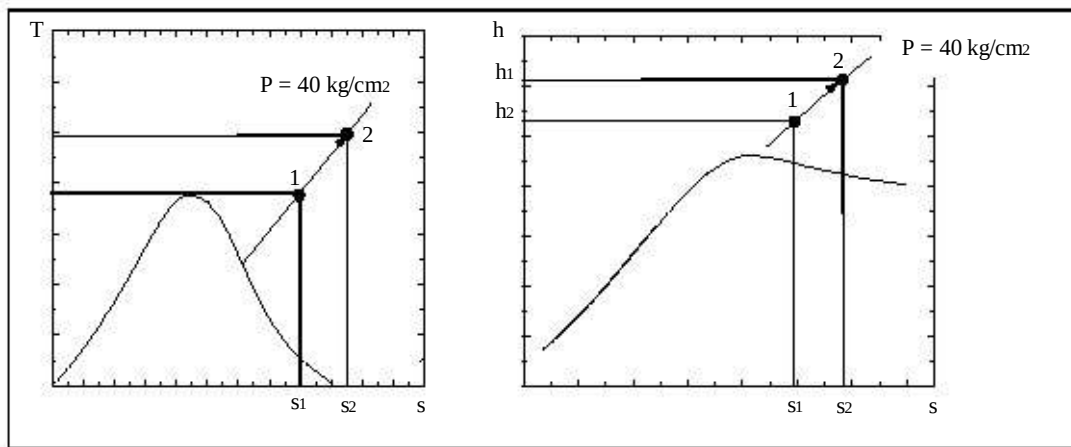
özellik tabloları aracılığıyla elde edilen özel entalpi ve entropi :

- $\square$   $P_1$  ve  $T_1$ :  
 $h_1 = 3091.95 \text{ kJ/kg}$  ve  
 $s_1 = 6.58 \text{ kJ/kg K}$
- $\square$   $P_2$  ve  $T_2$ :  
 $h_2 = 3530.85 \text{ kJ/kg}$  ve  
 $s_2 = 7.21 \text{ kJ/kg K}$ .

Böylece elde edilen ısı transferi:

$$\square \quad Q = 11\,100\,000 \times (3530.85 - 3091.95) = 438,9 \text{ kJ/kg} = 482,7 \times 10^6 \text{ kJ/sa}$$

T-s ve h-s diyagramları Şekil 7.6'da gösterilmiştir:



Şekil 7.6: örnek buhar ara ısıtma prosesinde T-s ve h-s diyagramları

Özel akışlı ekserji aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$e = h - T_0 s$$

$T_0 = 273 \text{ K}$ , potansiyel ve kinetik enerji göz ardı edilebilir. Yani:

$$e_1 = 3091,95 - 273 \times 6,58 = 1295,61 \text{ kJ/kg}$$

ve

$$e_2 = 3530,85 - 273 \times 7,21 = 1562,52 \text{ kJ/kg}$$

Ortaya çıkan ekserji kaybı ise:

$$I = \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \dot{Q} - \dot{W} + m_1(e_1 - e_2) \Rightarrow$$

$$I = \left(1 - \frac{273}{1273}\right) 482,7 \times 10^6 + 1,1 \times 10^6 (1295,61 - 1562,52) = 85,82 \times 10^6 \text{ kJ/h} = 23,84 \text{ MW}$$

### 7.2.3 Durum 3. Karıştırma prosesleri

Sıvıları farklı bileşenlerle ya da sıcaklıkla karıştırma işlemi sanayide yaygın olarak kullanılan bir prostestir. Bu konsept; sıcaklık kontrolü için temperleme proseslerini, kalite kontrolü için proseslerin karıştırılmasını, arıtma prosesleri için maddelerin karıştırılmasını ve damıtmayı kapsar.

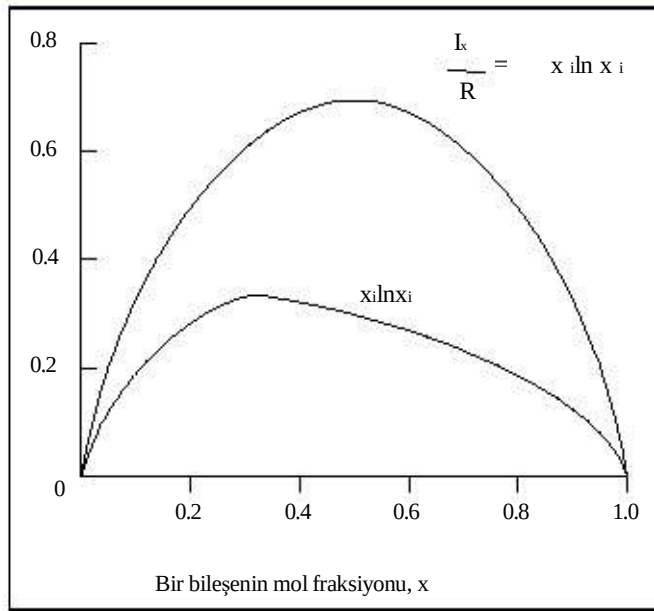
Örneğin; aynı sıcaklıkta aynı basınçta ve  $n_1$  ve  $n_2$  de farklı ideal gazların diyabatik karışımı her bir akışım mol sayısına eşittir. Karıştırma prosesindeki entropi üretimi her bir gazın entropi artışına denk gelir. Bunun sebebi bu gazların  $P'$  den karışımın yeni kısmi basıncına doğru genleşmesidir.

$$\sigma = \frac{1}{n_1 + n_2} \left[ n_1 R \ln \frac{P_1}{P} - n_2 R \ln \frac{P_2}{P} \right] = -R \sum x_i \ln x_i \text{ (J/K)}$$

$$P_i = x_i P_i \text{ ve } x_i = \frac{n_i}{\sum n_i} \text{ ekserji kaybı şu şekilde hesaplanır}$$

$$I = T_0 = -RT_0 \sum x_i \ln x_i \quad (J) \quad (J)$$

Bu ifade daima pozitifdir ve  $x_i = 0,5$  değerine göre simetriktir.  $x_i$  sıfır eğiliminde ise bu değer de sıfır eğiliminde olur. (maksimum saflık). Şekil 7.7'de  $I/RT_0$  karşısında  $x_i$  karışımındaki bileşenlerden birinin molar fraksiyonu gösterilmektedir.  $x_i = 0$  olduğunda maksimum ekserjiye ulaşılır. Ancak bu koşullar altında her iki bileşeni de ayırmak nispeten daha kolaydır. Karışım saflaştırıldığı için ayrılan bileşenin mol başına ekserji kaybı artar.



Şekil 7.7:  $I_k/RT_0$  karşısında karışımdaki bir bileşenin Molar fraksiyonu

ikili sistem için geri dönüşmezlik =

$$I = RT_0 [x \ln x + (1-x) \ln (1-x)] \quad \text{ve} \quad \frac{dI}{dx} = RT_0 \ln \frac{1-x}{x}$$

Bu türevin bazı değerleri Tablo 7.1’de yer almaktadır:

| x         | $I/RT_0$              | $(1/RT_0) dI/dx$ |
|-----------|-----------------------|------------------|
| 0.10      | 0.325                 | 2.20             |
| 0.01      | 0.056                 | 4.96             |
| $10^{-3}$ | $7.91 \times 10^{-3}$ | 6.91             |
| $10^{-4}$ | $1.02 \times 10^{-3}$ | 9.21             |

Tablo 7.1: Türevlere ilişkin bazı değerler

Bu türev ürün saflığını artırmak ve kirlenim kolaylığını azaltmak için gerekli işe odaklanmaktadır. Diğer bir deyişle, bir ürünün ekserji değeri bu türevle yakından alakalıdır. Çoklu bileşen karışımları aynı şekilde hareket eder. Eşmolar karışımlar için gerçekleşen  $-x_i \ln x_i$  fonksiyonunun maksimum değeri Tablo 7.2’de yer almaktadır.

| N | $\sum -x_i \ln x_i$ | N  | $\sum -x_i \ln x_i$ |
|---|---------------------|----|---------------------|
| 2 | 0,693               | 5  | 1,609               |
| 3 | 1,099               | 7  | 1,946               |
| 4 | 1,386               | 10 | 2,302               |

Tablo 7.2: Karışımlar için maksimum değerler

Karışım bileşenlerinin sayısı arttıkça geri dönüşmezlik etkileri daha fazla olmaktadır. Bu fikirler karıştırma proseslerinde enerji tasarrufu sağlamak amacıyla bir dizi önerinin sunulmasına katkı sağlamıştır. Birincisi ve en önemlisi karıştırma işlemlerinden mümkün olduğunca uzak durmaktır. Yüksek kaliteli buhar ya da çok saf madde elde etmek daha (düşük kaliteli (enerji kaybı sıfır olsa dahi) akışla birleştiğinde kaybolan) büyük miktarda ekserji gerektirir. İkinci olarak belirli bir ürünün kalite özellikleri aşılmamalı ve bu özellikler aşıldığında asla düşük kalite akışlarıyla karıştırılmamalıdır.

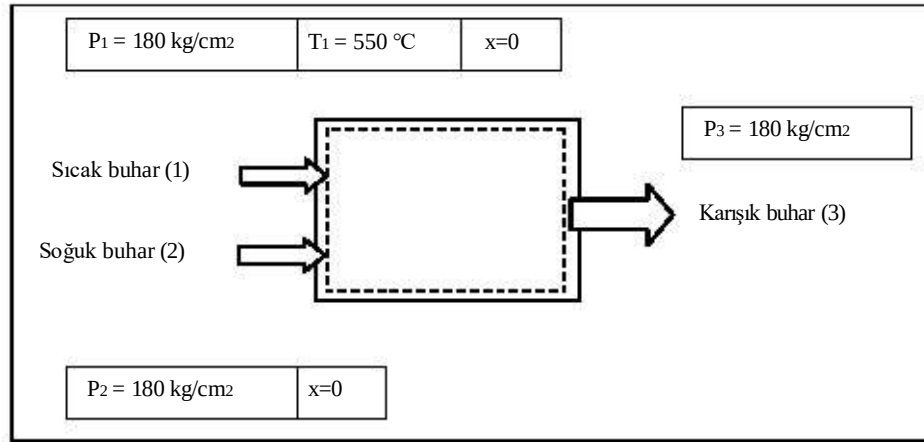
Bu yolla %0,1 saflığa sahip ürün diğer %0,1 oranında saflığa sahip ürünle eş molar olarak karıştırıldığında son ürünün saflık oranı %0,55 olacaktır. Ancak bu ürünün ekserji değeri bireysel akışlara oranla ciddi derecede düşecektir. Çünkü bu türevle alakalı bir durumdur (ortalama bileşen değeri değil)

Ürünlerin birtakım kalite özellikleri gözden geçirilmeli ve mümkünse daha “makul” hale getirilmelidir. Bu durum kimya sanayinde karşımıza çıkar. Kimya sanayinde ortalama saflığa ulaşmak için kısmen artırılmış maddelerin iki paralel birimden gelen saflaştırılmış ürünlerle ya da ürün karışımlarıyla karıştırıldığı görülür.

#### Sayısal örnek

Belirli bir ekipmanın sıcaklık tasarım özelliklerinin elde edilmesi amacıyla 180 kg/cm<sup>2</sup> basınçta 550 °C sıcaklığa sahip buhar akışı 180 kg/cm<sup>2</sup>’lik doyurulmuş sıvı ile karıştırılır. (bkz. Şekil 7.8).

Şekil 7.9’da buhar kütle akışı 1 100 000 kg/saat ve sıvı kütle akışı 30 000 kg/ saat olduğunda karışımın son sıcaklığı ve ekserji kaybının belirlendiği gösterilmektedir.



Şekil 7.8: İki akışın karışım haznesi

#### Çözüm

sistemin kütle dengesi:

$$m_1 + m_2 = m_3$$

prosesle giden iş ya da ısı transferi olmadığından, kinetik ve potansiyel enerji sıfır olarak kabul edilir ve enerji dengesi düşer:

$$m_1 h_1 + m_2 h_2 = (m_2 + m_1) h_3$$

P<sub>1</sub> ve T<sub>1</sub>’de özellik tablosu aracılığıyla elde edilen özel entalpi ve entropi:  
h<sub>1</sub> = 3414.2 kJ/kg ve s<sub>1</sub> = 6.41 kJ/kg K. Soğuk buharda doyurulmuş sıvı için

(2), durumu sabitlemek amacıyla yalnızca bir özellik gereklidir(bu durumda basınç): ( $h_2 = 1717.06$  kJ/kg ve  $s_2 = 3.85$  kJ/kg K. Aşağıda uygulanmış enerji dengesinden:

$$h_3 = \frac{1.1 \times 10^6 (3414.2) + 30 \times 10^3 (1717.06)}{1.13 \times 10^6} = 3369.14 \text{ kJ/kg}$$

$h_3$  ve  $P_3$ ,  $T_3 = 534$  °C ve  $s_3 = 6.35$  kJ/kg K ile karıştırılmış buhar (3) .  
özellik tabloları yardımıyla özel entalpide ve entropide değişiklikler yapılabilir.  $T_0 = 273$  K , potansiyel ve kinetik enerji göz ardı edilebildiğinde özel akış ekserjisi hesaplanır. Yani:

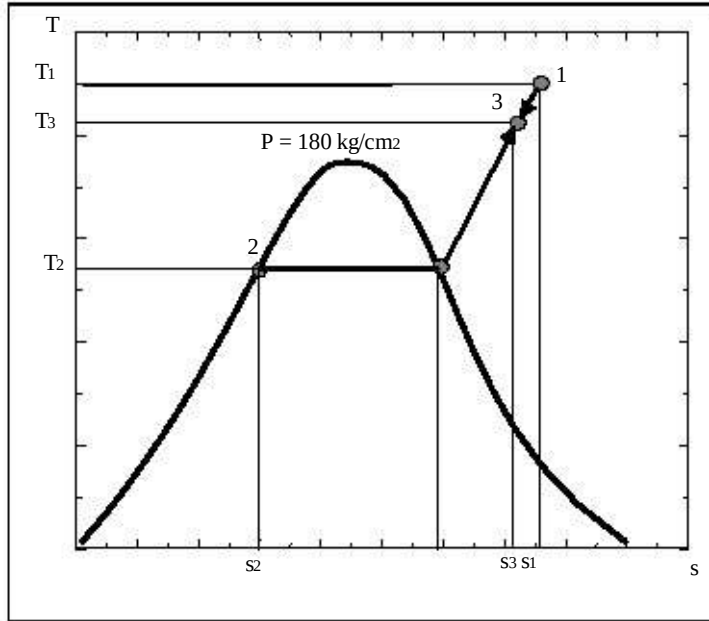
|                       |                      |    |                       |
|-----------------------|----------------------|----|-----------------------|
| $e_1 = 1664,52$ kJ/kg | $e_2 = 666,67$ kJ/kg | ve | $e_3 = 1634,55$ kJ/kg |
|-----------------------|----------------------|----|-----------------------|

ekserji dengesiyle geri dönüşmezlik elde edilebilir:

$$I = m_1(e_1 - e_3) + m_2(e_2 - e_3) \Rightarrow$$

$$I = 1.1 \times 10^6(1664,52 - 1634,55) + 30 \times 10^3(666,67 - 1634,55) = 3,76 \times 10^6 \text{ kJ/sa} = 1,04 \text{ MW}$$

T-s diyagramı Şekil 7.9'da gösterilmiştir:



Şekil 7.9: örnek karıştırma prosesine ilişkin T-s diyagramı

Üç durum çalışmasına yönelik değerlendirme

geri dönüşmezlikler geliştirilebilir enerji sistemi etkileridir. Sınırlı basınçtan, sıcaklıktan ve/veya kimyasal farklılıktan kaçınmanın yanı sıra yetersiz enerji tasarımlarına dekuplaj talebi ve temini neden olmaktadır. Enerji verimli sistemlerde süre önemli bir rol oynamaktadır. Enerji sistemleri kendi ortamlarında dengeye ulaşmak amacıyla basınçlarının kendiliğinden düşürürler. Bunu engelleyecek iki strateji vardır:

- ☐ Bağışçı enerjiyi vakit kaybetmeden alıcı ile eşleştirmek
- ☐ depolama: basınç için sistemi kalın duvarlarla çevirmek, sıcaklık için adiabatik duvarlarla çevirmek ve /veya kimyasal sistemleri yarı kararlı konuma uyarlamak

diğer bir deyişle, sistemleri zaman içerisinde yoğun özelliklerini koruyacak rezervlere uyarlamak

## 7.3 Enerji verimliliği uygulamalarına ilişkin örnekler

### 7.3.1 Etilen kırıcı

Etilen kırıcılar, polimer sanayinde başlıca besleme stoğunu oluşturan ve rafineriden gelen propilen ve etilenden alınan besleme stoğunu dönüştürür. Etilen kırıcılar enerji yoğunluğuna sahiptir. Enerji masrafları bir birimin işletim masraflarının %50'sinden fazladır.

Besleme stokları (Fi) nafta, LPG ve rafinerilerden gelen gazyağıdır. Başlıca ürünler ise (P<sub>1</sub>) etilen ve propilendir. Ancak sanayi içerisinde kıyaslama amacıyla ana ürüne üç adet değeri yüksek ürün eklemek yaygındır: bütadiyen, benzen ve hidrojen. Aslında bütadiyen ve benzen bir kırıcıda saf ürünler olarak ortaya çıkmaz. Bütadiyen C<sub>4</sub> buharının ve kırıcı petrol buharının benzeninin bir parçasıdır. Bunlar genellikle etilen kırıcıların bir kısmını oluşturan çıkarım birimleridir.

Genellikle bu değeri yüksek ürünlerin etilene oranları sınırlı düzeyde değişiklik göstermektedir (1.7 ve 2.3 arasında) . Bu oran ayrıca kırma koşullarına ve besleme stoğu kalitesine/çeşidine bağlıdır.

Finansman işlemlerinin genellikle etilen üretimiyle sürdürüldüğü tesisler için daha makul bir enerji göstergesi; değeri yüksek kimyasalların üretimi yerine etilen üretimini uygulayarak enerji kullanımını bölmeyi amaçlar.

#### Enerji vektörleri

- ☐ buhar: etilen kırıcının çeşitli buhar seviyeleri bulunmaktadır. (yüksek basınç seviyesi yaklaşık 100 barg, orta basınç seviyesi 20 barg ve düşük basınç seviyesi 4 barg). Yapıya bağlı olarak kırıcı bazı düzeylerde buhar ithal eder ve bazı düzeylerde ise buhar ihraç eder.
- ☐ elektrik: kırıcıların büyük bir kısmı elektrik tüketicileridir. Kojenerasyonla teçhiz edilenler ise elektrik net ihracatçılarıdır. Sanayi içerisinde farklı tesisler kıyaslanırken %37,5'lik dönüşüm faktörünün elektriği birinci enerjiye dönüştürmesi amaçlanır.
- ☐ Sıcak su: kırıcıların büyük bir çoğunluğu büyük miktarda sıcak su üretir. Ancak, birçok durumda bu sıcak suyun sıcaklığı diğer tesisler tarafından kullanılamayacak kadar düşüktür. Bazı durumlarda ise diğer tesislerle ve dış tüketicilerle entegrasyon kurmak mümkündür. Bu durumda bu kalorilerin ihraç edilmesine gereken özen gösterilmelidir. Bu yüzden enerji verimliliğinin geliştirilmesi “bağımsız” koşullarla belirlenir yani incelemeye tabi olan birimin “kendine özgü” performans özelliklerinden bağımsızdır. Bu birimde ek birincil enerjiyle doyurulacak çıktı buharının kullanılmasına yönelik imkanlar vardır. Sonuç olarak aynı “kendine özgü performansa” sahip iki birimden biri kendi çıktı buharı için enerji kullanımı sağlıyorsa bu iki birim birbirinden farklı olarak sınıflandırılabilir. (ısı entegrasyonu)
- ☐ yakıt: kırıcıların büyük bir kısmı sıvı yakıt(piröliz sıvı yakıt) ve gazlı yakıt (metanla zenginleştirilmiş karışım) üretir. Gazlı yakıtların çoğu etilen kazanlarını yakmak için geri dönüştürülür. Yapıya ve işletim moduna bağlı olarak üretilen gazlı yakıt tüm kazanları yakmak için yeterli olabilir. Gazın geri kalanı ise ihraç edilir ya da dış yakıtın (genellikle doğal gaz) ithal edilmesi gerekir.
- ☐ Etilen kırıcı tarafından tüketilen yakıt enerji dengesinde dikkate alınır. ihraç edilen yakıtın tümü ürün olarak sayılır. (yakıt değeri besleme stoğunda daha önceden mevcut olduğu için bu durum mantıklıdır)
- Soğutma suyu: tüm kırıcılar soğutma suyu kullanır. Bazen soğutma kuleleri etilen kırıcının bir parçasıdır. Ancak bu soğutma suyu diğer üretim birimlerine de soğutma suyu temin eden soğutma kulelerinden gelir. Bu durumda soğutma suyu üretimine ilişkin enerji prosesin enerji verimliliği hesaplanırken rapor edilmez.

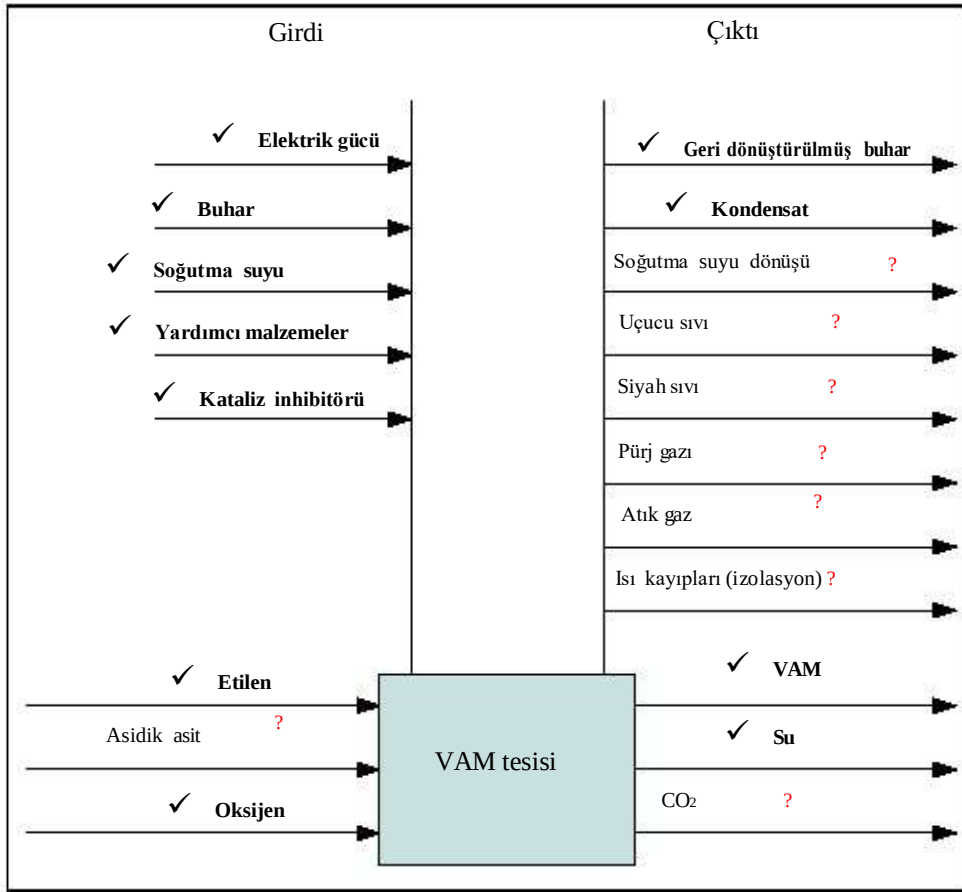
- Etilen prosesleri ayrıca  $N_2$  ve sıkıştırılmış hava gibi yardımcı malzeme kullanır. Bu yardımcı malzemeler genellikle tesiste ya da üçüncü tarafça üretilir. Bu yardımcı malzemelere ilişkin enerji genellikle ölçülmez.

### 7.3.2 Vinil asetat monomer (VAM) üretimi

Enerji yoğunluğu faktörünü (EIF) hesaplamak için önerilen bileşenlerin bir kısmı her proses için uygun olmayabilir. Bu sebeple en önemli ihtiyaçlara göre değişiklik yapılır.

Örnek olarak vinil asetat monomeri gösterilebilir (VAM). VAM'ın çeşitli bileşenleri hesaplanmamıştır ya da ölçülmemiştir. (Şekil 7.10'da yer alan ? işaretleri) Ancak diğer bileşenler kolaylıkla hesaplanabilir. (diğerleri ise kolaylıkla belirlenebilir.

✓ (ile işaretlenenler)



Şekil 7.10: Vinil asetat monomer tesisi (VAM) için girdi ve çıktılar

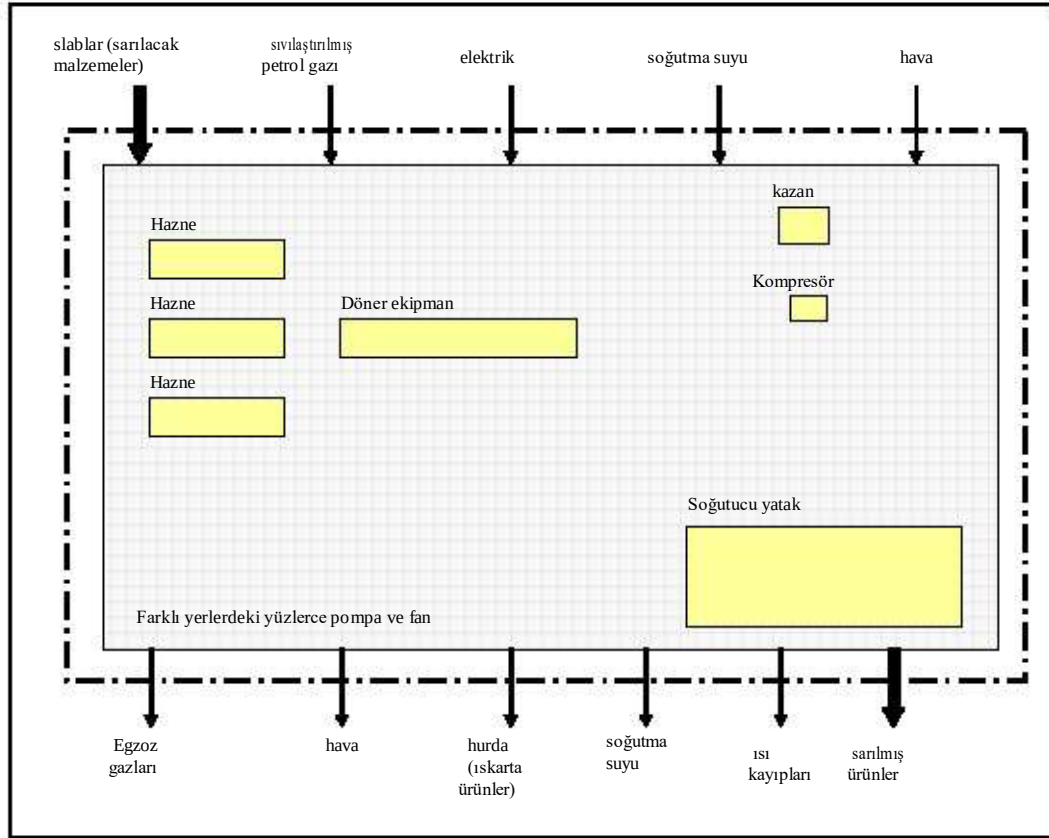
Soğutma suyu dönüşü ve izolasyonu aracılığıyla ısı kayıpları EIF ya da EEI'de asla hesaplanamaz. Atık gaz ve pürj gazı ısı geri kazanımı olmadan yakılırsa hesaplanamaz. Bu terimler için bu kayıpları ya da atık buharları azaltmak için gerekli ekonomik potansiyelleri doğrulayacak büyüklük sırasında göre bir bakış açısı getirmek uygun olabilir.

Bunun aksine, diğer proseslerde atık ve/veya pürj gazı kıymetlendiriliyorsa uçucu ve siyah sıvılar gibi diğer terimlerin daha fazla aydınlatılması gerekir. Önerilen modelde bu buharların yakıt içeriğinin besleme stoğunda mevcut olduğu varsayılarak buharlar dahil edilmemiştir. Ancak bu terimlere karşılık bulma görevi operatöre aittir.

### 7.3.3 Çelik işlerinde döner sıcak mil

Döner mil besleme yaklaşık 2 çap kalınlığında olan (birkaç milimetre kalınlığında bantlara sarılacak) düz ve çelik levhalardan oluşur. Döner mil haznelerden, döner mil ekipmanlarından, soğutucu ekipmandan ve pompa, fan, hidrolik ve yağlama sistemi, aydınlatma, mekanik atölye, değiştirme odaları gibi birimlerin içinde bulunduğu destek sistemlerinden oluşur.

Döner milin akış tablosu Şekil 7.11’de yer almaktadır.



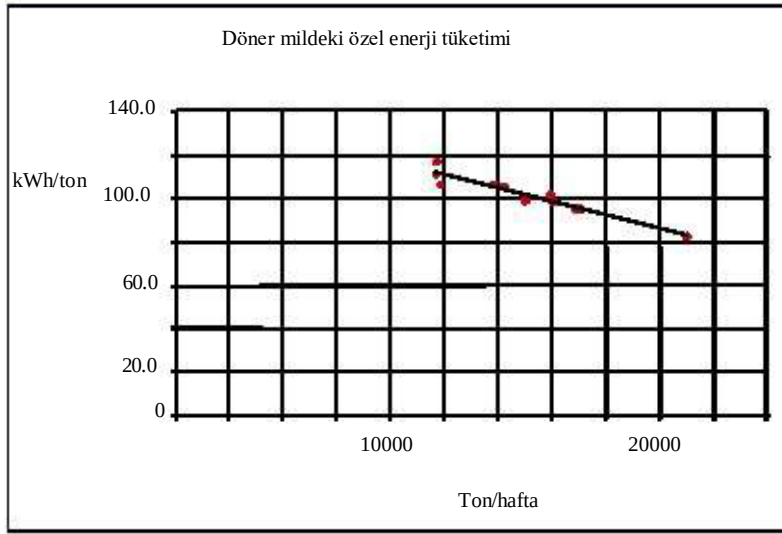
Şekil 7.11: döner mil akış tablosu

Bu durumda çeşitli ve farklı birincil enerji kaynakları bulunmaktadır. ancak elektrik enerjisinin kullanılmasına ilişkin tartışmalar sınırlandırılmıştır. Döner mildeki elektrikle çalıştırılan bileşenlerin binden fazladır.

Elektrik enerjisi tüketimi güvenilir elektrik ölçerlerle hesaplanabilir. Çelik üretimi; sarılan ve onaylanan son ürünlerin ağırlığı ya da döner mile giren slabların ağırlığı anlamına gelebilir. Farklılıklar, döner mildeki farklı aşamalarda azalan hurda ağırlığına denk gelmektedir.

11 hafta boyunca mevcut döner milden alınan veriler analiz edilmiştir ve buna ilişkin sonuçlar Şekil 7.12’de gösterilmiştir. Her hafta üretilen ürün miktarına (ton) bağlı olarak elde edilen ton başına enerji tüketimi 80 ile 120kWh arasında değişir. Ortalama tüketim 100 kWh/ton ve değişkenlik  $\pm 20$  oranındadır. Bu süre boyunca herhangi bir enerji tasarrufu önlemi alınmamıştır.





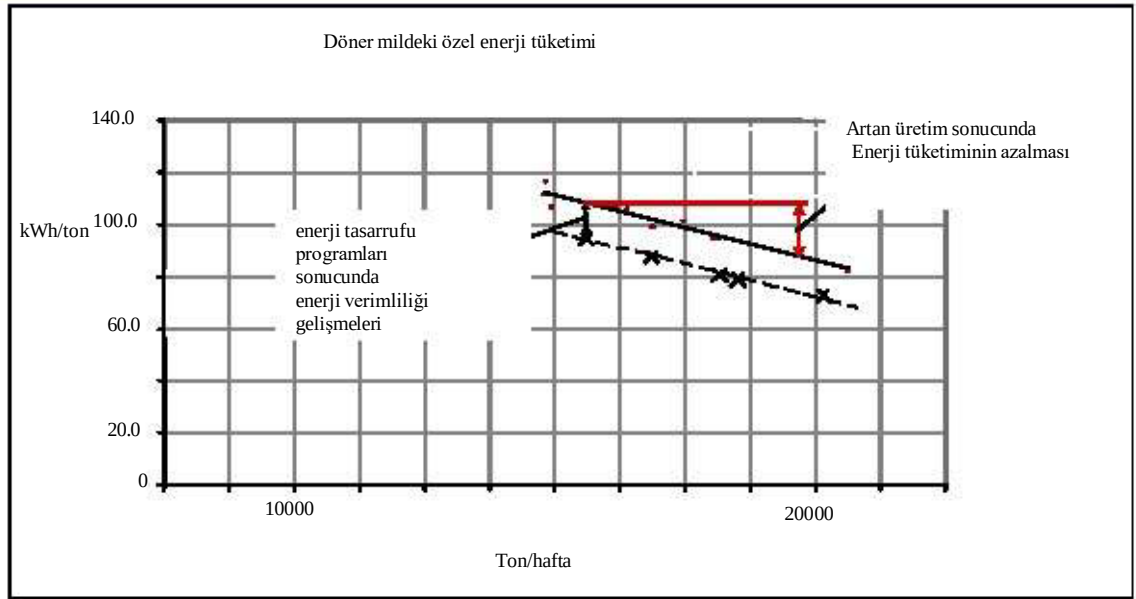
Şekil 7.12: döner mildeki özel enerji tüketimi

Üretim oranının artırılması sonucunda özel enerji tüketiminin azaltılması oldukça doğaldır ve buna sebep olan iki etmen vardır:

- ☐ Üretim oranının yüksek olduğu esnada üretim ekipmanı uzun süre boyunca çalışır durumdadır. Bu da bekleme süresinin daha kısa olması anlamına gelir. Üretim olmadığı dönemlerde bile bazı ekipmanlar sürekli olarak çalışır. Üretim olmadığı sürelerin kısalması durumunda bu tür enerji tüketimi daha da azalır. Ürün kapasitesinin kullanımına bağlı olmayan enerji tüketiminin bir temeli vardır. Bu tüketim; aydınlatmanın, havalandırma için fanların ve ofis malzemelerinin kullanılmasıyla alakalıdır. Yüksek üretim oranları elde edildiğinde tüketim birkaç tondan fazla olarak artacaktır.

Artan üretim oranıyla özel enerji tüketimindeki düşüş şirketin kontrolünün dışında olan market koşullarındaki dalgalanmalara bağlıdır.

Enerji verimliliğini artıracak program döner milde gerçekleştirilir. Enerji tüketimini azaltmak amacıyla alınacak birtakım önlemler ve bu önlemlerin sonuçları Şekil 7.13'te yer almaktadır. Sonuçların, büyük oranda üretim oranına bağlı olduğu görülmektedir. Şekil 7.13'te görüldüğü gibi kapasite kullanımı gibi diğer faktörler sebebiyle ortaya çıkan sonuçlar ile tasarruf çabalarının sonuçlarını ayırmak mümkündür.



Şekil 7.13: Döner mildeki özel enerji tüketimindeki değişiklikler

Özel enerji tüketimini aydan aya ya da yıldan yıla kıyaslarken yorumlama konusunda bazı sıkıntılar ortaya çıkabilir. Özel enerji tüketimi alınan enerji tasarrufu önlemleri sonucunda dönemler arasında değişiklik gösterebilir. Bu durumda bu önlemin etkileri, düşük üretim oranları dolayısıyla enerji tüketimindeki artışı telafi edebilecek kadar büyük değildir.

## 7.4 Enerji verimliliği yönetim sistemlerinin uygulanmasına ilişkin örnekler

Örnek 1: Aughinish Alumina (AAL), İrlanda [161, SEI, 2006]

Aughinish Alumina (AAL) Avrupa'nın en büyük alumina rafinerisidir. Boksit cevherini arıtarak yılda 1.6 milyon tondan fazla alumina üretir. Bu ürün daha sonra alüminyum için işlenmek amacıyla eriticilere ihraç edilir. Tesis Aughinish adasında yer almaktadır, İrlanda'nın en büyük enerji kullanıcısıdır ve bünyesinde 400 kadar personel bulunmaktadır. alumina arıtma enerji yoğunluklu bir prosesdir toplam masrafin %30'una denk gelen enerjiye sahiptir.

Şirket, Sustainable Energy Ireland (SEI) in ENEMS'in uygulanmasına yönelik önerilerine karşılık vermiştir. Seçilen sistem Danimarka DS 2403 sistemidir (İrlanda IS 393 bu temele dayandırılmıştır ve ardından yayımlanmıştır.) Şirket, enerjiyi geliştirmek ve enerji ile ilişkili masrafları düşürmek için sistematik ve yapısal bir yaklaşımın garanti altına alacak standart bir sistem belirlemiştir. DS 2403, ISO 14001'e çok benzer, en büyük faydası budur çünkü mevcut ISO 14001 prosedürlerine uyum sağlamak için ENEMS'lerin şekillendirilmesinden biraz daha fazla çaba gerektirir.

Danimarkalı danışmanlar ön değerlendirme ve denetleme yapmıştır. Standartlara uyum sağlamak için gerekli olacak faktörleri belirlemişler ve eksikliklere yönelik analizler gerçekleştirmişlerdir. Gerekli sistemleri geliştirmek için tam zamanlı enerji yöneticisi yetkilendirilmiştir. AAL'nin mevcut ve kapsamlı bir ölçüm sistemi vardır. Problemlerin açığa çıkarılması ve fırsatların belirlenmesi için raporlama prosedürlerinin ve resmi görüşlerin oluşturulmasına yönelik uygun verilerin daha verimli bir şekilde kullanılmasına önem verir.

Standart gerekliliklerinden doğrudan etkilenen çalışmaları gerçekleştiren tüm mühendisler, bakım ve satın alma personeli işletim sürecine yönelik bir günlük eğitim programından geçirilmelidir. Geriye kalan 400 personel daha genel konuları kapsayan bir saatlik "enerji bilinci" sunumuna katılır.

Belirlenen ve uygulanan faaliyetlere yönelik örnekler

- Geliştirilmiş ısı geri kazanımı  
Kabuk ısıtıcı ve tüplü ısıtıcılar; kazan besleme suyunu hava gidericiye girmeden önce 120 °C'ye kadar ısıtan rejeneratif buharı kullanır. Buhar hatlarındaki tortu birikimi nedeniyle ısıtıcıların performansı zamanla düşmüştür. Bu da bazı uyuşmazlıklara neden olmuştur. Ancak bu uyuşmazlıklar sonucunda sorunun en iyi şekilde çözülmesine katkı sağlayacak daha detaylı bir programın belirlenmesine yol açar. Termografik analiz ve basınç araştırmaları buhar hatlarında yüksek basınç düşüşü yaşanacak bölgeleri belirler. Hangi basınç düşüşünün göz ardı edilebilir olduğunu belirlemek için yapılacak detaylı hesaplamaların yanı sıra bu belge, yıllık tesis durdurma programı esnasında bir bölgede AAL'nin özel değişiklikler yapması gerektiğine işaret eder. Analizlerin doğru olduğu bilinmektedir ve değişimler enerji verimliliği gelişimi ile sonuçlanmıştır. Bu yaklaşım diğer bir bölgede başarılı olarak uygulanmıştır ve 2006'nın sonlarına doğru diğer alanların da değiştirilirken daha fazla gelişmenin gündeme gelmesi beklenmektedir.
- Girdi buharı için daha yüksek besleme sıcaklığı  
Kireç çamuru, çıkarım işlemini kontrol etmek amacıyla sindiriciye eklenir. Çamur sıcaklığı olabildiğince yüksek olmalıdır, aksi takdirde hedef sıcaklığa ulaşmak için sindiricinin kazandan gelen buhara ihtiyacı olur. 2005 yılının başında ortaya çıkan işletme sorunları düşük sıcaklıklarla ve uyumsuzlukla sonuçlanmıştır. Araştırma sonuçları sorunun çözümünde basit ve maliyeti düşük bir yöntem bulunmasına katkı sağlamıştır. Yalnız bu yöntem standartlar olmadan gerçekleştirilemez. AAL'nin toplam enerji faturaları kapsamında tasarruf az olsa da bu işlem gerçekleştirilmiş ve kireç söndürme makinasının işletimini geliştirmiştir.

Örnek 2:Outokumpu, Tornio çalışmaları, Finlandiya [160, Aguado, 2007]

Outokumpu, uluslararası bir şirkettir ve Tornio dünyanın en büyük entegre paslanmaz çelik üreten tesisidir. Kapasitesi 1.65 M tondur ve çalışan sayısı 2300'dür. Bu tesisler enerji verimliliği yönetimlerini ISO 14001 EMS ile entegre etmektedir. Bu entegrasyonda tesis içerisinde enerji tüketim raporlama işlemi 1 Aralık 2007'den önce hızlandırılacaktır. Bunlar, Ortak sorumluluğu ortaya koyan Dow Jones Sürdürülebilirlik Endeksi'nde yer almaktadır.

Diğer tesisler: Avesta, Degerfors ve Nyby enerji verimliliği MS sistemlerini 2006 yılında SS627750 ile sertifikalandırmıştır. Avesta'nın elektrik tüketimini %3 oranında 980'den 950 kWh/tona ve enerji verimliliğine yönelik tüketimi de (LPG) %2 oranında 608'den 596 kWh/tona düşürmeyi hedefleyen Aralık 2007 tarihli hedefleri bulunmaktadır. Degerfors, 2005 yılından itibaren sevkiyat alanında ısıtma için kullanılan enerjinin azaltılmasını hedeflemiştir. Sheffield (eritme) enerji grubuna ve enerji şampiyonuna sahip enerji yönetim sistemini kabul edecektir. Buna göre 2006 yılı kullanımının aksine üretim olmadığı dönemlerdeki enerji kullanımını %10 oranında düşürmeyi amaçlamaktadır. (Aralık 2007'den önce).

Örnek 3:The Dow Kimya Şirketi [163, Dow, 2005]

Dow Kimya şirketi altı adet işletim bölümü bulunan uluslararası bir şirkettir. 28 adet iş alanına 3200'den fazla ürüne ve yıllık 29.400 milyon Euro(1 dolar = 0.73416 Euro, 1 Ocak 2005) satış rakamlarına sahiptir. Dünya çapında 38 ülkede 208 üretim tesisinde 43.000 çalışanı bulunmaktadır. Bunların güç tüketimi 3500 MW'tır bunun %54'ü içeride üretilirken bu oranın %74'ü kojenerasyondur.

Dow mevcut olan yönetim sistemlerini, iş proseslerini ve sürekli gelişim araçlarını kullanır.

Küresel Yönetim Kurulu tarafından ortaya konulan hedefler: 1995 – 2005, her yıl %2 oranında enerji verimliliği gelişimi (referans yılı olarak 1994, toplam %20) 2005 – 2015 hedefleri 2005 yılında belirlenmektedir.

Strateji: uzun vadeli sürdürülebilirlik sağlama için iş birimlerinin stratejik planlama ve proje uygulama faaliyetlerinin bir parçası olarak enerji verimliliği ve enerji muhafazası hedeflerini de dahil etmeleri gerekir.

Dow'un enerji verimliliği uygulamaları Bölüm 2.1'de yer alan belirlenmiş yapı, iletişim, veri yönetimi, fırsatların belirlenmesi ve uygulanması gibi konuları içerir. Enerji verimliliği "en verimli teknoloji" gelişiminin bir parçasıdır ve uzun vadeli yatırımlarda uygun bir biçimde değerlendirilir. Pazarlama, beyin fırtınası ve güç aktarma yöntemlerine de başvurulur. Ayrıca Dow'daki tüm iş alanlarını destekleyen küresel enerji muhafazası lideri bulunmaktadır. Her bir bölge enerji verimliliği odak noktasına/liderine sahiptir. Bu liderler bu bölgede enerji verimliliği faaliyetlerini yürütürler ve ana aktarma merkezlerinde enerji muhafazasını teşvik eden takımları yönetirler.

Personelin yayımlanmış başarı hikayeleriyle, herkesi kullanabileceği enerji verimliliği araçlarıyla, bağımsız linklerle, tasarruf yarışmalarıyla ve diğer faaliyetlerle motive edilmesi amaçlanır.

Yapı entegre edilir, tesisteki enerji teşvik takımları uzlaştırılır ve liderlik belirlenir. Bu belirlemelerde "accross business envelope" yaklaşımı benimsenir. Bu da proses tesisi hedeflerinin şirket düzeyinde gerçek tasarrufların sağlanmasına bir yorum getirir, entegrasyonu maksimum düzeye çıkarır, tesisler arasında enerji kullanım sinerjilerini artırır, tesis düzeyinde ve planlamada fırsatların belirlenmesinin yanı sıra fikirlerin ve projelerin paylaşılmasını ve güç aktarımı sağlar.

En önemli faktör aşağıda yer alan maddelerle mevcut iş proseslerinin ve sürekli gelişim araçlarının kullanılmasıdır:

- ☐ Mühendislik/en verimli teknolojik enerji verimliliği çözümlerine odaklanma
- ☐ Bakıma/işletime/enerji takımlarına odaklanma
- ☐ yan ürün yakıtlarının/alternatif enerjilerin ve enerji yoğunluğunun raporlanmasının sürece dahil edilmesi (yan ürün yakıtların kullanımı yakıt verimliliği açısından olumsuz etki yaratabilir ancak diğer fosil yakıtlarla CO<sub>2</sub> salınımını azaltabilir, bu sebeple enerji verimliliğinde olumsuz bir etki olarak düşünülmemelidir. )
- ☐ Altı sigma uygulaması: bu, “iş azaltmak” ve “kazancı sürdürülebilmek” için veri tarafından yürütülen bir metottur ve sistematik “ölçüm- analiz- gelişim-kontrol” işlemlerini kapsar. Bu uygulama (diğerleri arasından) müşteri talep değerlendirmelerini, istatistiksel analizleri ve fırsatların birinci sıraya konmasını sağlayan araçları” kullanır. Gelişim uygulaması; değişim yönetimine, yönetim taahhüdüne ve iletişime odaklanır.

#### Başarılar

Dow özel enerji tüketiminde (Dow ve diğer petrokimya sanayi şirketleri tarafından enerji yoğunluğu olarak adlandırılır) hedeflenen %20 oranında düşüşü gerçekleştirmiştir. 13 849 kJ/kg dan 11 079 kJ/kg’a düşürülmüştür. (DOW’un toplam ürün karışımının kg’ı olarak hesaplanmıştır)

#### Özel gelişim örnekleri

##### Dow Central Almanya (beş bölge):

- ☐ Boehlen bölge buharının ve yakıt gazı dengesinin optimize edilmesi yıllık olarak CO<sub>2</sub> in azaltılmasıyla ve (yerel) enerji verimliliği gelişimiyle sonuçlanmıştır.
- ☐ havalandırılan/tutuşturulan hidrojeni en aza indirmek ve kimyasal ve yakıt tüketimini maksimum düzeye çıkarmak için iki bölge arasında (40 km uzaklıkta) hidrojen zarfı gelişim projesi başlatılmıştır. Bunun sonucunda kapalı hidrojen dengesi (en aza indirilen kayıplar) ve CO<sub>2</sub> azaltım önlemleri ortaya çıkmıştır.

##### Freeport tesisi, Texas, Amerika :

- ☐ motorla çalıştırılan sistemlerde elektrik tüketimini azaltmak amacıyla tesis genelinde bir program başlatılmıştır. işletim personelinin enerji tasarruf fırsatlarını değerlendirmesini, enerji kullanımı azaltmak için işletim prosedürlerini geliştirmesini ya da mühendislik alanında yapılacak değişikliklere yönelik fırsatlar belirlemesini sağlamak amacıyla bir araç geliştirilmiştir.

##### Terneuzen tesisi, Hollanda:

- ☐ güç ve yardımcı malzeme arasındaki buhar dengesinin ve olefin kırıcı üretim faaliyetlerinin optimize edilmesi daha az buhar kaybı ve daha verimli buhar azaltımı sağlamıştır.  
(türbin/indirgeme istasyonları)

## 7.5 Enerji verimliliği çekirdek proseslerine ilişkin örnek

Örnek 1: akrilamidlerin enzimli üretimi (Mitsubishi Rayon, Japonya)  
[164, OECD, 2001]

Klasik proseste hem başlangıç maddelerinin hem de ürün polimerizasyonunun engellenmesi için polimerizasyon inhibitörünün varlığında sülfürik asidin stokiometrik miktarlarının eklenmesiyle akrilonitril hidrolize edilmiştir. 1970’lerde geliştirilen heterojen bakır kataliz, sülfürik aside duyulan ihtiyacı ortadan kaldırır. Birçok avantajı vardır ve yaygın bir biçimde kullanılır.

Ancak, polimerizasyon teknolojisinde ve polimer uygulamalarında yaşanan gelişmeler yüksek oranda saflaştırılan akrilamid monomeri için yeni taleplerin gündeme gelmesine neden olmuştur. Kataliz prosesi ile üretilen ve yüksek kaliteli olarak bilinen akrilamidlerin, polimerizasyon reaksiyonlarını etkileyen az miktarda yan ürünler içerdiği görülmüştür. Medikal Araştırma Konseyi (MRC) yan ürünlerin seviyesini düşüren enzimatik akrilamid üretiminin geliştirilmesine başlamıştır. Bu gelişim geri kazandırılabilir devinimsiz tüm hücre katalizi kullanan hidrolizdir.

Birinci nesil mikrobun pilot ölçekli gelişimi; proses gelişimi ve kalite kontrolü için bir buçuk yılı kapsar. ikinci ve üçüncü nesiller için laboratuvar ölçekli testler, proses uygulamasını ve ürün kalitesinin sağlanması için yeterlidir. Genetiği değiştirilmiş organizmanın (GMO) geliştirilmesi işlemi ise ilgili teknolojilerin geliştirilmesi noktasında yaklaşık yedi yıl sürmüştür. Dünya çapındaki akrilamid üretimi Tablo 7.3'te yer almıştır.

| Proses                 | (105 ton/yıl kapasite) Dünya çapında akrilamid üretimi |                      |         |        |
|------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------|---------|--------|
|                        | Japonya                                                | Asya (Japonya hariç) | Amerika | Avrupa |
| Katalitik              | 0,9                                                    | 0,75                 | 1,35    | 1,15   |
| Enzimatik (1998)       | 0,2                                                    | 0,2                  | 0,1     | 0,35   |
| Enzimatik (2001, est.) | n,a,                                                   | 0,5                  | n,a,    | 0,45   |

Tablo 7.3: (105 ton/yıl kapasite) Dünya çapında akrilamid üretimi  
[164, OECD, 2001]

Birinci enzimatik proses renk giderme ve konsantrasyon işlemleri gerektirir yalnız yeni proses bu işlemlere ihtiyaç duymaz. Bkz. Tablo 7.4

| Reaksiyon prosesi            | Katalitik (1971) | Enzimatik (1985) |
|------------------------------|------------------|------------------|
| Reaksiyon sıcaklığı          | 343K             | 273 – 288K       |
| Tek geçişli reaksiyon verimi | %70 – 80         | ~ %100           |
| Akrilamid konsantrasyonu     | ~ %30            | %48 – 50         |
| Konsantrasyon                | Gerekli          | Gerekli değil    |
| Saflaştırma                  | Kataliz giderme  | Protein giderme  |

Tablo 7.4: akrilamid proseslerinin kıyaslanması  
[164, OECD, 2001]

Kıyaslama çalışmaları; katalitik proseslerin çevresel etkileri, orijinal enzimatik prosesleri ve yeni enzimatik prosesleri üzerinde gerçekleştirilir. Ortaya çıkan sonuçlar özellikle enerji tüketimi ve karbon dioksit üretimi için katalitik proseslerden daha az etkiye sahip biyoteknik yaklaşımlardır. Enerji tasarrufları Tablo 7.5 ve 7.6'da yer almaktadır.

|               | Katalitik proses | Enzimatik (eski proses) | Enzimatik (yeni proses) |
|---------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| Buhar         | 1,6              | 2,8                     | 0,3                     |
| Elektrik gücü | 0,3              | 0,5                     | 0,1                     |
| Ham maddeler  | 3,1              | 3,1                     | 3,1                     |

Tablo 7.5: MJ/kg akrilamid olarak enerji tüketimi kıyaslaması  
[164, OECD, 2001]

|               | Katalitik | Enzimatik (eski) | Enzimatik (yeni) |
|---------------|-----------|------------------|------------------|
| Buhar         | 1,25      | 2,0              | 0,2              |
| Elektrik gücü | 0,25      | 0,25             | 0,1              |
| Ham maddeler  | 2,3       | 2,3              | 2,3              |

Tablo 7.6: CO<sub>2</sub>/kg akrilamid ile CO<sub>2</sub> kg Üretiminin kıyaslanması [164, OECD, 2001]

Örnek 2: geleneksel çözelti bazlı sistemlerin yerine radyasyonla kürlenmiş mürekkeplerin ya da boya sisteminin kullanılması

54" ısı ile sabitlenen baskı (1,37 m). Baskı işlemi hafif 12-puntoyla yazılmış mukavva stoğunun %3-40'ına denk gelir. Hesaplamalar üç vardiyaya göre yapılmıştır. Uygun çalışma saatlerinin %75'i = yıllık 4680 saat

Geleneksel mürekkepleri ve kurutma sistemleri:

Çözelti bazlı mürekkepler ve kaplamalarda %60-65 oranında katı bulunmaktadır. Kurutucular havayı yaklaşık 150 °C'ye kadar ısıtmak için gaz kullanır. Havayı hareket ettirmek için gerekli elektrik hesaplamalarda yer almaktadır.

Substrat genellikle fırınlardan sonra dondurucu rulolar üzerinde soğutulur. Çözeltiyle dolu hava (atık gaz) genelle oksidizörlerle arıtılır. Bu iki sistemin gereklilikleri hesaplamalarda yer almaktadır.

Elektron demeti (EB) sistemi:

EB mürekkepleri are % 100 katıdır. Yüksek enerjiye sahip elektronlara maruz kaldığında ise polimerleşir ya da kür yapar. (erir, sonra da katılaşır) Minimal ısı substratta depolanır. (sıcaklık değişimi yaklaşık 8 – 12 °C'dir soğutma işlemine gerek kalmaz) Çözelti içeren ve arıtılması gereken atık gaz yoktur. Ancak EB kürleme artık nitrojen atmosferi gerektirir. Üretim yapmak için kullanılan enerjiye ilişkin veri bulunmamaktadır bu yüzden . birim hacim N<sub>2</sub> nin ortaya çıkardığı masraflar üretimde kullanılan elektrik enerjisi olarak hesaplanır ve buna enerji kullanımı da eklenir. Elektron demeti sistemi sonucunda elde edilen enerji verimliliği Tablo 7.7'de yer almaktadır.

| GJ (yıl)        | Geleneksel             | EB                                                 |
|-----------------|------------------------|----------------------------------------------------|
| Gaz             | 4.67 x 10 <sup>4</sup> | -                                                  |
| Elektrik        | 384                    | 5.31 x 10 <sup>3</sup>                             |
|                 | 4.7 x 10 <sup>4</sup>  | 5.31 x 10 <sup>3</sup>                             |
| Tasarruf        |                        | 41690 GJ/yıl                                       |
|                 |                        | 89 %                                               |
|                 |                        | USD 649162 (2006. kombine NG ve elektrik maliyeti) |
| Maliyet kazancı |                        |                                                    |

Tablo 7.7: Elektron demeti mürekkep sistemi ile elde edilen enerji tasarrufu  
[175, Saunders\_R., 2006]

Örnek 3. Kasaplık piliç barınağında ısı geri kazanımı (tavuk çiftliği)

Normalde piliç barınağındaki hava ısıtılır. "Combideck" sisteminde zemin ısıtılır. Sistem; ısı pompasından, tüplerden oluşan yer altı deposundan, zemin altındaki izole edilmiş şerit tabakasından oluşur. Barınak 21 gün boyunca yer altı sistemi aracılığıyla sıcak suyun pompalanması ile ısıtılır(yaklaşık 28 °C). Kısa süreli dengenin ardından gelişen proses aşırı hava üretir. Bu yer altı sistemindeki su içinde absorbe edilir. Sistem piliç barınağında daha iyi performansa sahiptir ( ölüm oranlarının azaltılması, daha yüksek et fiyatları ve daha iyi besleme oranı )ve hayvanların barınması konusunda olumlu etkileri bulunmaktadır. (daha az ısı basıncı, daha düşük ölüm oranı, veterinerlik hizmetine duyulan ihtiyacın azalması)

Her bir m<sup>2</sup> ye düşen 20 piliçin her biri 2 Euro'dur. işletimsel masraflar (aşınma, faiz ve bakım) her yıl piliç başına 0,20 Euro'ya mal olmaktadır. Yıllık olarak artırılan verimlerin işletimsel masraflardan 3 faktör daha fazla olduğu rapor edilmiştir. Örneğin veteriner masrafları %30 oranında azaltılmıştır. Enerji masrafları %52 oranında azaltılmıştır. Geri ödeme süresi ise yaklaşık 4-6 yıldır.

[173, EIPPCB, 2003]

## 7.6 Enerji verimliliği girişimlerine ivme kazandırılmasına yönelik bir örnek: işletimsel kusursuzluk

Örnek 1: Shell Nederland Chemie, Moerdijk, Hollanda (900 000 mt/yıl etilen tesisi) bu tesis enerji masraflarını ve karbon dioksit salınımlarının düşürmeyi amaçlar. Şirketin “harekete geçme” programını kullanarak Shell Global Solutions ile ortaklaşa bir proje uygulanmıştır.

Tesiste çalışan personel, enerji tasarrufu edile etmenin yollarını aramaktaydı ancak bunu yapacak vakitleri yoktu. Çünkü üretim sürekliliğinin ve ürün kalitesinin sağlanması gerekmekteydi. Zaten enerji verimliliğine sahip olan düşük olefin tesislerinde tasarruf elde edilmesine yönelik ciddi şüpheler vardı. Ancak “harekete geçme” danışmanları enerji kullanımını azaltmak için tasarlanan işletimsel gelişmeleri tertiplemek amacıyla tesisi temsilcileriyle birlikte çalışmışlardır.

Başlangıçta gelişim için 150 fırsat belirlenmiş değerlendirmelerin ardından 23’ü geliştirilmiş ve resmi proje olarak uygulanmıştır. Yapılan iş tesis kapatılmadan süreklilik arz edecek biçimde yürütülmüştür. Toplam tasarrufun %59’u proses kontrol stratejilerinin değiştirilmesi, yeni kontrol çemberlerinin kabataslak belirlenmesi ve ayar noktalarının optimize edilmesiyle gerçekleşmiştir. Tasarrufların geri kalanı ise prosedür değişikliği, proses bakım ve proses ekipmanlarının geliştirilmesi sonucunda elde edilmiştir. (%18) Başlıca gelişmeler:

- ☐ Basınç seviyelerini kompresör sistemlerine göre ayarlamak ve kompresörlerin optimal performansta çalışmasını kolaylaştırmak için yeni ekipmanların kurulması ile ciddi tasarruflar elde edilir. Propilen dondurucu kompresörler için kontrol değişimleri güç talebini %10 oranında azaltır.
- ☐ Kapasite sınırlama ihtimalini azaltan verimin aralığını düşüren operasyonel değişiklikler tesisteki tüm verimin azaltılması ihtiyacını ortadan kaldırabilir. Özellikle yaz dönemindeki darboğaz büyük ölçüde aşılmıştır.
- ☐ Tesisin buhar dengesinin, ekipmanların ince ayarının iyice anlaşılmasıyla ve ekipman performansını değerlendirilmesi için kullanılacak aletlere yapılan yatırımlarla enerji tasarrufu sağlanır.

Bu konunun odak noktası yeni donanımaya yatırım yapmak yerine işletmede mükemmeliyeti yakalamak, en iyi uygulamaları ve proses kontrol stratejilerini belirlenmektir. Küçük çaplı projeler dizisi, ekstra elektronik ekipmanların kurulması, tedarik ve mühendislik için 100.000 Amerikan doları ana sermaye yatırımına sahiptir. (2006 yılında: yaklaşık 75 000 Euro)

5 milyon/yıl Amerikan doları ya da %3.5 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır. (yaklaşık 3.6 milyon Euro)

Örnek 2: Dow Corning, çeşitli işletmeler

işletimsel mükemmeliyet, tüm tesislerde uygulanmıştır ve artırılmış işletim disiplini ile üretim değerlerinin geliştirilmesini sağlamıştır. Tesisler daha güvenilir olmuştur ve daha tahmin edilebilir işletim uygulamaları sağlanmıştır, daha yüksek ürün kalitesi ve daha fazla tesisi kullanımı sayesinde ciddi ölçüde kar sağlanmıştır. Bu da tüm tesislerde minimal ana sermaye yatırımıyla %15-20 oranında gizli kapasiteyi ortaya çıkarmıştır.



## 7.7 Denetleme ve ölçümleme

### 7.7.1 Sayısal ölçüler – ölçümleme

Birbirine bağlı iki birim (işletme birimi) bir elektrik kullanım ölçüsüne sahiptir. Masraflar 60/40 oranına göre dağılır. %60'ı ödeyen birim orantısız olarak yüksek enerji masraflarına yol açmıştır ve bu sabit dağılımlı masraflar sonucunda birimin diğer bir tesis taşınması düşünülmüştür. Otomatik sayaç okuyucunun yer aldığı ileri ölçümleme sistemi kurulmuştur. (bkz. Bölüm 2.15.2) Bu da %60 oranındaki elektrik ödemesini gerçekleştiren kısmın aslında tesisin elektrik enerjisinin <41'ini kullandığını ortaya çıkarmıştır. Ayrıca haftada 1 kere 175 kWh ani voltaj yükselmesine neden olan ısıtma prosesini belirlemiştir. Bu proses gün içinde daha ucuz tarifeye aktarılmıştır. (bkz. Bölüm 7.11) Böylece yıllık toplam tasarruf 324.000 Amerikan doları (240.000Euro) olarak belirlenmiştir. [183, Bovankovich, 2007] [227, TWG].

### 7.7.2 Model temelli yardımcı malzemelerin optimizasyonu ve yönetimi

Örnek 1: Schott AG, DE

Şirket, farklı cam ürünleri üretimi yapmaktadır, Almanya'da ve daha birçok yerde üretim tesisleri bulunmaktadır.

Masraflara yönelik enerji tüketimi eskiden gerçek kullanıma göre değil şirket içerisindeki sabit temele göre çeşitli birimler arasında dağıtılmaktaydı. Yöneticilerin bu yüzden enerji masrafları üzerinde etkileri bulunmamaktaydı. Sonuç olarak da tüketimi azaltmaya yönelik harekete geçilmemişti. Şirket, tamamıyla elektronik ölçüme ve yazılım modellemeye dayanan otomatik enerji denetleme sistemi (ECS enerji kontrol sistemi) kurmuştur.

- ☐ elektrik: 940 ölçüm noktası
- ☐ su: 203 ölçüm noktası
- ☐ gaz: 49 ölçüm noktası
- ☐ sıkıştırılmış hava: 43 ölçüm noktası
- ☐ akaryakıt: 8 ölçüm noktası
- ☐ N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>: 7 ölçüm noktası.
- ☐

Elde edilen çevresel faydalar:

- ☐ Maliyet bilincinin artırılmasıyla enerji tasarrufu enerji
- ☐ kullanımının optimize edilmesi

İşletimsel faydalar:

- ☐ Daha az üretim kaybıyla kusurların daha çabuk elimine edilmesi
- ☐ Enerji temininin düzenlenmesi
- ☐ Enerji akışlarının şeffaflığı

Finansman :

- ☐ Yazılım: yaklaşık 50 000 Euro
- ☐ Donanım: yaklaşık 500/ölçüm noktası
- ☐ Yıllık tasarruf
  - Elektrik alımında ün üst yükün azaltılması :yaklaşık %3-5
  - Geri ödeme süresi: yaklaşık 0.9 -2 yıl (projeye bağlı)

Schott glass: [127, TWG]

### Örnek 2: Atrium Hospital, Heerleen, Hollanda

Hastane 1990'ların sonunda buhar, ısı, elektrik ve soğutma üretmek ve günde 24 saat %100 güvenilirlikle hastaneye dağıtmak için modern trijenerasyon yardımcı birimi oluşturmuştur. Yardımcı birim; bir sıcak su kazanı, iki buhar kazanı, elektrik ve absorpsiyon dondurucu birim, ısı değiştirici, iki adet gaz motoruna bağlı CHP birimi ve iki adet acil durum jeneratörü içermektedir. Tesisin ve yardımcı birimin karmaşıklığı ve yakıt masrafları optimum ekonomik işletimi imkânsız hale getirmiştir. Bunun sonucunda bir çalışma yapılmıştır ve duman gazı kondansı kurulmuştur. Bu kondansör sayesinde yıllık 520- 713MWh tasarruf sağlanmıştır. (enerji talebinin %5'i) Gerçek süre yardımcı birim yönetim sistemi kurulmuştur. (%49 iç ROI) ( değişken enerji maliyeti 1.2 milyon Euro üzerinden yaklaşık 75 000 – 95 000/yıl) [179, Stijns, 2005].

### 7.7.3 Enerji modelleri, veri tabanları ve dengeleri

#### Örnek 1: Elektrik enerjisi modelleri

Basit elektrik model kantağı Tablo 7.8'de yer almaktadır.

| Departmanlar   | Araçlar | A<br>n. | B<br>Güç<br>kW<br>55 | C<br>Verimlilik | D<br>Yıllık<br>çalışma<br>saatleri | E<br>Yük<br>faktörü | F<br>Tüketilen<br>Enerji<br>kWh | G<br>% |
|----------------|---------|---------|----------------------|-----------------|------------------------------------|---------------------|---------------------------------|--------|
| Departman 1    | Araç 1  | 10      | 4                    | 0,92            | 500                                | 1                   | 298913                          |        |
|                | Araç 2  | 20      | 10                   | 0,85            | 4000                               | 0,8                 | 301176                          |        |
|                | Araç 3  | 15      | 780                  | 0,9             | 4000                               | 0,9                 | 600000                          |        |
| Toplam Dept. 1 |         |         |                      |                 |                                    |                     | 1200089                         | 17,5   |
| Departman 2    | Araç 1  | 1       | 500                  | 0,85            | 3500                               | 0,5                 | 1029411                         |        |
|                | Araç 2  | 20      | 15                   | 0,9             | 4000                               | 1                   | 1333333                         |        |
|                | Araç 3  |         | 7,5                  |                 |                                    |                     |                                 |        |
|                | Araç 4  | 5       | 2                    | 0,8             | 4500                               | 0,9                 | 189844                          |        |
|                | Araç 5  | 10      | 150                  | 0,75            | 1500                               | 0,8                 | 32000                           |        |
|                |         | 3       | 1307                 | 0,92            | 3000                               | 0,95                | 1394022                         |        |
| Toplam Dept. 2 |         |         |                      |                 |                                    |                     | 3978611                         | 58,1   |
| Departman #.   | Araç.   |         | ...                  | ...             | ...                                | ...                 | ...                             | ...    |
| TOPLAM         |         |         | 3250                 |                 |                                    |                     | 5425000                         | 100,0  |

Tablo11 7.8:Basit bir elektrik modeli

„A’ sütunundaki “n” departman içerisinde birbirine eş araçların sayısına işaret eder. (hem teknik hem de işletimsel bakış açısıyla)

“F” sütunundaki “tüketilen enerji” araç sayılarının, güçle, çalışma saatleriyle, yük faktörüyle çarpılıp, verimliliğe bölünmesiyle ortaya çıkmıştır.

$$F = \frac{A * B * D * E}{C} \quad \text{Denklem 7.24}$$

Her departmanda tüketilen enerjinin eklenmesiyle tüm tesiste tüketilen toplam enerji hesaplanabilir.

Üzerinde çalışma yapılan bağlam yeterince geniş değilse ya da karmaşıkta bu model enerji tasarruf imkanlarının ortaya çıkabileceği alanları tespit etmek için yeterli olabilir. “ G” sütununda gösterilen departmanlar için elektrik enerjisi dağıtımında dikkat etmek yeterlidir. Enerji verimliliğinin en yüksek olduğu departmanlarda enerji verimliliğini geliştirmek için uygulanacak faaliyetlerin belirlenmesi mümkündür. Bunun yanı sıra tüketim oranı az olan departmanlar göz ardı edilebilir ya da daha sonra dikkate alınabilir.

Ele alınan bağlam uygunsa (çünkü üretim döngüsü oldukça karışıktır ya da daha önce hiç enerji verisi toplanmamıştır) enerji tasarrufu eylemlerini belirlemek amacıyla aşağıda yer alan verilerin toplanması uygun olabilir.

- ☐ Motorlar ve sürücüler için :
  - Motorla çalışan makine türü (kompresör, fan, pompa, vb.)
  - Belirleme kodu
  - Üretici ve model ismi
  - Motor çeşidi
  - Kurulum yılı ya da kalan ömür
  - Son zamanlarda uygulanan geri sarma işlemi sayısı
  - eğer mevcutsa hız kontrol çeşidi
  - Mekanik dönüşüm çeşidi
  - işletimi farklı sürelerle kaydırma ihtimali (özel zamanlarda ya da özel günlerde daha uygun elektrik tarifelerinden yararlanmak için)
- ☐ Aydınlatma cihazları için:
  - Aydınlatıcı çeşidi
  - Gövdedeki lamba sayısı
  - Aydınlatıcı gövde sayısı
  - Lamba çeşitleri
  - Lamba gücü
  - Lamba verimliliği
  - Balast çeşidi (demir, bakır ya da yüksek verimli).

#### Örnek 2. Termal enerji modelleri

Önceki verilerin tümünün toplanması gerekliyse de birinci düzey termal modelde (“jeneratörler” ) elektrik modelindeki gibi verilerin yalnızca birkaçı dikkate alınmalıdır.

(bkz. Tablo 7.9):

|                                |                     | A  | B                       | C          | D                | E                        | F                                                      | G     |
|--------------------------------|---------------------|----|-------------------------|------------|------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------|-------|
| Proses                         | Araç                | n. | Güç<br>kW <sub>th</sub> | Verimlilik | Çalışma<br>saati | Yük<br>faktörü<br>yıllık | Tüketilen<br>enerji<br>Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> | %     |
| Faz 1<br>(örn. yakma)          | Büyük ocaklar       | 4  | 800                     | 0,85       | 7700             | 0,8                      | 2417000                                                |       |
|                                | Küçük ocaklar       | 5  | 600                     | 0,85       | 7700             | 0,8                      | 2266000                                                |       |
| toplam faz 1                   |                     |    | 6200                    |            |                  |                          | 4683000                                                | 76,5  |
| Faz 2<br>(örn. ısı<br>üretimi) | sıcak su kazanı     | 2  | 2500                    | 0,92       | 1000             | 0,5                      | 283200                                                 |       |
|                                | buhar kazanı        | 2  | 1000                    | 0,92       | 7000             | 0,5                      | 793200                                                 |       |
|                                | sıcak su kazanı     | 2  | 1000                    | 0,92       | 1600             | 0,5                      | 181200                                                 |       |
| toplam faz 2                   |                     |    | 9000                    |            |                  |                          | 1257600                                                | 20,5  |
| faz 3<br>(örn.<br>hizmetler)   | Spreyli kurutucu    | 1  | 400                     | 0,7        | 200              | 1                        | 11900                                                  | ...   |
|                                | sıcak su jeneratörü | 1  | 400                     | 0,85       | 1600             | 0,5                      | 39200                                                  |       |
|                                | küçük ısıtıcılar    | 37 | 30                      | 0,8        | 1600             | 0,5                      | 115700                                                 |       |
|                                | büyük ısıtıcılar    | 2  | 60                      | 0,8        | 1600             | 0,5                      | 12500                                                  | 3,0   |
| toplam faz 3                   |                     |    | 2030                    |            |                  |                          | 179300                                                 |       |
| TOPLAM                         |                     |    | 3250                    |            |                  |                          | 6119900                                                | 100,0 |

Tablo 7.9: Termal enerjii modelindeki veriler (jeneratörler kısmı)

Bu durumda kıyaslamanın daha kolay yapılabilmesi için tüketilen enerji doğal gazın Nm<sup>3</sup> ü olarak hesaplanır.

$$F = \frac{A \times B \times D \times E \times 3600}{C \times 34\,500}$$

|          |                                                         |
|----------|---------------------------------------------------------|
| □ 3600   | kWh den kJ ye dönüşüm faktörü                           |
| □ 34 500 | doğal gaz için net ısıtma değeri (kJ/Nm <sup>3</sup> ). |

İlk düzey termal modelde (jeneratörler kısmı) toplam enerji talebinin doğal gaz için faturalar yansıyan toplam enerjiye eşit olup olmadığı kontrol edilmelidir. Eğer eşitlik sağlarsa bu modelin güvenilir olduğu doğrulanır. Ayrıca enerji verimliliği faaliyetlerinin uygulanacağı en uygun alanların belirlenmesine katkı sağlar.

Enerjinin termal kullanımı değerlendirilirken ikinci düzey modellerin oluşturulması gerekir. (kullanıcı tarafı) bunun gibi veri belgeleri hazırlamak için yakıt hariç (birinci düzey modelde dikkate alınır) ter türlü termal enerjiye( sıcak su, buhar, sıcak hava vb) ihtiyaç duyan makinelerin sayımlarının yapılması gerekir.

Makinaların her türlü parçası için aşağıda yer alan veriler bir araya getirilmelidir:

- ☐ Gerekli termal taşıyıcının türü
- ☐ Termal talep saati/günü
- ☐ Termal enerjide kullanılan yük faktörü
- ☐ Termal güç

Bunun gibi veriler Tablo 7.10'daki şekilde düzenlenebilir

|                |         | A  | B                          | C          | D                | E           | F                                              | G     |
|----------------|---------|----|----------------------------|------------|------------------|-------------|------------------------------------------------|-------|
| Departmanlar   | Araçlar | n. | termal taşıyıcı yıllık kWh | termal güç | çalışma saatleri | Yük faktörü | Enerji önerisi Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> | %     |
| Departman 1    | Araç 1  | 2  | Buhar                      | 500        | 1000             | 1           | 104200                                         |       |
|                | Araç 2  | 1  | Buhar                      | 125        | 500              | 0,8         | 5200                                           |       |
|                | Araç 3  | 5  | sıcak su                   | 75         | 5000             | 0,8         | 156400                                         |       |
| Toplam Dept. 1 |         |    |                            |            |                  |             | 265800                                         | 21,8  |
| Departman      | Araç 1  | 1  | Buhar                      | 75         | 2500             | 0,5         | 9800                                           |       |
|                | Araç 2  | 20 | Sıcak hava                 | 10         | 3000             | 1           | 62500                                          |       |
|                |         | 5  |                            | 50         | 2500             | 0,8         | 52100                                          |       |
|                | Araç 3  |    | Buhar                      |            |                  |             |                                                |       |
|                | Araç 4  | 10 | Sıcak su                   | 5          | 1500             | 0,8         | 6300                                           |       |
|                | Araç 5  | 3  | buhar                      | 25         | 3000             | 0,9         | 21100                                          |       |
| Toplam Dept. 2 |         |    |                            |            |                  |             | 151800                                         | 12,5  |
| Departman .    | Araç .  |    |                            |            |                  |             |                                                |       |
| TOPLAM         |         |    |                            |            |                  |             | 1215700                                        | 100,0 |

Tablo 7.10: Termal enerji modelindeki veriler ( kullanıcı kısmı)

İkinci düzey model (kullanıcı kısmı) yardımcı birimler tarafından ( kazanlar, ısı jeneratörleri vb.) bu durumda F sütununda yer alan miktarlar:

$$F = \frac{A \times C \times D \times E \times 3600}{34\,500}$$

Tablo 7.9'daki hesaplamalar aşağıdaki gibidir:

$$1\,257\,600 + 179\,300 = 1\,436\,900 \text{ Nm}^3 \text{ doğal gaz tedarik edilmiştir.}$$

Tablo 7.10'da yer alan ikinci düzey modelde hesaplamalar 1 215 700 Nm<sup>3</sup> doğal gaz talebi olduğunu ortaya koymuştur. %15 farklılık aşağıda yer alan verimlilikler sayesinde:

Isı üretimi, dağıtım tesisatı ve düzenleme, son kullanım

Bu farklılık kabul edilebilirse bu iki model “doğrulanmış” kabul edilir. Tam aksi durumda işse uyum sağlanması amacıyla bazı doğrulama işlemlerine ( genellikle çalışma saatlerinin sayısına ya da yük faktörüne bakılır) ihtiyaç duyulacaktır.

iki miktar arasında büyük farklılıklar varsa bu durum farklı taşıyıcılar için (örn. buhar, sıcak su) üretim-dağıtım-kullanım sürecinde ortaya çıkan yüksek seviyede kayıplardan kaynaklanır. Bu durumda yalıtım ve kondans geri kazanımı gibi alanlarda enerji verimliliğini artırmak amacıyla çeşitli faaliyetlerin uygulanması mümkün olabilir.

## 7.8 Malzemelerin denetlenmesi için kullanılan diğer teknikler ve tesis seviyesinde kullanılan diğer tekniklerin desteklenmesi

### 7.8.1 Denetleme ve enerji yönetim araçları

içeriklerin ve denetim yaklaşımlarının “standardize” edilmesi amacıyla birçok araç geliştirilmiştir. Genellikle bağımsız denetim şirketlerinin denetleme prosedürlerinde kullandıkları kontrol listeleri gibi kendilerine özel geliştirdikleri araçları bulunmaktadır. diğer araçlar ise ticari kuruluşlar ya da devlet organı tarafından geliştirilir. Aşağıda yer alan listede denetimlere ve enerji verimliliği faaliyetlerinin gözden geçirilmesine katkı sağlamak için kullanılan araçlara ilişkin değerlendirmeler yer alır. Bu araçların büyük bir çoğunluğu birbiriyle çakışabilir, bu sebeple gerekli kullanımların belirlenmesinden operatör ya da denetçi sorumludur. Yukarıda bahsedilen araçlar genel amaç içindir, hedef sektör ya da özel enerji denetim modeli için değildir. Bu araçların kullanılabilirliği denetim araştırmalarının birine ya da birden fazlasına uymaktadır.

- Denetim kılavuzu ya da denetim el kitabı ya da enerji yönetimi el kitabı: bu, eğitim süreçlerinin temelini oluşturan enerji denetim planının ana bileşenidir ve özellikle denetçiler için oluşturulmuştur. Denetlemelerin nasıl yapılacağı, hesaplamaların nasıl gerçekleştirileceği hakkında bilgiler sunar, yaygın olarak önerilen enerji muhafaza seçeneklerini (ECO) ortaya koyar. Denetçilerin, termodinamikler hakkında belirli bir altyapıya sahip olduğu varsayılırsa da (ayrıca elektrik mühendisliği) bu el kitapları enerjiye ilişkin konularda hatırlatmaların yer aldığı bölümlerden oluşur.
- Enerji kontrolleri, kontrol listeleri ya da gözden geçirme kılavuzları: tarayıcı özelliğe sahip olan enerji denetim modelleriyle bağlantılı olarak bu destekleyici belgeler denetçinin çalışmalarını kolaylaştırmak ve aynı zamanda araştırmanın kalitesini ve hızını artırmak için geliştirilmiştir. Özellikle enerji denetçilerin için geliştirilen bu aralar bağımsız bir kaynaktan destek almadan önce tesis içerisinde enerji yönetim prosesi başlatmayı hedefleyen sanayi kuruluşlarındaki enerji yöneticileri için de faydalı olabilir. Kontrol listesi:
  - Genel (bkz. Bakım, Bölüm 2.9)
  - Bazı faaliyetler için özel (bkz. enerji denetimleri, Bölüm 2.11)
  - Bazı teknik sistemler için özel (yardımcı birimler ve yapılar)
  - Bazı sanayi kolları için özel (üretim prosesleri).

Bu araçlar, teknoloji alanında ya da enerji yönetimindeki en iyi uygulamalarla enerji tasarruf fırsatlarının belirlenmesi için kullanılabilir.

(bkz. Prosedürlerin uygulanması ve işletilmesi Bölüm 2.1, ve işletimsel mükemmeliyet, Bölüm 2.5).

- Hesaplama metodları ve yazılım: enerji modelleri olarak da bilinir. Bunlar enerji denetim planlarının ana bileşenleridir ve analitik enerji denetim modelleriyle ilgilidir. Başlıca hedefler, enerji tasarruf potansiyelinin, yatırım masraflarının ve geri ödemelerin denetçi tarafından değerlendirilmesine yardımcı olur. (denetçi tarafından) önerilen ya da onaylanmış hesaplama araçlarının kullanılması (doğru kullanıldığı takdirde) denetlenen müşteri için kalite sonuçlarının elde edilmesine katkı sağlar.
- Veri toplama biçimleri: girdi verilerini oluşturan hesaplama araçlarıyla bağlantılı olarak bu tür bir destekleyici doküman denetçinin araştırma için gerekli tüm bilgileri toplamasına katkı sağlar. Bu doküman son raporun bir parçası olacak, tesisteki enerji özelliklerinin takip edilmesini kolaylaştıracak, denetim sonuçlarının ve önerilerin yorumlanmasına katkı sağlayacaktır.
- Rapor şablonu: veri toplama biçimleri konusunda, rapor şablonları verim sonuçlarının rapora entegre edildiği durumlarda hesaplama aracıyla bağlantılıdır. Rapor denetçiye teslim edilebilir, bu yüzden bir şablonun kullanılması; denetim hizmetinin tüm katılımcılar tarafından en yararlı biçimde kullanılmasına ve kaliteli denetim raporlarının oluşturulmasına yardımcı olur. Denetim raporlarının kalite kontrolü için kontrol listesi: bu kontrol listesi hem şirket düzeyinde hem de denetçi düzeyinde (öz denetim) kullanılabilir bir dokümandır. Rapor şablonlarını tamamlayan ya da yerini tutan ya da tamamlayan özelliğe sahiptir, enerji denetim modellerinin yorumlanmasını sağlar: enerji denetim modelinde belirlenmiş olası sonuçlar rapor haline getirilmelidir.
-

- Kontrol listesi işin talimatlara uygun olarak yapıldığını belirlemenin basit bir yoludur
- Hedef değerler ya da kıyaslama: (bkz. Bölüm 2.16) temel rakamlar enerji denetimlerine yönelik ihtiyaçların belirlenmesi için kullanılabilir ayrıca bu değerler özelleştirilmiş denetlemelerin yer aldığı koşullarda önerileri desteklemek için denetçiler tarafından teknik veri olarak kullanılabilir.
- Enerji muhafaza seçeneklerine ilişkin veriler (ECO): denetimin zor bir yanı vardır o da masraflara ilişkin detaylı bilgi ve enerji tasarrufu önerilerinin sonuçlarıdır. Bu bilgiyi kapsayan ECO veri tabanı deneticini/operatörün süre kazanmasını ve mali tasarruf elde edilmesini sağlar, böylece denetim masraflarını düşürerek kaliteyi korur. Verilerin güncel tutulması büyük iş gerektirir. Örneğin:  
Geçerli veriler: bu veriler hesaplamaların kontrol edilmesinde detaylı denetimlerin gerçekleştirilmesine ve farklı yollarla ölçümleri gerçekleştiremeyecek verilerin değiştirilmesine katkı sağlar. Bu verimler veri tabanlarından (yukarıda) kaynak verilerden ya da diğer tesislerde edinilen tecrübelerden ya da denetimlerden alınabilir.

## 7.8.2 Denetleme ve doğrulama protokolü

Uluslararası Performans Denetleme ve Doğrulama Protokolü (IPMVP) enerji tasarruflarını denetlemek ve doğrulamak açısından oluşturulan sanayi-standart protokolüdür. Binalarda be bina sistemlerinde enerji tasarruflarının değerlendirilmesi için bir dizi denetim ve doğrulama sisteminin taslağını oluşturan geniş bir çerçevedir. (örn. Aydınlatma) (yalnız proses işletimleri hariç) Bu protokol enerji verimliliği projelerinde yer alan bina sahiplerinin, enerji hizmetleri şirketlerinin (ESCO) ve finansörlerin, enerji muhafaza önlemleri (ECM) sonucunda enerji tasarruflarını ve performans ölçmelerine olanak sağlar.

Özel teknikler proje maliyetlerine, verimlilik önlemlerine ve teknolojilere bağlı tasarruf gereksinimlerine uyum sağlayacak biçimde tasarlanmıştır. Her seçenek farklı programlara uygun olabilir. Değerlendirmeye alınacak verimlilik önlemlerinin ve risk beklentilerinin karmaşıklığı gibi faktörlere dayanan projeler için de uygun olabilir. Buna göre, her seçenek, doğruluk, uygulama maliyeti, güç ve sınırlama açısından çeşitlilik göstermektedir. Bu girişimin en büyük hedeflerinden biri proje süresi boyunca güvenilir tasarruf sağlayan enerji tasarrufu önlemlerinin büyük bir kısmı için uygulanabilecek tutarlı denetleme ve doğrulama (M&V) dizisi geliştirerek enerji verimliliği yatırımları için ikinci bir pazar oluşturmaya yardımcı olmaktır.

Protokol EVO aracılığıyla gerçekleştirilir (Verimlilik Değerlendirme Kuruluşu). Buna ilişkin daha fazla bilgi için:

[http://www.evo-world.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=61&Itemid=80](http://www.evo-world.org/index.php?option=com_content&task=view&id=61&Itemid=80)  
[92, Motiva Oy, 2005, 227, TWG, , 250, ADEME, 2006, 261, Carbon\_Trust\_UK, 2005]

## 7.9 Kıyaslama

### 7.9.1 Maden yağı rafinerileri

Rafineri sanayi, enerji verimliliği konularını daha önceden değerlendirmiştir çünkü enerji masrafları küresel işletim masraflarının %50'sinden fazlasına denk gelir. tek bir rafineri düzeyinde enerji performansını enerji yoğunluğu faktörü izleyebilir. Aslında EI'ye eşit olan küresel olarak tesiste tüketilen enerjinin artırılan cevhere oranını ele almak daha basittir. Bu oranın zaman karşısında takip edilmesi için daha fazla yorum gerekir çünkü enerji yönetiminden ve diğer faktörlerden elde edilenlerin açığa kavuşturulması gerekir. Ancak bu oran farklı rafinerin enerji performansının kıyaslanması için kullanılamaz çünkü her rafinerinin farklı yapısı işlenmiş cevherleri ve üretim karışımları bulunmaktadır. Bu parametrelerin tümü rafinerilerin enerji ihtiyaçlarını etkiler.

Petrol rafinerileri ham petrolü pazarlanabilir petrol ürünlerine dönüştürür ve proseste tüketir. Her rafineri kendine kendine özgüdür ve bireysel proses birimlerinin karmaşık bir bileşenidir. Bu karmaşıklığı belirlemeye çalışan göstergeler zaman içerisinde rafinerinin enerji performansının gözden geçirilmesi ve farklı rafinerilerinin buna ilişkin enerji performanslarının değerlendirilmesi için geliştirilmiştir. Bu karmaşıklığın belirlenmesi için rafinerilere yönelik Solomon Enerji Kıyaslama birimi bulunmaktadır. Solomon Associates enerji yoğunluğu endeksi (EII) belirlemiştir. Solomon Associates her iki yılda bir dünya çapında rafineri çalışmaları kıyaslaması yapar. Bu çalışma kapasite, bakım masrafları, işletimsel masraflar ve enerji performansı gibi tüm yönleri kapsayan bir çalışmadır. Enerji performansı EII göstergesi aracılığıyla ölçülür:

$$EII = 100 \times \frac{\text{Rafineride toplamda tüketilen enerji}}{(\text{birim verimi} \times \text{birim enerji standardı}) + \text{duyarlı ısı} + \text{tesis dışı enerji}}$$

Bu denklemde:

- Numeratör toplam enerji tüketimidir (düşük ısıtma değeriyle gösterilmiştir) toplam yakıt/elektrik tüketimine eşittir (hem ithalat hem de iç üretim) ancak buhar ve/veya elektrik ihracını da göz önünde bulundurur. Dış şebekeden gelen elektrik %37.5 standart verimlilik faktörünü kullanan birincil enerjiye dönüştürülür.  
Payda, Solomon'a göre standart enerji tüketimidir (kılavuz enerji olarak adlandırılır) ve üç ana öğeden oluşmaktadır.
- Her bir üretim birimi için kılavuz enerjilerin toplamı: bu kılavuz; enerjiler kullanılan birim kapasitesi nin (normal verim ya da besleme oranı) Solomon tarafından belirlenen birime özel enerji standardı faktörü ile çarpılmasıyla hesaplanır. Bazı üretim birimleri için bu enerji faktörü besleme kalitesine (örn. cevher yoğunluğu), üretim tesisinin çeşidine ve işletim önemine(katalitik yenileyiciler, katalitik kırıncılar vb.) bağlıdır. Bu kılavuz; enerjiler Solomon'a göre rafinerilerin üretim tesislerinin hepsi için geçerli olan toplam standart enerji tüketimini ortaya çıkarmak için bir araya getirilmiştir.  
Duyarlı ısı faktörü: bu faktör tesis girdisinin ortam havasından 104.4 °C'ye yükseltilmesi için gerekli enerjiye denk gelir. tesis girdisinin temeli proses birimlerinde "işlenen" büyük ham madde girdi buharı(ve nisbi yoğunlukları) dır. Karışım stokları dikkate alınmaz.  
Tesis dışı enerji faktörü: bu faktör yardımcı birim dağıtım sistemlerinde, ürün karıştırma işlemlerinde, petrol depoları sahasında, depo ısıtmada, rundown hatlarının ısıtılması bağlantı tesisleri) ve çevresel faaliyetlerde tüketilen enerjiye denk gelir. hesaplamalar karıştırma işlemleri ve rafinerinin karmaşıklık faktörünün yanı sıra proses birimlerine ham madde girdisi temelinde gerçekleştirilir.

Bölüm 1.3'te yer alan EEI tanımının aksine EII boyutsuzdur, enerji performansının artmasıyla düşüşe geçer.

EII, farklı karmaşıklığa ve farklı birimlere sahip rafinerilerin enerji verimliliğini kıyaslamaya çalışır. Bu araç arıtma tesislerinde kıyaslama hedefleri açısından kusurlu olarak kabul edilir. Yetersiz EII'ya sahip bazı rafineriler enerji performansının geliştirilmesine yönelik fırsatların yalnızca bir kısmını yakalayabilmektedir. Ancak yeterli EII ya sahip tesisler gelişim açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Bunun yanı sıra EII geliştirilmesi gereken alanlar/üniteler hakkında bir fikir vermez. Tesisin ana üretim birimlerine ayrılması enerji performansının artırılmasına yönelik fırsatların belirlenmesinde daha fazla katkı sağlar.  
[227, TWG].



### 7.9.2 Avusturya enerji ajansı

Avusturya Enerji Ajansı (AEA) raporu „tesis düzeyinde enerji kıyaslamaları ve şirket günlük raporları” özel enerji tüketiminden öteye kıyaslama faktörleri sunar. Örneğin belirli enerji tasarruflu teknolojilerin kullanılması. (bkz. Kısım 3)

- ☐ Kazan kontrollerinin sıklığı (tesislerin % 100’ünde sıklıkla kazan kontrolleri yapıldığı rapor edilmiştir)
- ☐ Sıkıştırılmış hava hatlarındaki kontrollerin sıklığı (tesislerin %25’i proses değiştirildiğinde sistematik olarak sistemden çalışmayan bacağı ayırırken bunların %50’si genellikle ölü/çalışmayan bacağı kontrol etmektedir. )
- ☐ Enerji tasarruflu teknolojilerin kullanılması (değişken hız sürümleri, enerji verimli motorlar (EEM), ısı geri kazanımı, ısı pompaları, enerji verimli aydınlatma, kazan bakımı ve sıkıştırılmış hava)

Ancak, bu durum tüm sistemin değerlendirilmesi yerine aşağıdan yukarıya doğru gelişen bir yaklaşıma (örn. özel bileşenlerin değiştirilmesi) neden olur.

### 7.9.3 Norveç’teki SME’ler için program

Norveç SME’ler için web tabanlı kıyaslama programı oluşturmuştur. Kıyaslama şirketlerdeki özel tüketimlerin (ön. kWh/kg) kıyaslanmasına dayanmaktadır. Özel tüketimler kullanılan toplam enerjiye ve tesisin toplam üretimine göre hesaplanır. Şimdiye kadar programa katılan 800 şirket arasından 43 adet farklı kıyaslama grubu oluşturulmuştur. Bir fabrika farklı enerji yoğunluğuyla farklı ürünler ürettiğinden düzeltme faktörleri bu farklılıkları normalleştirmek için kullanılır.

### 7.9.4 Hollanda’daki kıyaslama akdi

Hollanda’da hükümet ve büyük şirketler (yılıda 0.5 PJ’den fazla tüketen) arasında imzalanan uzun vadeli anlaşmalar (akit) kıyaslamaya dayanmaktadır. Akitler, CO<sub>2</sub> salınımlarının azaltılması konusunda bir çerçeve sunar.

Buna ilişkin bir örnek, 26 üretim tesisine sahip ve önemli bir enerji tüketicisi olan Hollanda kâğıt ve karton sanayisidir. Katılımcı şirketler sanayi alanında dünyanın en iyi işletmeleri arasında yer almalarını sağlayacak enerji azaltım önlemleri için taahhütte bulunmuştur. Bu bağlamda dünyanın en iyisi demek enerji verimli işletmelerin ilk %10’u demektir. Ulusal sanayi birlikleri bu kıyaslama prosesinin yönetiminde önemli bir rol oynamıştır. Bu birlikte biri muhasebe diğeri ise sanayiye ilişkin mühendislik konusunda tecrübeye sahip iki danışman yer almaktadır.

Akit, tesisteki tüm ihtiyaçlar için (örn. buhar ve güç üretimi, doğrudan ısıtma, yakma motorları) kullanılan birincil yakıtların düşük ısıtma değerinin kullanılmasıyla enerji verimliliğinin ölçüldüğünü ortaya koyar. Ulusal şebekeden alınan ya da şebeke için temin edilen elektrik %40 oranında standart verim sağlayarak dönüştürülür.

Danışmanlar, tüm dünyadaki kamu alanlarında ve veri tabanlarında mevcut kâğıt fabrikalarının enerji performansı bilgilerini değerlendirmiştir. Hollanda’daki fabrika kâğıt üretiminde yalnızca aşağı akış ile çalıştığından (kâğıt hamuru üretimi hariç)değerlendirmeler prosesin bu kısmındaki işletim birimlerine uyarlanmıştır. Aşağıda yer alan birimler kıyaslanmıştır:

- ☐ Stok hazırlama
- ☐ Kâğıt makinası
- ☐ Son işleme (sarma, kesme, paketlenme, vb.)
- ☐ Enerji dönüşümü
- ☐ Genel yardımcı ve tamamlayıcı birimler

Farklı birimlerden alınan performans bilgileri düzeltme faktörlerinin belirlenmesiyle kıyaslanabilir hale gelmiştir. Bu bilgiler, ham madde bileşimi, mürekkep giderme, boyutlandırma, atık su arıtma faaliyetleri ve güç yapılandırma gibi işlemler için kullanılır.

Dünyanın ilk %10 sıralamasına giren işletmelerin ele aldıkları en iyi ENE uygulamaları, son ürüne bağlı olarak sanayinin altı alt dalı için belirlenmiştir.

- ☐ Gazete kâğıdı
- ☐ Baskı ve yazı
- ☐ Kâğıt mendil
- ☐ Konteyner kartonu
- ☐ Karton kutu ve çift kuşeli karton
- ☐ Küçük ölçekli kâğıt fabrikası

(buna benzer bir plan Flanders Eyaleti Belçika'da hayata geçirilmiştir.) [227, TWG].

### 7.9.5 Cam sanayi kıyaslama

Cam sanayi en verimli enerjiye sahip eritme işlemleri için çeşitli metotlar araştırmaktadır:

- ☐ En iyi uygulama metotları ve enerji dengelerinin uygulanması
- ☐ Teorik enerji ya da entalpi talebinin belirlenmesi ve en düşük enerji tüketim seviyesi
- ☐ Endüstriyel cam ocaklarının özel tüketiminin kıyaslanması
- ☐ Yeni eritme ve arıtma tekniklerini geliştirilmesi

1999'den bu yana farklı cam sanayi sektörleri için kıyaslama amacıyla yaklaşık 250 cam fırını hakkında veri toplanmıştır. Ne yazık ki dünya çapında güvenilir ve eksiksiz verilere ulaşmak mümkün olmamıştır. Yalnızca Avrupa'dan, Japonya'dan, Amerika'dan, Kanada'dan ve Türkiye'den veri toplanabilmiştir.

Farklı sınıflandırma metotları kullanılabilir:

- ☐ En düşük özel enerji tüketiminden en yüksek enerji tüketimine kadar dünyanın %10'luk sıralamasına giren fırınları belirlemek
- ☐ Bölgedeki fırınların ortalamasının kıyaslama faktörü olarak belirlenmesiyle en iyinin ortaya çıkarılması
- ☐ Tüm mevcut en iyi tekniklerin uygulanmasıyla elde edilebilir en düşük enerji tüketiminin belirlenmesi (kaynaklardan, tedarikçilerden ve GLS BREF'den ).

Teorik enerji talebi hesaplanmıştır ve termodinamik modeller ortaya çıkarılmıştır.

1400 °C sıcaklıkta klasik soda- kireç- silika yığını talebi kimyasal reaksiyonlar için 0.52 MJ/kg cam olurken, cam eriyiğini ısıtmak içinse 1.75 MJ/kg'dır. Enerji verimliliğini belirleyen parametreler:

- ☐ Yığındaki kırık (atık cam) cam parçaları
- ☐ Ham madde seçimi
- ☐ Fırının yaşı ve türü
- ☐ Özel ve toplam çekiş hızı

- ☐ Fırın yaşı
- ☐ Elektrikli destekleme
- ☐ Yığının ön ısıtılması
- ☐ diğer faktörler:
  - Fırın tasarımı ve izolasyonu
  - Aşırı hava dengesi
  - Ocak ve yakıt tipi

Kullanılan elektriği, oksijenle yanan fırınlar ve besleme malzemesindeki kırık camlar oksijen üretimini dikkate almak amacıyla veriler birincil enerjiye göre normalleştirilmiştir. Diğer parametreler tartışmaya açık olarak normalleştirilebilir (örn. fırınlar 0 yıla normalleştirilebilir (yeni)) fakat bu durumda enerji verimliliği artışı kampanyası esnasında soğuk onarım dikkate alınmaz.

Sonuç olarak, %10 seviyesi erimiş cam için 4285 MJ/kg olarak belirlenmiştir. En verimli enerjiye sahip fırın ve orta dereceli fırın (%50) arasındaki fark %25'tir. Konteyner ve düz cam için en iyi uygulama belirlenmiştir.

### 7.9.6 Karmaşık bir süreçte farklı enerjinin/CO<sub>2</sub> salınımının art arda gelen adımlarla farklı ürünler arasında paylaşılması

USIPA, Fransa patates nişastası üreticileri birliği PriceHousewaterCoopers'in yardımlarıyla nişasta ve türevleri üretim prosesinde enerjinin değerlendirilmesi/paylaştırılmasına ilişkin bir metot geliştirmiştir. Bu metot aşağıda yer alan işlemler için kullanılmaktadır:

- ☐ Farklı işleme düzeylerinde ve farklı ürünler için enerji kullanımının dağılımı
- ☐ Farklı işleme düzeylerinde ve farklı ürünler için CO<sub>2</sub> salınımlarının dağılımı
- ☐ Enerji kullanımında gelişme sağlamak
- ☐

Bu yüzden kıyaslama aracı olarak kullanılabilir.

Nişasta sanayi çeşitli ham maddelerden üretilen ürünleri ve birbirini takip eden proses adımlarını kapsar. Ürünler özel kullanım için satışa sunulabilir ya da başka ürünler elde etmek için daha detaylı olarak işlenebilir.

Bu üretim aşamaları özel proses alanlarında ve/veya özel ekipmanlar için belirlenir. Bunlar sürekli prosesler ya da yığın prosesleri olabilir.

Ham madde • nişasta • şeker • ürünler • poliol

Yaklaşımın daha basite indirgenmesi amacıyla ürünler homojen sıvı şekerlere (kurutulmuş nişastalar- doğal ya da değiştirilmiş), kurutulmuş şekerlere, kurutulmuş dekstrozlara, sıvı poliollere, kurutulmuş poliollere ve fermantasyon ürünlerine ayrılır.

Enerji kullanımları (CO<sub>2</sub>salınımlarına eşitlenebilir) farklı işleme aşamalarına ayrılmıştır (satılan ürünlerin miktarına)satılan ürünlere bağlı olarak özel katsayılar hesaplanabilir. Proseste su içeriği bir aşamadan diğer aşamaya değişiklik gösterdiği için tüm hesaplamalar %100 kuru katılar üzerinden yapılmaktadır.

Örneğin, CO<sub>2</sub> salınımları için özel CO<sub>2</sub> salınımları proses aşamasında kullanılan buhar miktarlarıyla ve kurutucularda kullanılan yakılabilir malzemelerle ilişkili olarak her bir işleme aşamasına dağıtılmaktadır. Özel CO<sub>2</sub> salınımları birbiri ardına gelen üretim aşamalarına eklenmesiyle ürünlere dağıtılır.

Metodun gerçekte bir faydası yoktur ancak :

- ☐ Her bir üretim aşamasının enerji kullanımına/enerji verimliliğine / CO<sub>2</sub> salınımlarına sağladığı katkının
- ☐ Farklı üretim ailelerinin tesis enerji tüketim biçimine yaptığı katkının anlaşılmasına yardımcı olur.

Tekniklerin uygulanması için masa başı çalışması gerekir ve atölye düzeyine farklı her işleme aşamasına ilişkin işletim bilgilerine (üretilen hacim, enerji kullanımı) ihtiyaç vardır.

örnekler:

Fransa'daki nişasta tesisleri için CO<sub>2</sub> salınımları French – ürüne özel emisyon faktörleri

Bu metod GHG salınımları için gönüllü olarak yükümlülüklerin belirlenmesi amacıyla Fransa'daki nişasta tesisinde kullanılmaktadır.

(AERES).

Kaynak bilgi

USIPA – PWC reports [227, TWG]

## 7.10 Bölüm 3 örnekleri

### 7.10.1 Buhar

Örnek 1 vanaların yalıtılması

Kapı içlerine yerleştirilmiş 800kPa (8 bar) (175 °C)'de buharı kontrol eden tek 100mm'lik vanaların yalıtılması ısı kayıplarını 0,6 kWh „a kadar azaltır. Bu da yıllık kazan yakıtı masraflarını 40 Euro kadar azaltır ve yılda 5mWh'lık enerji tasarrufu sağlar.

Birleşik Krallıkta Teesside'deki Johnson Matthey Catalysts için izolasyon kılıflarının vanalara ve flanşlara yerleştirilmesi sonucunda:

- ☐ yıllık 590 MWh'lık enerji tasarrufu
- ☐ 29 ton/yıl karbon tasarrufu
- ☐ 1.6 yılda geri ödeme.

Örnek 2 ekonomizörlerin kullanılması da dahil olmak üzere besleme suyunun önceden ısıtılması (bkz. bölüm 3.2.5) Ekonomizör 20bag da 5t/h buhar üretim kapasitesine sahip gazla yakılan kazan için kullanılabilir.

Kazan yıllık 6500 saat çalışma süresi boyunca %80 oranında verim sağlayarak buhar üretir. Gaz 5 Euro/GJ'ye satılır.

Ekonomizör gaz gidericiye girmeden önce temiz suyun ön ısıtılmasında kullanılır. Kondensatın yarısı geri kazanılır geriye kalan yarısına ise temiz su eklenir. Bu da ekonomizörün %4.5 gelişme sağlaması anlamına gelir.

Kazanın mevcut kullanımı:

$$\frac{6500 \text{ h/yıl} \times (2798,2 - 251,2) \text{ kJ/kg} \times 5 \text{ t/h}}{5/\text{GJ}} \times 0,80 \times 1000 = \text{EURO } 517 \text{ } 359/\text{yıl}$$

Ekonomizörün kurulmasıyla yıllık işletim masrafları azalır:

$$\frac{6500 \text{ h/yıl} \times (2798,2 - 251,2) \text{ kJ/kg} \times 5 \text{ t/h}}{5/\text{GJ}} \times 0,845 \times 1000 = \text{EURO } 489 \text{ } 808/\text{yıl}$$

- Böylece yıllık tasarruf EURO 27 551 olur.

#### Örnek 3 Ekonomizör kurulumu (bkz. Bölüm 3.2.5)

Bir kazan doğal gaz yakarak 1 barg'a sahip 20400 kg/h buhar üretir. Kondans kazana geri döndürülür ve 47 °C besleme suyu elde etmek için ilave su ile karıştırılır. Baca sıcaklığı 260 °C olarak ölçülmüştür. Kazan yılda 8400 saat çalışır ve 4,27 \$/GJ enerji masrafına neden olur. Ekonomizörün kurulmasıyla elde edilecek enerji tasarrufu aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

Entalpi değerleri:

- 1 barg doyurulmuş buhar için = 2780 kJ/kg  
□ 47 °C besleme suyu için = 198 kJ/kg.

$$\text{Kazan termal verimi} = 20\,400 \text{ kg/h} \times (2781 - 198) \text{ kJ/kg} = 52,693 \text{ milyon kJ/h} = 14\,640 \text{ kW.}$$

260 °C baca sıcaklığına denk gelen geri kazandırılabilir ısı ve 14 640 kW yüke sahip doğal gazla yakılan kazan Bölüm 3.2.5'teki Tablo 3.7'de yer almaktadır. (~1350 kW.)

$$\text{Yıllık tasarruf} = 1350 \text{ kJ/s} \times \text{USD } 4,27/10^6 \text{ kJ} \times 8400 \text{ sa/yıl} \times 3600 \text{ s/h} = \text{USD } 174\,318/\text{yıl} = \text{EURO } 197\,800/\text{yıl} \text{ (USD } 1 = \text{EURO } 1,1347, \text{ dönüşüm tarihi } 1 \text{ Ocak } 2002).$$

Isı transfer zeminlerinde tortu birikimlerinin giderilmesi ve oluşumunun önlenmesi (bkz. Bölüm 3.2.6)

#### Örnek 1

Bir buhar kazanı yıllık 304 000 Nm<sup>3</sup> doğal gaz kullanır ve yıllık kullanımı 8000 saatten oluşur. Isı değişik zemininde 0,3 mm kalınlığında tortu oluşumuna izin verilirse ısı transferi %2,9 oranında düşer.

Başlangıç koşullarıyla kıyaslandığında işletim masraflarındaki yıllık artış:

$$304\,000 \text{ Nm}^3/\text{yıl} \times 2,9 \% \times \text{EURO } 0,15/\text{Nm}^3 = \text{EURO } 1322 \text{ (her yıl.)}$$

#### Örnek 2

1 barg buharda 20400 kg/h kapasiteye sahip bir kazan yılda 474800GJ yakıt harcar ve 8000 saat çalışır. Kazan borularında ~0.8 mm kalınlığında tortunun oluşması tortunun "normal bileşenli" olduğunu gösterir yalnız %2 oranında yakıt kaybı yaşanır. Enerji değerlendirildiğinde işletme masraflarındaki artış 2,844\$/GJ olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Yıllık işletme masrafı artışı} = 474\,800 \text{ GJ} \times \text{USD } 2,844/\text{GJ} \times 0,02 = \text{USD } 27\,000 = \text{EURO } 30\,637 \text{ (USD } 1 = \text{EUR } 1,1347, \text{ dönüşüm tarihi } 1 \text{ Ocak } 2002).$$

Blöfün en aza indirilmesi (bkz. Bölüm 3.2.7)

#### Örnek 1

Otomatikleştirilmiş blöf kontrol sistemi yılda 5500 saat boyunca 25 barda buhar üreten alev borusu kazanı üzerinde kurulmuştur. Blöf sistemi blöf oranını %8'den %6 ya düşürür. Kazan saat başı 25 ton buhar sağlar ve kazan verimlilik oranı %82 olur. Gaz fiyatı ise 5 EURO /GJ.

20 °C'de ilave su eklenir. Ton başına EURO 1,3.(saflaştırma dahil). Atık su tahliyesine ilişkin fiyat ise ton başına 0,1 EURO'dur.

Kondensatın geri dönmediği varsayılırsa, kondans tuz içermediği içim blöf yalnızca temiz su akışına bağlı olarak belirlenir. Temiz suyun iletkenliği 222 €/cm'dir. Bu, sudaki çözünmeyen tuzların miktarını gösterir. ilave suyun maksimum 3000 4000 €/cm iletkenliğe sahip olması beklenir.

Böylece blöf oranı (B) aşağıdaki gibi hesaplanır:

☐ giren tuz miktarı = çıkan tuz miktarı

☐  $(25\ 000 + B) \times 222 = B \times 3000$

Yani blöf oranı: 1998 l/saat ya da %8'dir.

Temiz ilave suyunun başlangıçtaki miktarı:

☐  $25\ 000\ \text{kg/h} \times (1 + 0.08) = 28000\ \text{l/h}$ .

Blöf kontrol sisteminin kurulmasının ardından:

☐  $25\ 000\ \text{kg/h} \times (1 + 0.06) = 26\ 500\ \text{l/h}$ , farklılık 500 l/h.

☐ 25 barg'lık ilave suyun entalpisi: 972,1 kJ/kg

☐ 20°C de atmosferik basınçta besleme suyunun entalpisi: 83.9 kJ/kg

☐ Farklılık 888.2 kJ/kg.

Yakıt miktarına ilişkin tasarruf:

☐  $500\ \text{l/sa} \times 5500\ \text{sa} \times 888,2\ \text{kJ/kg} \times \text{EURO } 5/\text{GJ}/0,82/1\ 000\ 000 = \text{EURO } 14$

894/yıl Tasarruflar, saflaştırmaya ve blöf masraflarına ilişkindir.

Tasarruf edilen su miktarı:  $500\ \text{l/h} \times 5500\ \text{h/yıl} = 2750\ \text{t/yıl}$ .

Bu da yılda 3850 EURO maliyetten tasarruf anlamına gelir.

işletme yıllık 18 744 EURO kar sağlar.

[227, TWG]

## Örnek 2

Otomatik blöf kontrol sisteminin blöf oranını %8 den %6'ya düşürdüğünü farz eder. Bu örnek, doğal gazla yakılan 1 barg da 45350 kg/sa'lık buhar kazanının çalıştığını varsayar.

Yakıt değerinin 2,844\$/GJ, kazan verimliliğinin %82 ve ilave su sıcaklığının 16 °C, toplam su, atık su ve arıtma masraflarının kilo başına 0,001057 \$ olduğunu farz edin. Yıllık toplam maliyet kazancı:

Kazan besleme suyu:

☐ Başlangıçta =  $45\ 350/(1-0.08) = 49\ 295\ \text{kg/sa}$

Son =  $45\ 350/(1-0.06) = 48\ 246\ \text{kg/sa}$

ilave su tasarrufu =  $49\ 295 - 48\ 244 = 1049\ \text{kg/sa}$

☐ Kazan suyu entalpisi = 787,4 kJ/kg; 16 °C sıcaklıktaki ilave su için = 65,1 kJ/kg

☐ Termal enerji tasarrufu =  $787,4 - 65,1 = 722,3\ \text{kJ/kg}$

☐

Yıllık yakıt tasarrufu =  $1049\ \text{kg/sa} \times 8760\ \text{sa/yıl} \times 722.3\ \text{kJ/kg} \times 2.844\ \text{GJ}/0,82 \times 10^6 = 23\ 064\$$

Yıllık su ve kimyasal tasarrufu =  $1049\ \text{kg/h} \times 8760\ \text{h/yıl} \times \text{USD } 0.001056/\text{kg} = 9714\$$

Toplam tasarruf =  $\text{USD } 23\ 064 + \text{USD } 9714 = \text{USD } 32778 = \text{EURO } 37\ 192,11$  (USD 1 = EURO 1,1347, dönüşüm tarihi 1 Ocak 2002).

Kazan blöfünden ısı geri kazanımı (bkz. Bölüm 3.2.15)

#### Örnek 1

Isı değiştirici, kazan blöf borusunun ve temiz ilave suyu tedarikinin arasına yerleştirilir. Kazan yılda 10 barg ile 7600 saat çalışır ve %82 verimlilik sağlar. Kazanın blöf oranı %6'dır. Doğal gaz yakma maliyeti ise 4 Euro /GJ'dir. ilave temiz su ise 5,3 t/sa olarak tedarik edilir.

%6'lık blöf oranında her 10t/h buhar için 368 MJ/h verimlilik karı elde edilir. (Bkz. Bölüm 3.2.15'te Tablo 3.17). Bu kar değerine ulaşmak için 5.3t/saat'lik temiz ilave suyun tedarik edilmesi gerekir. Bu da  $5.3/10 \times 368 = 195$  MJ/sa verimlilik karı sağlar.

Bu durum aşağıda yer alan tasarrufların elde edilmesine yardımcı olur:

$$\frac{7600 \text{ h} \times 195 \text{ MJ/h} \times \text{EURO } 4/\text{GJ}}{1000 \times 0.82} = \text{EURO } 7229/\text{yıl}$$

Buhar borularındaki ve kondans geri dönüş boruları üzerindeki yalıtım (bkz. Bölüm 3.2.11)

#### Örnek

Buhar değerinin 4.265\$/GJ olduğu bir tesiste yapılan buhar sistemi araştırması 30 metrelik çıplak 25mm çapında buhar hattı ve 53 metrelik ve 50mm'lik hat belirlemiştir. Bu hatların ikisi de 10 bar seviyesinde çalışmaktadır. 10 bar seviyesinde çalışan 76 metrelik 100mm çapında ek bir hat bulunmuştur. Bölüm 3.2.11'deki Tablo 3.10'a göre yıllık ısı kaybı miktarı:

- ☐ 25 mm hat:  $342 \text{ m} \times 301 \text{ GJ/yıl } 30 \text{ m} = 102\,942 \text{ GJ/yıl}$
- ☐ 50-mm hat:  $53 \text{ m} \times 506 \text{ GJ/yıl } 30 \text{ m} = 26\,818 \text{ GJ/yıl}$
- ☐ 100-mm hat:  $76 \text{ m} \times 438 \text{ GJ/yıl } 30 \text{ m} = 33\,288 \text{ GJ/yıl}$
- ☐ Toplam ısı kaybı =  $(102\,942 + 26\,818 + 33\,288)/30 \text{ m} = 163\,048 \text{ GJ/yıl}/30 \text{ m} = 5435$

%90 verimlilik sağlayan yalıtımın uygulanmasıyla elde edilen yıllık işletim maliyeti

$$0,90\$ \times 4,265/\text{GJ} \times 5435 \text{ GJ/yıl} = 20\,860\$ = 23\,670 \text{ EURO}$$

(1\$ = EURO 1,1347, dönüşüm tarihi 1 Ocak 2002).

Vanalar ve bağlantı noktaları üzerine hareketli yalıtıcı pedlerin yerleştirilmesi (bkz. Bölüm 3.2.11.1)

Using Tablo 3.11 Bölüm 3.2.11.1'de yer alan Tablo 3.11'in kullanılmasıyla 17,24 barg doyurulmuş buhar hattındaki (208 °C) yalıtılmamış 150mm'lik geçit vana üzerinde 25 mm kalınlığında yalıtıcı pedin yerleştirilmesi sonucunda elde edilen yıllık yakıt ve maliyet kazancı hesaplanabilir. %80 verimliliğe sahip doğal gazla yakılan kazanın yakıt fiyatının 4,265 \$/GJ olduğu varsayılırsa;

$$\text{Yıllık yakıt tasarrufu} = 1751 \text{ W} \times 8760 \text{ h/yıl} \times 1/0.80 \times 3600 \text{ s/h} = 69.024 \text{ GJ/yıl}$$

$$\text{Yıllık maliyet kazancı} = 69.024 \text{ GJ/yıl} \times \text{USD } 4.265/\text{GJ} = 295\$ \text{ her bir } 150 \text{ mm geçit vanası için} = 334.73 \text{ EURO (1\$ = 1.1347 EURO, dönüşüm tarihi 1 Ocak 2002).}$$

Buhar tutucular için kontrol ve onarım programı uygulamak (bkz. Bölüm 3.2.12)

#### Örnek 1

Buhar tutucular için buhar kaybı miktarı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$L_{t,y} = \frac{1}{150} \times FT_{t,y} \times FS_{t,y} \times CV_{t,y} \times h_{t,y} \times \sqrt{P_{in,t}^2 - P_{out,t}^2} \quad \text{Denklem 7.25}$$

- ☐  $L_{t,y}$  = Buhar tutucunun t dönem (yıl) içinde kaybettiği buhar miktarı (ton)
- ☐  $FT_{t,y}$  = Buhar tutucunun t dönem içinde (yıl) işletim faktörü
- ☐  $FS_{t,y}$  = Buhar tutucunun t dönem içindeki (yıl) yük faktörü
- ☐  $CV_{t,y}$  = Buhar tutucunun t dönem boyunca (yıl) katsayı faktörü
- ☐  $h_{t,y}$  = Buhar tutucunun dönem (yıl) boyunca işletim saati
- ☐  $P_{in,t}$  = Buhar tutucunun t (atm) girdi basıncı
- ☐  $P_{out,t}$  = Buhar tutucunun t (atm) çıkış basıncı.

işletim faktörü  $FT_{t,y}$  Tablo 7.11'i temel alır.

|    | Tür          | FT   |
|----|--------------|------|
| BT | Blöf         | 1    |
| LK | Sızıntılar   | 0,25 |
| RC | Hızlı çevrim | 0,20 |

Tablo 7.11: Buhar tutuculardaki buhar kayıpları için işletim faktörleri

Güç faktörü buhar ve kondans arasındaki ilişkiyi dikkate alır. Buhar tutucu içinden ne kadar çok kondans geçerse, buhar içinden geçmesi için o kadar az yer kalır. Kondans miktarı aşağıdaki tablo 7.12'de gösterildiği gibi uygulamaya bağlıdır.

| Uygulama                           | Yük faktörü |
|------------------------------------|-------------|
| Standart proses uygulaması         | 0.9         |
| Damlalı ve ve ızlı buhar tutucular | 1.4         |
| Buhar akışı (kondans yok)          | 2.1         |

Tablo 7.12: Buhar kayıpları için yük faktörü

Son olarak boruların boyutu akış katsayısını belirler:

$$CV = 3,43 D^2$$

D = ağız yarı çapı (cm).

#### Örnek hesaplama

- ☐  $FT_{t,y} = 0,25$
- ☐  $FS_{t,y} = 0,9$  çünkü tutucudan geçen buhar miktarı yoğunlaşır fakat buhar tutucunun kapasitesiyle kıyaslandığında doğrudur.
- ☐  $CV_{t,y} = 7,72$
- ☐  $D = 1,5$  cm
- ☐  $h_{t,y} = 6000$  saat (yıllık)
- ☐  $P_{in,t} = 16$  atm
- ☐  $P_{out,t} = 1$  atm.



Böylece buhar tutucu yıllık 1110 tona varan buhar kaybına neden olur.

Bu durum buhar masrafının 15Euro/ton olduğu bir şirkette gerçekleşirse son kayıp yıllık 16650 Euro olacaktır.

Şayet buhar sızıntıdan öteye tamamen kaçıyorsa masraflar yıllık 66570 Euro'ya kadar yükselecektir.

Bu kayıplar şirkette tüm buhar tutucuların etkin bir şekilde yönetimini ve kontrol sistemini gerektirir.

#### Örnek 2:

Bir tesiste, buhar değeri USD 9.92/1000 kg, 10 barg buhar hattındaki bir tutucu tamamen açık tutulur. Tutucu ağzı 3mm çapındadır. Bölüm 3.2.12'deki Tablo 3.12 hesaplanan buhar kayıplarının 34.4kg/s olduğunu göstermiştir. Hasarlı tutucuların tamir edilmesiyle elde edilen tasarruf:

tasarruf = 34.4 kg/h x 8760 h/yıl x USD 9.92/1000 kg = USD 2988/yıl = EURO 3390.45  
(USD 1 = EURO 1.1347, dönüşüm tarihi 1 Ocak 2002).

Flash buharın yeniden kullanımı (bkz. Bölüm 3.2.14)

#### Örnek 1:

Havalandırma borusunun özellikleri:

- ☐ Flaş buharın hızı: 1,5 m/saniye
- ☐ Havalandırma buharının çapı: 102 mm
- ☐ işletim saati: 8000 sa/yıl
- ☐ Kazan verimliliği: %82
- ☐ Yakıt masrafı: USD 4,265/GJ

Havalandırma kondensörü flaş buharını yoğunlaştırır, termal enerjisini gelen ilave suya transfer eder ve kazana geri döndürür. Enerji iki yolla geri kazanılır: daha sıcak ilave su ve işletimde kullanıma hazır temiz, arıtılmış kondans.

| Havalandırma kondansörünü enerji geri kazanım potansiyeli     |                        |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------|------------------------|------|------|------|------|
| Boru çapı(mm)                                                 | Enerji içeriği GJ/yıl* |      |      |      |      |
|                                                               | Buhar hızı, m/s        |      |      |      |      |
|                                                               | 1                      | 1,5  | 2    | 2,5  | 3    |
| 50                                                            | 95                     | 148  | 195  | 243  | 295  |
| 102                                                           | 390                    | 586  | 781  | 976  | 1171 |
| 152                                                           | 881                    | 1319 | 1757 | 2200 | 2638 |
| 254                                                           | 2442                   | 3661 | 4885 | 6198 | 7327 |
| *sürekli işletimde, 21 °C ilave su ve 38 °C'de kondans buharı |                        |      |      |      |      |

Tablo 7.13: çeşitli buhar hızına ve boru çapına sahip havalandırma kondansının enerji geri kazanım potansiyeli [123, US\_DOE]'den alınmıştır.

Tablo 7.15'e dayanarak, flaş buhardan elde edilen potansiyel enerji yıllık 8670 işletim saatinden 586 GJ'dur. Yıllık potansiyel yakıt tasarrufu ise:

- ☐ Yıllık geri kazanılan enerji = 586 GJ/yıl x 8000 h/yıl/8760 h/yıl x 1/0.82 = 652 GJ
- ☐ Yıllık potansiyel yakıt tasarrufu = 652 GJ x USD 4.265/GJ = USD 2781= EURO 3155.57  
(USD 1 = EURO 1.1347, dönüşüm tarihi 1 Ocak 2002).

\*\*yıllık yakıt tasarrufunun havalandırma başına olduğu unutulmamalıdır. Genellikle bir buhar tesisinde bunun gibi havalandırmalar bulunmaktadır. Toplam tasarruf oldukça fazladır. Ek ısı değiştirici masrafları dikkate alınmalıdır ancak mevcut kaynaklar bu önlem için hızlı geri ödeme sağlandığını belirtmiştir.

Tablo 7.14'te, her bir flaş kondans için elde edilen buhar miktarı hem kondans hem de buhar basıncı olarak gösterilmiştir.

| Yüksek basınçlı kondans (barg) | Yüksek basınçlı kondans flaşı                    |      |      |      |
|--------------------------------|--------------------------------------------------|------|------|------|
|                                | Flaşlanan kondans yüzdesi (kg buhar/kg kondans ) |      |      |      |
|                                | Düşük basınçlı buhar (barg)                      |      |      |      |
|                                | 3,4                                              | 2    | 1    | 0,34 |
| 15                             | 10,4                                             | 12,8 | 15,2 | 17,3 |
| 10                             | 7,8                                              | 10,3 | 12,7 | 14,9 |
| 7                              | 4,6                                              | 7,1  | 9,6  | 11,8 |
| 5                              | 2,5                                              | 5,1  | 7,6  | 9,9  |

Tablo 7.14: hem kondans hem de buhar basıncı fonksiyonu olarak kondans kütlesi başına elde edilen buhar yüzdesi [123, US\_DOE]'den alınmıştır.

Örnek 2:

Buhar masrafının 4.265\$/GJ olduğu bir tesiste 10 barg'da doyumlanmış buhar üretilir ve bunun bir kısmı 2barg buhar tedarik etmek için kısılır. Sürekli işletimde 2268 kg/saat ve 10 barg kondans flaşlayarak düşük basınçlı buhar üretiminden elde edilecek yıllık tasarruf belirlenir. Kazan ilave suyunun ortalama sıcaklığı 21 °C'dir. Yukarıdaki tabloda 10 barg kondans 2 barg da flaşlandığında kondansın %10'3'ü buharlaşır.

Üretilen düşük basınçlı buhar = 2268 kg/h x 0.103 = 233.6 kg/h

ASME Buhar Tablolarından, entalpi değerleri:

- ☐ 2 barg doyumlanmış buhar için = 2725.8 kJ/kg
- ☐ 21 °C ilave su için = 88.4 kJ/kg

Elde edilen yıllık tasarruflar:

- ☐ Yıllık tasarruf = 233.6 kg/h x (2725.8– 88.4) kJ/kg x 8760 h/yıl x USD 4.265/GJ = USD 23 019 = EURO 26 119.37 (USD 1 = EURO 1.1347, dönüşüm tarihi 1 Ocak 2002).

Kazan kısa çevrim kayıplarının en aza indirilmesi (bkz. Bölüm3.2.9)

Örnek 1:

%72.7 çevrim verimliliğine sahip 745.7 W kazan (E<sub>1</sub>) %78.8 çevrim verimliliğine sahip 447.4 W kazanla değiştirilir(E<sub>2</sub>). Yıllık maliyet kazancı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

- ☐ Oransal yakıt tasarrufu =  $(1 - E_1/E_2) = 1 - 72.7/78.8) \times 100 = \%7.7$

Orijinal kazan yılda 211 000 GJ yakıt kullansaydı, daha küçük kazan kullanmanın sonucunda elde edilecek tasarruflar:  
(yakıt masrafı 2.844\$/GJ)

Yıllık tasarruf = 211 000 GJ x 0,077 x USD 2,844/GJ = USD 46 200 = EURO 52 422.56  
(USD 1 = EURO 1.1347, dönüşüm tarihi 1 Ocak 2002).

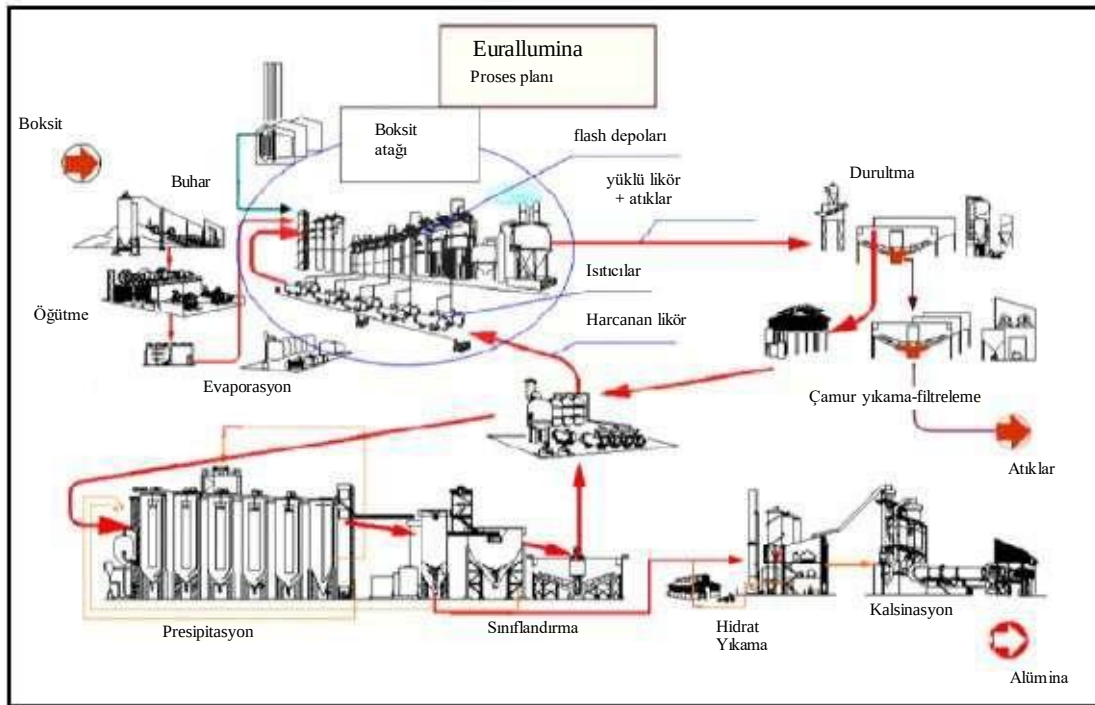
### 7.10.2 Atık geri kazanımı

Isı değıştiricilerin asitle temizlenmesi

Ham madde boksitinden alüminayı çıkarmak için kullanılan ve alümina rafinerisi olarak da bilinen ünlü Bayer prosesini kabul eden tesisler, İtalya alümina rafinerisindeki gibi (bu bölümde açıklanacaktır.) 250 °C sıcaklığa kadar cevheri aşındırıcı olarak özütlemektedir. Bu sıcaklık boksit türüne göre bazı batı ülkelerindeki ve Avustralya tesislerindeki gibi 140 °C'ye kadar düşebilir.

Reaksiyon ya da sindirim- fazını basınç giderme fazı takip eder. Bu aşamada birbiri ardına gelen flaşlandırma aşamalarında atmosferik koşullara ulaşmaya kadar likör basıncı düşürülür.

Bu aşamaya taşınan flaş buharı; reaksiyon fazına geri dönen aşındırıcı likörün gövde tarafından taşındığı tarafta , borulu kondanslara doğru yoğunlaştırılır. Flash buharının geri kazanım verimliliği tüm prosesin enerji verimliliği açısından büyük bir rol oynamaktadır. Geri kazanım ne kadar fazla olursa temiz buharın sindiricilere olan talebi o kadar düşer. Sonuç olarak proseste yakıt tüketimi azalır.



Şekil 7.14: Eurallumina alümina rafinerisinin proses planı  
[48, Teodosi, 2005]

Tanım (enerji verimliliği tekniği)

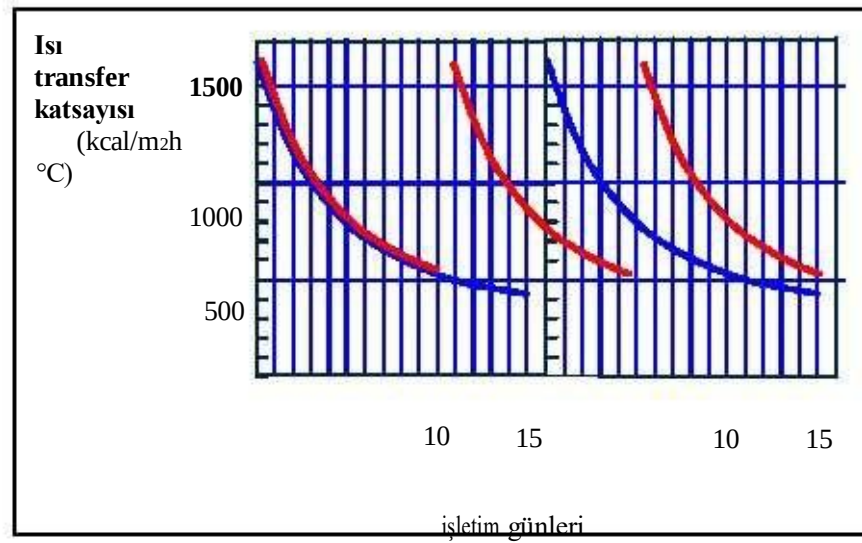
Kabuk ısıtıcılar ve borulu ısıtıcılar boruların iç zeminin yenilenmesi ve ısı transfer verimliliğinin artırılması amacıyla asitli temizleme planı uygulamalarına tabidir. Aslında borular özellikle yüksek sıcaklıkta oluşan proses likörünün neden olduğu silika tortusu presipitasyonuna maruz kalırlar.

Rafineriler tarafından uygulanan silika giderme işlemlerine rağmen Bayer likörünün silika tortu seviyesi flaş buharını ve enerji verimliliğinin geri kazanımını etkileyecek seviyededir.

Asitli temizleme işlemlerinin sıklığının optimize edilmesi ısıtıcıların ortalama ısı transfer katsayısının artırmaya yarayan bir yöntemdir. Sonuç olarak prosesin yakıt tüketimi azalır.

Elde edilen çevresel faydalar (özellikle enerji verimliliğindeki gelişmeler)

Isıtıcıların işletim çevrimleri 15'ten 10 güne düşürülmüştür ve sonuç olarak borunun asitle temizleme sıklığı artmıştır. Bu işletim değişikliği ortalama ısı transferi katsayısının artmasına ve flaş buharının geri kazanımının geliştirilmesine katkı sağlamıştır. Bkz. Şekil 7.15



Şekil 7.15: ısıtıcıların işletim devri  
[48, Teodosi, 2005]

#### Çapraz medya etkileri

Bu tekniğin uygulanmasının tek bir olumsuz etkisi vardır o da asitli temizleme sıklığının artmasıyla en sonunda tahliye edilecek ek asit miktarının artmasıdır. Ancak alümina rafinerilerinde herhangi bir çevresel sorunla karşılaşmaz çünkü işletimden kaynaklanan asit, alkalın olan proses atıklarıyla ve boksitle tahliye edilir. iki atığın karıştırılması; aslında çamur havuzuna boşaltılmadan önce proses atıklarının (kızıl çamur olarak adlandırılır)nötrleştirilmesine olanak sağlar.

#### İşletimsel veri

Enerji ve yağ tüketimine özel performans verileri daha önce ele alınmıştır. Salınımlara ilişkin bölümlerde kazanlarda tutulan yağ kazan bacasından çıkan salınımlara eş değer hale gelir.

Rafineride 2000 yılında sülfür giderme işlemiyle değiştirilmeden önce yılda 10 000 ton CO<sub>2</sub> ve 150 ton SO<sub>2</sub> olarak değerlendirilmiştir.

Boruların asitle temizlenmesi tekniği; asit çözeltisinin önerilen yoğunlukta hazırlanması ve metal zeminleri korumak amacıyla uygun korozyon inhibitörünün eklenmesiyle desteklenir. Borular içerisinde asit sirkülasyonu esnasında metalin asit atağının önlenmesi için kullanılacak bir teknik olarak kabuğun içinde bir miktar soğuk su sirkülasyonu sağlanır. Böylece borular içerisinde kontrol edilemeyen sıcaklık artışı engellenmiş olur.

#### Uygulanabilirlik

Kaynak rafinerideki yüksek sıcaklığa sahip ısıtıcılar borudaki sızıntıların engellenmesi için paslanmaz çelik donatılmıştır. Kazan besleme suyu olarak kullanılan uygun kondansların üretimiyle proses devamlılığının önemi dolayısıyla bu işlem tercih edilmiştir. Bu faktör asitli temizlemenin sıklıkla yapılmasına rağmen uzun süre dayanabilecek ısıtıcıların(12 yıldan fazla) çalışmasına katkı sağlamıştır.

#### Finansman

Yeni prosedüre ilişkin masraflar; şirketin işletimi ve temizleme sıklığı ile ortaya çıkan gerekli faaliyetlere ilişkin daha az yatırım yapılmasını destekler. Proses kazançları yağ tasarrufu ve salınımın azaltılması bağlamında rapor edilen kazançtır.

Sistemin enerji verimliliğinin sağlanmasıyla ortaya çıkan gelişmeler; prosesin yağ tüketiminin %1.6'sına denk gelen 3kg/tın alümina ile akaryakıt tüketimindeki azalma ile hesaplanabilir. Yılda 1 Mton alümina üreten rafinerinin üretim oranına göre bir yıl içinde elde edilen tasarruf 3000 ton yakıta eşittir.

#### Uygulama için itici güç Ekonomik sebepler

#### Örnekler

Eurallumina, Portovecompany, İtalya.

#### Kaynak bilgi

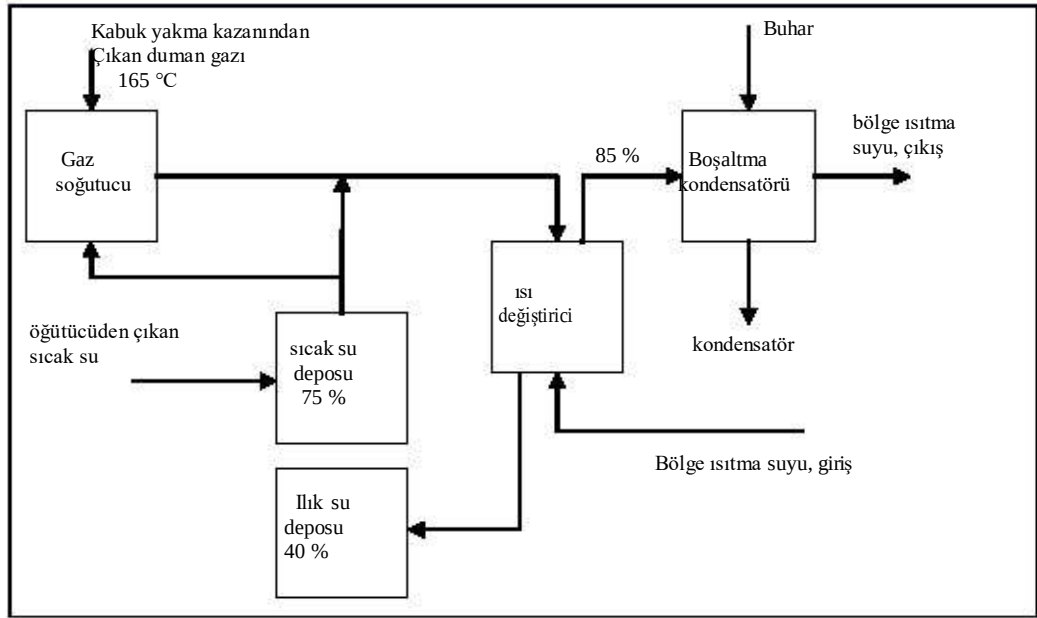
[48, Teodosi, 2005]

#### Tahta öğütücündeki ek ısı geri kazanımı

##### Tanım (enerji verimliliği tekniği)

Belediyeler ve sanayi arasındaki iş birliği enerji verimliliğinin artırılması açısından önem arz etmektedir. Bu iş birliğinin bir örneği İsveç'te Lindesberg'de 23000 sakini bulunan küçük bir belediyedir. AssiDomän Cartonboard in Frövi, İsveç 1998 yılından bu yana bölge ısıtma ağı için ek ısı tedarik etmektedir. Bu ağ Linde Enerji AB tarafından yürütülmektedir. (belediyedeki enerji şirketi).tedarik bölge ısıtma sistemindeki talebin %90'ını karşılamaktadır. Isı gidiş ve Lindesberg'e dönüş olmak üzere 17 km uzunluğunda transit boru aracılığıyla dağıtılır.

Tahta öğütücü çevresel kirliliği azaltmayı amaçlamaktadır. Bunun sonucunda su tüketimi son 10 yılı aşık süredir ciddi ölçüde azalmıştır. Bu da öğütücünün yaklaşık 75 °C sıcaklıkta ek sıcak su üretebilme potansiyelini ortaya koymuştur. Isının, bölge ısıtma ağı için tedarik edilmesinden önce sıcak su sıcaklığı duman gazı soğutucuda biraz daha yükseltilir. (bkz. Resim7.16.)



Şekil 7.16: Bölge ısıtma sistemine bağlı ısı geri kazanım sistemi [20, Åsbländ, 2005]

Isı geri kazanım sisteminin bu şekilde düzenlenmesiyle ikinci ısıtma sistemiyle toplanan ve öğütücüden gelen aşırı ısı kullanılabilir. Bunun yanı sıra çevreye boşaltılacak egzoz gazı ısısı böylece kullanılmış olur. Bu ısı kaynaklarının kullanımı öğütücünün yakıt tüketimini artırmaz. Ancak en üst seviyedeki yükte boşaltım buharı kondensatörü kullanılır. Bu buhar kullanımı öğütücüde yakıt tüketiminin artışıyla sonuçlanır. (özellikle biyoyakıtlar)

Elde edilen çevresel faydalar (özellikle enerji verimliliğindeki gelişmeler)

Tahta öğütücü bölge ısıtma sistemine bağlanmadan önce ısı talebinin %65'i fosil yakıtlardan karşılanır, geri kalanı ise elektrikle çalışan yer altı suyu pompalarından sağlanır(%35) Günümüzde tahta öğütücülerden tedarik edilen ısı bölge ısıtma talebinin %90'ından fazlasını karşılar. Linde Enerji AB'deki yağ kazanları yalnızca en soğuk dönemlerde kullanılır. (yılda 2 hafta) Isı pompası hizmetten kaldırılır.

AssiDomän, bölge ısıtma sistemine bağlanmadan önceki duruma kıyasla fosil yakıtların kullanımı yıllık 4200 ton ve akaryakıt kullanımı ise 200 m<sup>3</sup> azalmıştır. Bunun yanı sıra yer altı suyu pompası hizmetten çıkarılınca elektrik tüketimi yılda 11000 mWh azalmıştır.

Çapraz medya etkileri

Fosil yakıtların ve elektriğin daha az kullanılmasının sonucunda elde edilen faydaların yanı sıra ısı pompalarının hizmet dışı bırakılması havaya salınan ozon tabakası inceltici maddelerin salınımını azaltmıştır.

işletimsel veri

Veri yok.

Uygulanabilirlik

Bu tür bir iş birliği yalnızca belediyeler ve sanayi kuruluşları ile sınırlı değildir. Sanayi parkında böylesi bir iş birliğinin tesis edilmesi de oldukça faydalı olacaktır. Aslında bu yaklaşık eko- sanayi parkları konseptinin arka planında olan fikirlerden biridir.

Finansman

Toplam yatırım masrafları 15 Milyon Euro olarak hesaplanmıştır. Linde Enerji AB, İsveç hükümetinde 2.3 Milyon Euro hibe almıştır. (toplam yatırımın % 15'i).

## Uygulama için itici güç

itici güç hem şirket hem de belediye için ekonomik ve çevresel nedenlerdir. Bu işlemin zamanlaması oldukça iyiydi çünkü öğütücüdeki ilave ısı bir problem haline gelmişti (termal kirlilik) ve CFC- ile çalışan sıvıların aşamalı olarak ortadan kaldırılması nedeniyle bölge ısıtma sistemindeki ısı pompalarının kontrolden geçirilmesi gerekiyordu.

## Örnekler

- ☐ Södra Cell Värö, Varberg
- ☐ Shell refinery, Göteborg
- ☐ İsviçre Steel, Borlänge
- ☐ SCA, Sundsvall.

## Kaynak bilgi

[20, Åsblad, 2005]

## 7.10.3 Kojenerasyon

içten yakmalı motorlar (pistonlu motorlar) örneği: Bindewald Kupfermühle

- ☐ Un değirmeni: 100 000 t buğday ve çavdar/yıl
- ☐ Malt evi: 35 000 t malt/yıl

Bu, sabit pistonlu motora sahip CHP tesisidir. (12 Mio kWh<sub>el</sub> ve 26 Mio. kWh<sub>th</sub> ile gerçekleştirilen ayrı üretimle kıyaslandığında yakıt tasarrufu 12,5 Mio kWh. )

## Teknik veri

- ☐ Yakıt gücü: 2\* 2143 k<sub>fuel</sub> (doğal gaz)
- ☐ Elektrik gücü: 2\*700 kW<sub>el</sub>
- ☐ Termal güç: 2\* 1.200 kW<sub>th</sub>
- ☐ Güç üretimi: yaklaşık 10,2 Mio. kWh<sub>el</sub>/yıl
- ☐ Isı üretimi: yaklaşık 17,5 Mio. kWh<sub>th</sub>/yıl
- ☐ Full yük saati: 7286 h/yıl
- ☐ Gücün ısıya oranı: 0,58.

## İşletimsel veri

- ☐ İşletim başlangıcı: Aralık 1991
- ☐ Verimlilik dereceleri:
  - Elektrik verimliliği: 33 %
  - Termal verimlilik: 56 %
  - Yakıt verimliliği: 89 %
- ☐ Bakım ilişkili miktarlar
  - Her 1000 saatte küçük bakım
  - Her 10000 saatte detaylı bakım
  - mevcudiyet: yaklaşık %90
- maliyet kazancı:
  - ana sermaye masrafları: 1.2 milyon EURO (çevresel ekipmanlar dahil)
  - geri ödeme süresi:
    - statik: 5 yıl
    - dinamik: 7 yıl
  - çevreye sağladığı faydalar:
    - yakıt tasarrufu: 12 000 MWh yakıt/yıl
    - CO<sub>2</sub> tasarrufu: 2 500 t/yıl.

Kaynak bilgi  
[64, Linde, 2005]

#### 7.10.4 Trijenerasyon

Örnek : Barajas Airport, Madrid, İspanya

Barajas Havalimanı binalarının hem ısıtma hem de soğutma ihtiyacı fazladır. Yeni havalimanının zemin alanı 760 000 m<sup>2</sup> (76 hektar). Trijenerasyon konseptinin uygulanmasıyla yatırım geri ödemesine katkı sağlamayan ve boşta çalışan motorların acil durum jeneratörü olarak kullanılması yerine motorlar en süt seviyede verimlilik sağlayarak ana yük tesisimiş gibi elektrik üretir.

ileri tekniklere sahip ve çevre dostu olan maliyet kazancı sağlayan, böylesi önemli bir bölgede önemli bir görevi yerine getirecek kadar güvenilir olan CHP tesisi kurmak öncelikli amaçtır.

Buna ilişkin örnek, ana yakıt olarak doğal gaz, destekleyici yakıt olarak ise hafif akaryakıt (LFO) yakan altı adet Wärtsilä 18V32DF çiftli yakıt motorudur. Ancak LFO'da çalışma saatleri yerel çevresel sınırlamalar nedeniyle yılda maksimum 200 saattir.

Trijenerasyon tesisi, 33 MW'lık net elektrik çıkışı üretir hem havalimanının iç şebekesine hem de ortak şebekeye bağlıdır. Tesis sürekli olarak elektrik ve kış aylarında yeni terminaller için ısıtma, yaz aylarında ise soğutma sağlar. Tablo 7.15, CHP tesisi için teknik veri sağlar.

| Teknik parametreler             | Veri            | Birimler            |
|---------------------------------|-----------------|---------------------|
| Jeneratör terminallerindeki güç | 33.0            | MW <sub>e</sub>     |
| Gaz modundaki ısı oranı         | 8497/42.4 %     | kJ/kW <sub>th</sub> |
| Büyük termal güç                | 24.6            | MW <sub>th</sub>    |
| Toplam termal güç               | 30.9            | °C                  |
| Isı geri kazanım devresi        | Su 120/80       |                     |
| CHP tesisinin yakıt verimliliği | 74 %            |                     |
| Absorpsiyon ısıtıcı kapasitesi  | 18.0            | MW <sub>c</sub>     |
| Toplam dondurucu kapasitesi     | 37.4            | MW <sub>c</sub>     |
| Dondurulmuş su devresi          | 6.5/13.5        | °C                  |
| Normal yakıt                    | Gaz             |                     |
| Destekleyici yakıt              | Hafif akaryakıt |                     |
| HT destekleyici soğutma         | Radyatör        |                     |
| LT ve dondurucu soğutma         | Soğutma kulesi  |                     |

Tablo 7.15: Barajas Havalimanı trijenerasyon tesisi için teknik veriler

Altı adet tek aşamalı absorpsiyon kulesi güç tesisi binasında kurulur. Dondurulan su ayrı tesisat sistemleri aracılığıyla yeni terminaldeki tüketicilere dağıtılır. Lityum bromid (LiBr) absorpsiyon soğutuculara 120 °C'lik ısı geri kazanım devresinden güç verilir ve bunlar soğutucu kuleler aracılığıyla soğutulur.

Madrid Barajas havaalanının CHP tesisi; ısıtma destekleme/en üst seviyeye çıkarma için yağla yakılan kazana ve dondurucu destekleme/üst seviyeye çıkarma gibi elektrikle çalışan kompresörlere sahiptir.

Tesis, ek gücü şebekeye satar ve bu ek güç sürekli olarak ortak şebekeye bağlanır. Elektrik dağıtım sistemi tesisin tüm arızalarını giderecek yedeklemeye sahiptir ve bu haliyle havalimanını beslemeye devam eder. Gaz tedarik edilmezse, motor yağ üzerinden full yükleme ile çalışabilir.



Kaynak bilgi  
[64, Linde, 2005]

## 7.11 Talep yönetimi

### Tanım

Bu bölüm genellikle elektrik talebinin yönetilmesine ilişkindir. Maliyet kazancı öğelerinin enerji tasarrufu öğelerinden ayırt edilmesi önemlidir.

Birçok AB (ve diğer ülkelerde) ülkesinde, kullanılan en üst miktara, gücün şebekeden çekilme süresine, temin edilen miktarda kepin kabul edilmesine yönelik olasılığa bağlı olarak karmaşık bir fiyatlandırma yapısı mevcuttur. İşletmedeki en üst seviye kullanım, kullanılan elektrik birimlerinin bir parçasının özel tarifeyle tahliye edileceği anlamına gelir. Bu da maliyet sözleşmesine yönelik cezaya sebebiyet verebilir. Bu durumun kontrol altına alınması gereklidir. En üst seviyelerin harekete geçirilmesi ya da uyarlanması maliyet kazancıyla sonuçlanır. Ancak bu durum kullanılan toplam enerji birimlerini azaltmayabilir ve fiziksel enerji verimliliğinde artış olmaz.

Talebin en üst seviyeye tırmanması engellenmelidir ya da aşağıdaki yöntemlerle kontrol edilmelidir:

- ☐ Delta star konvektörlerinin kullanılmasıyla düşük yüklemeler için bağlantıların stardan deltaya dönüştürülmesi, büyük motorlar gibi güç talebi yüksek olan ekipmanlar için statik yol vericiler kullanılır.
- ☐ Ekipmanın çalıştırılmasını yavaşlatmak için kontrol sistemlerinin kullanılması (vardiya başlangıcı gibi) (bkz. Bölüm 2.15.2)
- ☐ Elektrik kullanımında ani voltaj yükselmesine neden olan güç içindeki proseslerin süresinin değiştirilmesi

Elde edilen çevresel faydalar  
Veri bulunmamaktadır.

Çapraz medya etkileri  
Enerji tasarrufu sağlanmayabilir.

İşletimsel veri  
Taleplerin ani olarak yükselmesine yönelik örnekler:

- ☐ Büyük ölçüde güç kullanan ekipmanların çalıştırılması (büyük motorlar)
- ☐ Çeşitli sistemlerle birlikte vardiyaların başlatılması (örn, pompalar, özellikle sabit olarak kullanılmıyorsa)
- ☐ Yüksek enerji talebine neden olan ısıtma işlemi gibi ısıtma prosesleri )

Yüksek ani talepler fazların AC çevrimlerini tahrip ederek enerji kayıplarına ve kullanılabilir enerji kayıplarına neden olur. Bkz. Harmonikler Bölüm 3.5.2.

Uygulanabilirlik  
Tüm işletmelerde düşünülebilir.

Kontroller manuel ya da (prosesin kullanıldığı günün zamanlamasının değiştirilmesi) basit otomatik kontroller (örn. Zamanlayıcılar) olabilir ya da daha gelişmiş enerji ve/veya proses yönetim sistemlerine bağlanabilir. (bkz. bölüm 2.15.2)

Finansman  
Gereksiz güç kullanımı ve en üst güç seviyeleri yüksek masraflarla sonuçlanmaktadır.

Uygulama için itici güç  
Maliyet kazancı

Örnekler  
Yaygın olarak kullanılanlar

Kaynak bilgi  
<http://members.rediff/seetech/Motors.htm>  
[183, Bovankovich, 2007]  
<http://www.mrotoday.com/mro/archives/exclusives/EnergyManagement.htm>

## 7.12 Enerji hizmeti şirketi (ESCO)

### Tanım

Enerji politikasına ilişkin tartışmalarda enerji tasarrufu için değerlendirilmeyen potansiyele odaklanmaktadır. Bu potansiyeli geliştirilememesi ekonomik faktörlere pek dayandırılmaz genellikle bu başarısızlık yapısal eksikliklerden ve enerji kullanıcılara ilişkin bilgilerin yetersizliğinden kaynaklanır. Enerji hizmeti sağlayıcılarla ya da enerji hizmeti şirketleriyle (ESCO ya da ESCo) enerji performansı akdinin (EPC) imzalanması enerji tasarruflarının artmasına katkı sağlayabilir. Ancak üçüncü taraflara ve diğer girişimlere ilişkin fırsatlar mevcuttur.

ESCO enerji tasarruf fırsatlarını belirleyecek ve değerlendirecektir, sonrasında tasarruflar aracılığıyla ödenecek bir gelişim paketi sunacaktır. ESCo özellikle orta ve uzun vadeli(7-10 yıl arası) anlaşmaların tüm proje masraflarını karşılamak amacıyla tasarrufların yıllık ödemelere denk geleceğini ya da bunları aşabileceğini garanti altına alır. Tasarruflar gerçekleştirilemezse aradaki farkı ESCo öder.

Enerji hizmetlerinin önemi enerji hizmetlerini aşağıdaki gibi tanımlayan 5 Nisan 2006 tarihli AB'nin enerji son kullanım verimliliği ve enerji hizmetleri hakkındaki Direktifi ile vurgulanmış sayılır. (2006/32/EC):

Enerji hizmeti; hizmet sağlamak için gerekli işletimi, bakımı ve kontrolü kapsayan enerji verimli teknolojisi ve/veya eylemi ile kombinasyon halinde geliştirilen fiziksel fayda, yardımcı malzeme ya da maldır. Buna ilişkin kontroller, bakımlar ve işletimler anlaşma temelinde sağlanır ve normal koşullar altında doğrulanabilir ve ölçülebilir ya da tahmin edilebilir enerji verimliliği gelişimi ve/veya birincil enerji tasarrufuna imkân sağlar.

Enerji hizmeti sağlayıcısı ilgili uygulamaya bağlı olarak aşağıda yer alan enerji türlerini tedarik eder:

- ☐ Termal enerji (bina ısıtma, buhar, proses ısı, proses suyu, sıcak su)
- ☐ soğutma (soğutucu su, bölge soğutma)
- ☐ elektrik (kojenerasyon tesislerinde ya da fotovoltaik işletmelerden gelen ılık ya da güç) hava
- ☐ (sıkıştırılmış hava, havalandırma, iklimlendirme).

Elde edilen çevresel faydalar

Enerji tasarrufları. Elde edilen tasarruflar EPC'nin kapsamındadır.

Çapraz medya etkileri

Bildirilmemiştir.

işletimsel veri

ESCO, aşağıda yer alan görevleri yerine getirebilir: (kronolojik sıraya göre)

- ☐ Enerji tasarruf potansiyelinin belirlenmesi
- ☐ Fizibilite çalışması
- ☐ Amaçların belirlenmesi ve enerji tasarrufu anlaşmalarının imzalanması
- ☐ Uygulama için projenin hazırlanması
- ☐ inşaa yönetimi ve bitirilmiş işin işleme sunulması

- ☐ Gerçekleştirilmiş çevresel ve ekonomik parametrelerin değerlendirilmesi

#### Uygulanabilirlik

Amerika’da 10 – 20 yıldır yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

#### Finansman

Ticari kuruluş ile ESCO arasında sonuca ulaştırılan enerji performansı sözleşmesinin (EPC)nin temel sözleşme maddesi; ticari kuruluş adına ESCO’nun projenin üzerinde anlaşılmış ekonomik parametrelerini ve önceden belirlenmiş çevresel yükünü azaltma zorunluluğuna işaret eder. Bunun gibi gerekli parametreler hakkında bireysel kararlar alınabilir ve bu kararlar genellikle aşağıda yer alan maddeleri kapsar:

- ☐ Mevcut koşullarla kıyaslandığında enerji masraflarına yönelik yıllık kesinleştirilmiş düzeyde elde edilebilecek tasarruflar
- ☐ Enerji masraflarına ilişkin gelecekteki tasarruflardan ve diğer mali etkilerden kaynaklanan yatırımların garantilenmiş olarak geri ödenmesi (izin verilen ek salınımların satışı, “beyaz sertifikaları”ın satışından elde edilen gelirler, servis ve bakım masraflarından tasarruf edilmesi dahil)
- ☐ Salınım seviyelerinin düşürülmesi
- ☐ Birincil yakıt tüketim seviyesinin düşürülmesi
- ☐ ESCO’nun ve girişimcinin üzerinde ortaklaşa karar aldığı diğer parametreler

#### Uygulama için itici güç

TESCO aracılığıyla başarılı bir enerji performansı (EPC) sözleşmesiyle aşağıda yer alan faktörler uygulanabilir:

- ☐ Aşağıda yer alan faktörlere uyum sağlama amacıyla gerekli becerilerin sağlanması (bkz. Bölüm 2.6)
- ☐ Enerji denetiminin doğru şekilde uygulanması ve buna ilişkin metot
- ☐ Daha fazla seçeneği ve fizibilite çalışmalarını bir araya getiren (önerilmiş) değişiklik konseptleri
- ☐ Ticari kuruluşun gelecekte tahmin edilen gelişimini dikkate alarak optimum seçeneklerin belirlenmesi
- ☐ En iyi enerji tasarruf teknolojilerinin ve proseslerin seçilmesi
- ☐ Enerji verimli teknolojilerin oluşturulması için gerekli fonun sağlanması
- ☐ Özel bileşenlerin içinde bulunduğu tedarikçilerin seçilmesi
- ☐ İşletmenin enerji verimli teknolojileri için kullanılan prosedürlerin doğruluğu
- ☐ Planlanan enerji performansının ve ekonomik verimliliğin gerçekleştirilmesi

#### Örnekler

Sıkıştırılmış hava sisteminde kusurlu kompresörlerin değiştirilmesi

A şirketi yarı bitmiş ürünleri kurutmak için sıkıştırılmış hava kullanır. Ancak kusurlu kompresörler A şirketinin bu ürünleri üretmek için full kapasitede çalışmasını engeller ve siparişlere yetişememesine neden olur.

A şirketi kompresör tedarikçisinden ya da başka bir tedarikçiden kiralanan ve kıyaslanabilir verime sahip kompresörün kendi üretim hattına entegre edilmesiyle bu sorunu aşmaya çalışır. A şirketinin kendi kompresörü onarıldıktan sonra kiralanan ünite sahibine geri verilir.

Tablo 7.16, enerji kullanıcı bakış açısından ekipman kiralamanın avantajlarını ve dezavantajlarını gösterir.

| Faktörler                                                 | Avantajlar        | Seviye                             | Dezavantajlar     |
|-----------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------|
| Ana sermaye masrafları                                    | Kısa vadede azdır |                                    | Uzun vadede fazla |
| Organizasyon tarafından ihtiyaç duyulan uzmanlık seviyesi |                   |                                    | Nispeten fazla    |
| Gerekli personel yeterlilik Seviyesi                      |                   |                                    | Nispeten fazla    |
| Bakım ve onarım masrafları                                |                   |                                    | Nispeten fazla    |
| dış tedarikçilere bağımlılık                              |                   | Orta                               |                   |
| Koordinasyon ve iletişim için yapılan harcamalar          |                   | Orta                               |                   |
| enerji tedarikçisinin güvenliği                           | nispeten fazla    |                                    |                   |
| kalite garantisinin kapsamı                               | Nispeten geniş    | Bunun için müşteri Sorumluluk alır |                   |
| maliyet şeffaflığı                                        | nispeten fazla    |                                    |                   |
| sözleşme süresi                                           | kısa              |                                    |                   |
| enerji tasarrufu teşviki                                  |                   |                                    | nispeten az       |

Tablo 7.16: CAS ekipmanının kiralanmasına yönelik avantajlar ve dezavantajlar

Kaynak bilgi

[279, Czech\_Republic, 2006, 280, UBA\_DE, 2006]

<http://www.esprojects.net/en/energyefficiency/financing/esco>

<http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/ESCO/index.htm>

#### 7.12.1 Teknik hizmetlerin yönetimi

Enerji hizmeti sağlayıcı (ESCO) teknik hizmet yönetim servisi sağlarken işletim, bakımı ve maliyet optimizasyonuna ait sorumlulukları özel hizmet olarak görür.

Teknik hizmetlerin yönetimi ; genellikle yönetimde ve kontrol teknolojisinde daha az yatırım yapıldığı için yönetilen hizmetin verimliliğini artırır. Verilen hizmet müşterinin mülkiyeti olarak kalır ve yalnızca teknik hizmetin dışarıdan sağlandığı durumlarda değişim gerçekleşir.

Enerji hizmeti tedarikçi ücretleri ya bireysel hizmetler içindir ya da götürü ücreti olarak ödenir.

Müşteri enerji hizmeti sağlayıcı tarafından gerçekleştirilen enerji tasarruflarında enerji masraflarını tedarikçiyle paylaşarak bu masrafları azaltabilir. böylece enerjinin verimli ve ekonomik biçimde kullanılmasını teşvik eder.

Teknik hizmet yönetimi; müşteri sorunsuz ve tamamıyla güvenilir işletimsel performans talep ettiğinde ve işletmede yeterli sayıda uzman eleman bulunmadığında yaygın olarak uygulanır.

Tablo 7.17, enerji kullanıcının bakış açısından teknik hizmetlerin yönetiminin avantajlarını ve dezavantajlarını gösterir.

| Faktörler                                                                                                              | Avantajlar     | Seviye                             | Dezavantajlar |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------|---------------|
| Ana sermaye masrafı                                                                                                    |                |                                    | Fazla         |
| Organizasyonun ihtiyaç duyduğu uzmanlık                                                                                | Az             |                                    |               |
| Gerekli personel yeterlilik seviyesi                                                                                   | Az             |                                    |               |
| Bakım ve onarım masrafları                                                                                             | Az             |                                    |               |
| Dış tedarikçilere bağımlılık                                                                                           |                |                                    | Fazla         |
| Koordinasyon ve iletişim ile ilgili masraflar                                                                          |                | Orta                               |               |
| enerji tedarikçinin güvenliği                                                                                          | Nispeten Geniş |                                    |               |
| kalite garantisinin kapsamı                                                                                            | Nispeten geniş | Bunun için müşteri Sorumluluk alır |               |
| maliyet şeffaflığı (yalnızca ana sermaye harcamaları için uygulanır, enerji ve diğer masraflar için geçerli değildir.) | fazla          |                                    |               |
| sözleşme süresi                                                                                                        | kısa           |                                    |               |
| enerji tasarrufu teşvikleri                                                                                            |                |                                    | nispeten az   |

Tablo 7.17:ESCO aracılığıyla CAS tedarikçinin avantajları ve dezavantajları

Örnek:

Kojenerasyon tesisinin para kaynağı

C Şirketi (baskı şirketi) yeni kojenerasyon tesisinin hayata geçirilmesini gerektirecek üretim kapasitesinin artırılmasına karar vermiştir. C şirketi çözüme ilişkin karar aldıktan sonra enerji hizmeti sağlayıcısı (aynı zamanda hizmet üreticisi) para kaynağı sağlama sorumluluğunu üstüne alır ve 15 yıllık bir sözleşme yapılarak tesis planlaması ve inşası gerçekleştirilir. Para kaynağı sağlama sözleşme masrafları ile belirlenir, C şirketi enerji hizmeti sağlayıcıya her bir hizmet üreticisi için para öder.

### 7.12.2 Son enerji tedarik hizmetleri (işletme sözleşmesi olarak da bilinir)

Bu durumda, enerji, hizmeti sağlayıcı şartları 5 ile 20 yıl arasında değişen sözleşmeye göre enerji işletmesini planlar, finanse eder, inşa eder ve işletir. Bu süre boyunca işletme enerji hizmeti sağlayıcısının mülkiyetindedir. Müşteri enerji hizmetleri anlaşmasında özel bir fiyatta özel kaliteye sahip enerjinin satın alınmasında enerji hizmeti sağlayıcısıyla ilişki içerisinde olur. Bu sözleşmeyle müşterinin finansman ve işletmenin bakımı ya da işletimi hakkında tasarruf hakkı yoktur.

Enerji hizmeti tedarikçisinin ücreti tüketime (örn. metre küp sıcak su için x Euro gibi) bağlı olarak temel fiyatı (ay bazında vb.) ve değişken fiyatlandırmayı kapsayan genel masraflara dahildir. Bu düzenleme satın alınan enerji hizmetinin daha ekonomik olarak kullanılması için müşteriyi teşvik eder.

Müşteri enerji hizmeti tedarikçisinin dağıtım ağını kullanıyorsa bu durum özel enerji transfer noktasını ya da noktalarını kapsayan sözleşmede belirtilmelidir. Bu durumda enerji hizmeti tedarikçisi ısıtılmış zeminin tedarik edilmesi konusunda doğrudan sorumludur. Böylece son enerji tedariki için en verimli metotların bulunmaya çalışılmasıyla enerjinin nihai olarak kullanımı azalmış olur.

Bu enerji hizmeti modeli, enerji hizmetleri dışarıdan alındığı durumlarda yeni binalar için oldukça uygundur ya da modernize kazan sistemlerinden ısı tedarik edilmesiyle eski ekipmanların değiştirilmesini kapsayan yukarıdan aşağı modernizasyon işleminin uygulanmasını gerektiren enerji sistemlerinin yer aldığı binalar için kullanılabilir. Son enerji; sözleşme senaryolarındaki tüm enerji hizmetlerinin yaklaşık %90'ında tedarik edilmektedir.

Tablo 7.18’de enerji kullanıcısı bakış açısıyla son enerji tedarikinin avantajları ve dezavantajları yer almaktadır:

| Faktör                                        | Avantajlar     | seviye | dezavantajlar |
|-----------------------------------------------|----------------|--------|---------------|
| Ana sermaye masrafları                        | Az             |        |               |
| Şirketin ihtiyaç duyduğu uzmanlık             | Az             |        |               |
| Gerekli personel yeterlilik seviyesi          | Az             |        |               |
| Bakım ve onarım masrafları                    | Az             |        |               |
| Dış tedarikçilere bağımlılık                  |                | fazla  |               |
| Koordinasyon ve iletişim ile ilgili masraflar |                | orta   |               |
| enerji tedarikinin güvenliği                  | Fazla          |        |               |
| kalite garantisinin kapsamı                   | Fazla          |        |               |
| maliyet şeffaflığı                            | Nispeten geniş |        |               |
| sözleşme süresi                               |                |        | Fazla         |
| enerji tasarrufu teşviği                      | Fazla          |        |               |

Tablo 7.18:ESCO ile enerji avantajları ve dezavantajları

### 7.13 Avrupa Komisyonu web sitesi ve Üye Devletler Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planları (NEEAPs)

Avrupa Komisyonu’nun enerji verimliliği hakkında bilgilerin yer aldığı web sitesi:

[http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/end\\_use\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/end_use_en.htm)

Herhangi bir politika, eylem, araç ya da politika destekleyici önlem çok çabuk güncelliğini yitirdiği için bu web sitesi faydalı kaynaklar sunar ve aşağıda yer alan konular hakkında linkler ve bölümler içerir:

Yasama :

- ☐ Son kullanım verimliliği & Enerji hizmetleri
- ☐ Binalarda Enerji Verimliliği
- ☐ Enerji Kullanan Ürünleri Eko-tasarımı
- ☐ Ev Aletlerinin Enerji Etiketlemesi
- ☐ Enerji Star Programı
- ☐ Kombine ısı ve güç (kojenerasyon) (MS Raporlarıyla)
- ☐ Tartışma

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planları (NEEAP)

Hazırlanan tablo tüm ENE planlarını ve/veya MS’ler ile ilgili MS dillerinde ya da İngilizce olarak ilgili iletişim kaynaklarının yer aldığı PDF dosyalarını içermektedir. (bazı durumlarda yalnızca İngilizce (2008 yılında yalnızca İsveç’e ilişkin bilgiler mevcut değildi)

MS eylemlerine ilişkin örnekler:

- ☐ Tasarruf yatırımlarına yönelik vergi indirimi
- ☐ ENE tekniklerine yönelik masraflar için hibe (ekolojik)
- ☐ Enerji teknolojisinde tatbikat projelerinin desteklenmesi
- ☐ Fizibilite çalışmaları
- ☐ Enerji teşhisi
- ☐ Kojenerasyon sertifikaları (mavi sertifikalar )
- ☐ Çevresel izinlerinin eş enerji planı ya da çalışması gerektirdiği durumlarda enerji planlamaya ilişkin düzenlemeler
- ☐ Daha iyi bir işleme sahip olmak için (örn. ENE’de dünyanın ilk %10’luk dilimi içinde olmak) sanayi kuruluşlarının resmi yükümlülükleri üstüne aldığı durumlarda kıyaslama akdi

- ☐ Sanayi kuruluşların tam bir enerji denetimini uyguladıkları ve tüm ekonomik olarak uygun önlemleri hayata geçirdiği durumlarda denetim akdi.
- ☐ Enerji tasarruf sertifikaları (beyaz sertifikalar), bkz EuroWhiteCert, aşağıda.
- ☐ Enerji tasarruf anlaşmaları

#### Girişimler/Projeler

EuroWhiteCert Projesi en son bilgilere göre düzenlenerek bu web sitesinde yayımlanmıştır.

#### faaliyetler

En son faaliyetler basın bildirgeleri yer almaktadır.

#### Linkler

Yukarıda sözü edilen linklerin yanı sıra “ Enerjinin Son Kullanım Verimliliği ve Enerji Hizmetlerine ilişkin AB Direktifi’nin Değerlendirilmesi ve Gözden Geçirilmesi” ile ilgili EU EMEEES projesine ilişkinlikler bulunmaktadır.

“yeni” linki yayımlanan çeşitli Avrupa belgelerini (raporlar, sıkça sorulan sorular vb.) , danışma toplantılarını kapsar.

Site haritası bölümünden aşağıda yer alan bilgilere ulaşılabilir:

- ☐ Politikaya ilişkin belgeler
- ☐ Yasama
- ☐ Gönüllü anlaşmalar:
  - Avrupa Motor Challenge Programı
  - GreenLight Programı
  - Yeşil Bina Programı
- ☐ Tanıtıcı faaliyetler:
  - Proje veri tabanları
  - Yayınlar ve broşürler
- ☐ Destekleme programları:
  - Araştırma ve teknoloji geliştirme (RTD) çerçeve programları (FP)
  - Akıllı enerji Avrupa ve önceki RTD olmayan destek programları, uluslararası ilişkiler
- ☐

Daha detaylı bilgi için, TREN [EnergyServices@ec.europa.eu](mailto:EnergyServices@ec.europa.eu) ile iletişime geçiniz.

## 7.14 AB Salınımları ticaret programı (ETS)

1992 Birleşmiş Milletler iklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması (UNFCCC) ile alakalı olarak Kyoto Protokolü ile belirlenen yaratıcı mekanizma üzerinde temellenen Ortak Uygulama, Temiz Gelişim Mekanizması ve AB’de salınım ticareti, karbon dioksit salınımlarının (CO<sub>2</sub>) ticaretinin yapılması için en büyük şirket seviyesinde planı geliştirmiştir ve böylece gelişen piyasada dünya lideri haline gelmiştir.

AB salınımları ticaret programı (ETS) emisyon azaltma amacıyla sıvı piyasasının kurulması aracılığıyla yapılan fiyatlandırmanın kabul edilmesi AB Üye Ülkelerinin Kyoto yükümlüklerine uymada ve gelecekte düşük karbon ekonomisine yönelmelerinde maliyet kazancı sağlayacak bir yol göstermektedir. Bu program AB’nin Kyoto hedeflerine yıllık 2.9 milyar Euro-3.7 milyar Euro gibi bir maliyetle ulaşmalarına imkân sağlamalıdır. Bu miktar AB’nin gayri safi yurt içi hasılasının %01.’inden daha azdır. Program olmadan taahhüt masraflar yıllık 6.8 milyar bulabilir.

ETS, Avrupa Komisyonu tarafından önerilen ve tüm Avrupa Birliği Üye Ülkeleri ve Avrupa Parlamentosu tarafından kabul edilen bağlayıcı bir tüzük ile oluşturulmuştur. Program altı temel ilkeye dayanır:

- ☐ Emisyon üst sınırı ticarettir
- ☐ ilk odağı büyük salınım emitörlerinden gelen CO<sub>2</sub>'dir.
- ☐ Uygulama aşamalı olarak periyodik gözden geçirmeler ve diğer gazlara ve sektörlerle açılım fırsatlarına ilişkin değerlendirmeler şeklinde gerçekleşecektir.
- ☐ Salınlara ilişkin ödenek planları periyodik olarak belirlenir.
- ☐ Yüksek ölçüde uyum çerçevesi içerir.
- ☐ Piyasa AB çerçevesi kapsamındadır ancak dünyadaki geri kalan ülkelerde temiz gelişim mekanizmasının (CDM) ve JI'nın kullanılmasıyla en üst sınır emisyon azaltma fırsatları üçüncü ülkelerde uygun programlar için bağlantılar sağlar. (örn. Rusya'da ve gelişmekte olan ülkelerde)

Program, karbon dağıtımının ticaretine dayanmaktadır: dağıtım bir ton CO<sub>2</sub> tahliye etme hakkına işaret eder. Avrupa Komisyonu program dahilindeki her bir işletmeye çeşitli ödenekler alma hakkı sağlayan karbon dağıtım için MS ulusal planlarını kabul eder. Kararlar halka açık olarak alınır. AB temelli iş alanları için birtakım faydaları vardır:

- ☐ Salınımın zorunlu olarak denetlenmesi ve rapor edilmesi ile şirketler CO<sub>2</sub> Bütçelerini ve karbon yönetim sistemlerini belirler
- ☐ CO<sub>2</sub>'nin bir fiyatı olacağı için şirketler; mevcut üretim proseslerini geliştirerek ve yeni teknolojilere yatırım yaparak salınımları azaltmak amacıyla mühendislerin maliyet kazancı sağlayacak becerilerini ortaya çıkarır.
- ☐ AB karbon piyasası sonucunda Avrupa'da ortaya çıkan yeni iş alanları: karbon tüccarları, karbon finans uzmanları, karbon yönetim uzmanları, karbon denetçileri ve doğrulayıcıları. Karbon fonu gibi yeni finansal ürünler piyasaya girmektedir.

#### Program kapsamı

Salınım ticareti ekonominin birçok sektörünü ve Kyoto Protokolü tarafından kontrol edilen sera gazlarının(CO<sub>2</sub> azot oksit, hidroflorokarbon, perflorokarbon ve sülfür hekza florid) tümünü kapsayacak potansiyele sahiptir. ETS'nin kapsamı ise salınım tecrübelerinin oluşmasındaki ilk aşamada özellikle sınırlandırılmıştır.

Sonuç olarak, 2005-2007 yılları arasındaki ilk ticaret periyodunda, ETS yalnızca güç ve ısı üretim sanayindeki büyük emitörlerden çıkan ve seçilmiş enerji yoğunluklu sanayi sektörlerinden gelen CO<sub>2</sub>'yi kapsamaktaydı: yakma tesisleri, petrol rafinerileri, kok fırınları, demir ve çelik tesisleri ve çimento, kireç, tuğla, seramik, kâğıt hamuru ve kâğıt yapan fabrikalar. Üretim kapasitesine ya da verime dayanan boyut sınır eşiği bu sektörde plan içerisinde yer alacak tesislerin belirlenmesine yardımcı olur.

Bu kapsam sınırlı olsa dahi 27 Üye Ülkede 12 000 işletmeyi kapsamaktadır ve AB'nin toplam CO<sub>2</sub> Salınımının % 45'i'ne ve tüm sera gazları salınımının %30'una denk gelmektedir.

Bu salınımlar şirketlere ve çevreye nasıl yarar sağlar?

Teorik olarak A ve B şirketi yıllık 100 000 ton CO<sub>2</sub> salar. Ulusal dağıtım planlarında hükümetleri her birine 95000 tonluk salınım payı bırakır ve 5000 pay eksiği tamamlamaları için şirketlere izin verir. Bu durum salınımları 5000 ton düşürmek ya da piyasada 5000 pay almak arasında seçim yapmaya zorlar. izlenecek yolun belirlenmesinden önce her iki seçeneğin de maliyeti karşılaştırılır.



Piyasada günümüzde pay ücreti ton başına CO<sub>2</sub> için 10 Euro'dur. A şirketi salınımları azaltmayı ton başına 5 Euro olarak hesaplar. Bu karar gerekli payın alınmasından daha hesaplı olacaktır. A şirketi salınımları 5000 tondan da öyete taşıyarak 10 000 ton civarında azaltacak fırsatları değerlendirmektedir böylece önümüzdeki yıllarda salınım limitlerine uyum sağlamada sıkıntı yaşamayacaktır.

B şirketi ise farklı bir konuma sahiptir. Salınım azaltma fiyatları piyasa değerinden daha yüksek olarak 15 Euro olarak belirlenmiştir, böylece salınımları azaltmak yerine pay almayı tercih etmiştir.

A şirketi ton başına 5 Euro üzerinden 10000ton salınım için 50000 Euro öder ancak 5000 pay satarak 50000 Euro kazanır, artık ton başına 10 Euro'luk fiyata ihtiyacı yoktur. Bu da paylarını satarak salınım azaltma fiyatlarını dengelemesi anlamına gelir. Salınım ticareti programı olmadan üstleneceği net fiyat 25000 Euro olacaktı. (salınımlarının yalnızca 5000 ton düşürerek)

B şirketi her bir tonu 10 Euro'dan 5000 pay satın alarak 50 000 Euro harcamıştır. ETS'nin sunduğu esneklik olmasaydı (5000 ton) 75000 Euro ödeyerek salınımlarını azaltmak zorunda kalacaktı.

Bu yüzden salınım ticareti bu örnekteki şirketler için toplamda 50 000 maliyet kazancı sağlamıştır. Bu durum, A şirketi salınımlarını azaltmaya karar verdiği için (daha hesaplı seçenek olduğu için) B şirketinin satın aldığı paylar bu şirket kendi salınımlarını azaltmaya bile gerçekte salınımın azaltıldığı anlamına gelir.

#### Kaynak bilgi

EU Emissions trading: An Open Scheme Promoting Global Innovation to Combat Climate Change 2004, ISBN 92-894-8326-1 mevcut:  
[http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/emission\\_trading3\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/emission_trading3_en.pdf)

## 7.15 Ulaştırma sistemlerinin optimize edilmesi

Sanayi sektörüne bağlı olarak ulaştırma şirkette büyük enerji tüketicisi konumundadır. Bir şirketin ulaştırmaya ilişkin enerji tüketimi şirketin tüm enerji yönetim sisteminin bir parçası olan iyi bir "ulaştırma sistemi" ile azaltılabilir.

Boru tesisatı, hava basıncı ile çalışan taşıyıcılar, forklift kamyonları gibi tesis içerisinde taşıyıcı sistemler bulunmaktadır. Ancak bu belgede bu sistemlere ilişkin herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

Çevresel olarak en verimli taşıma sisteminin belirlenmesi ürün çeşidine bağlıdır. karayolu ulaşımı yaygın olarak kullanılmaktadır ancak demir yolu ve deniz taşımacılığı da dökme malzeme için kullanılmaktadır. Borular ise sıvıların ve gazların taşınması için tercih edilir.

### 7.15.1 Ulaşım zinciri için enerji denetimi

Ulaşım zincirinin artırılması, şirketlerin ulaştırma ağlarının geliştirilmesine, ulaştırma masraflarının, enerji, karbon dioksit ve emisyon tüketiminin azaltılmasına katkı sağlar. Ulaşım zinciri için enerji denetim prosedürü verimliliğin artırılması ve potansiyel tasarruf fırsatlarının elde edilmesi amacıyla önlemlerin belirlenmesi için gerekli bir araçtır.

Ulaşım zinciri için enerji denetim prosedürünün amacı:

- ☐ Maliyet kazancını artırmak
- ☐ CO<sub>2</sub> salınımlarının üretiminin ve enerji kullanımının azaltılması
- ☐

Enerji denetim içeriği:

- ☐ Mevcut ve potansiyel ulaşım araçlarının tümü
- ☐ Lojistik:
  - Paketleme, örn. ulaşımın kolaylaştırılması için değiştirilebilir, böylece yük başına daha fazla ürün yüklenir, daha az araç hareketi sağlanır.
  - Yükleme
  - Depolama ve elden geçirme
  - Kullanılan araçların boyutu ve şekli
  - Nakliye personeli
- ☐

Enerji denetiminin faydaları

- ☐ Ulaştırma ve enerji muhafaza verimliliğinin artırılmasıyla masrafların azaltılması
- ☐ Gelişim alanlarının aşamalandırılması ve bireyselleştirilmesi
- ☐ Ulaştırma zinciri içerisinde uygun işletimsel faaliyetlerin yaygınlaştırılması

Örnekler 7.15.2 ve 7.15.3'te yer almaktadır  
[272, Finland, 2007].

### 7.15.2 Karayolu taşımacılığı enerji yönetimi

Enerji verimli tekniklerin tanımı

Ulaştırmaya ilişkin enerji verimliliğinin sağlanması amacıyla yakıt performansında uzun vadeli gelişmeler sağlamak, denetlemek ve hedeflemek ve herhangi bir girişim sonucunda elde edilen gelişmeleri değerlendirmek için verilerin toplanması ve analiz edilmesi önemlidir.

Yakıt yönetim programında aşağıda yer alan dört adım oldukça önemlidir:

- ☐ Veri toplama sistemi oluşturmak
- ☐ Verilerin doğru bir şekilde toplanmasını sağlamak
- ☐ Verileri temizlemek
- ☐ Verileri analiz etmek ve yorumlamak

Veri toplamaya ilişkin başlıca seçenekler:

- ☐ Verilerin elden toplanması ve özet tablosu ya da veri tabanı oluşturulması
- ☐ Yakıt pompasından verilerin alınması, elektronik olarak bilgisayara yüklenmesi ya da özet tablosu oluşturulması/veri tabanına yüklenmesi
- ☐ Yakıt kartlarının kullanılması, raporlama sistemlerinin kullanılması ya da bilgisayar özet tablosuna ya da veri tabanına yüklenmesi
- ☐ Cihaz kullanılarak her bir aracın motoruna giren yakıt miktarının denetlenmesi. Günümüzde motorlarının elektronik olarak kontrol edildiği birçok kamyon, bu bilgileri alabilecek uygun bir ölçüm sistemiyle teçhiz edilebilir.
- ☐ Ayır bir yakıt akışı ölçer kurmak yakıt tüketimini ölçmek için bunu cihaz bilgisayarına bağlamak
- ☐

Uygun indirme metotları ve bilgisayar yazılımı ile madde halinde belirtilen son iki seçenek bireysel araçlar ve sürücü performansı hakkında kaliteli veriler sunmalıdır. Her iki seçeneğin de motora giren yakıtı (depodan dağıtılması yerine) ölçme gibi bir avantajı vardır. Ancak bu yaklaşım sınırlıdır. Yakıt yığınlarını kontrol etmez, teslimlere ve dağıtılan yakıt miktarına ilişkin düzenlemeler içermez.

Ayrıca bu yaklaşım masraflıdır çünkü yakıt ölçüm sistemi tüm filoyu denetleyen tek sistem yerine her bir araç üzerine kopya edilmiştir. Bu yüzen ölçüm araçlarını temel pompa sistemleriyle değiştirmek yerine bu sistemlerin ek bir parçası olarak kullanmak gerekir.

Yakıt tüketim rakamlarının ortalamasını alınmasıyla ortaya çıkabilecek hataların engellenmesi içim ham verilerin korunması gerekir (kullanılan yakıt ve kat edilen mesafe) diğer bir deyişle herhangi bir süre içerisinde yakıt tüketiminin ortalamasının alınması: mesafe ve hacim toplamının ele alınması gerekir.

Yakıt tüketimini etkileyen faktörler:

- ☐ Araç, yakıt performansını etkileyen en büyük faktörlerden biridir. ( model, özellik, aracı yaşı, aracın durumu, işletimsel detayla, kullanılan ürünler ve ekipmanlar, yağlayıcılar ve aerodinamikler)
- ☐ Araç sürücüsü, yakıt tüketimi üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Sürücüye ilişkin konular işe alım ve seçme ile başlar, eğitim, motivasyon ve işe müdahil olma ile devam eder.
- ☐ Taşınan yük aracın yakıt performansını etkiler. Toplam ağırlık ise önemli bir faktördür. Bu faktör teslimlerin yapıldığı dönemlerde değişir.
- ☐ Ürünleri taşıyan konteynerlerin yükünün, şeklinin ve boyutunun optimize edilmesi son derece önemlidir.
- ☐ Hava koşulları da yakıt performansını etkiler. Özellikle farklı hava koşullarında toplanan verilerin karşılaştırılmasında bu faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Rüzgâr, yağmur, karla karışık yağmur ve kar performans üzerinde büyük bir etkiye sahiptir.
- ☐ Yol durumu da bu noktada önemli ir faktördür. Daralan dönemeçli yollar düz çift şeritli yollardan daha fazla yakıt tüketimine neden olur. Tepelik arazi boyunca yavaş ve dolambaçlı yollar en iyi araçların bile yakıt performansını etkiler.
- ☐ Yakıt alımı. Yakıtın iki özelliği vardır; yakıt yoğunluğuna bağlı olarak içerdiği enerji miktarı ve yakma kolaylığı

#### Denetim

Denetime ilişkin beş ana öge bulunmaktadır:

1. Tüketimin düzenli olarak ölçülmesi. Bu işlem genellikle her aracın yakıt tüketiminin düzenli olarak (tercihen haftalık) kayıt altına alınmasını kapsar.
2. Araçla kat edilen mesafenin tüketimle olan ilgisi kullanılan yakıta bağlıdır. (örn km başına litre) diğer ölçümleri ise km başına yakıt tonunun kapsar. Bir tonluk navlunlu yükü bir kilometre uzağa taşımak için kullanılan yakıt)
3. Belirli bir süre için aynı işi yapan benzer araçlar için yakıt tüketimine ilişkin standart analizler belirlemek. Her bir araç için yaklaşık yakıt tüketimi standardına ulaşmak gerekir. Bu durum “etkin” bir standart sağlamaz ancak bir temel oluşturur ve gerçek rakamlar sunar.
4. Sorumlu kişilere performans hakkında rapor sunmak. Yakıt tüketim verileri yakıt tüketiminde etkisi olan kişilere düzenli olarak rapor edilmelidir. Bu kişiler genellikle sürücüler, mühendisler orta ve üst düzey yöneticilerdir.
5. Tüketimi azaltmak için faaliyete geçmek. Yakıt tüketimine getirilecek sistematik bir bakış açısı tüketimin azaltılması için fikirlerin ortaya atılmasına katkı sağlar. Farklı araçların yakıt verimliliklerinin karşılaştırılması performanslarındaki olağan dışı durumları ortaya çıkarır. Bu durumların ortaya çıkmasına neden olan faktörlerin belirlenmesi kötü koşullardan ayırt edilmesine yardımcı olur ve zayıf performansın ortadan kaldırılması için gerekli adımların atılmasına katkı sağlar.

işletim uygulamalarını ve araç bakımını düzenlemek özel yakıt tasarruf önlemleri sunulmasa bile tasarruf sağlanmasına yardımcı olur.

Geçmişe dair yakıta ilişkin bilgilerin enerji tasarruf önlemlerinin planlanmasında ve uygulanmasında katkı sağlaması beklenir. Ham seviyede her araç için yakıta ilişkin bilgiler aracın performans ömrü boyunca saklanır (ayrıca servis kayıtları için )

#### Raporlama

Aşağıda yer alan standart raporlar yakıt yönetiminde kullanılabilir:

- ☐ Yığın depolarına ilişkin bilgiler
- ☐ Bireysel araçlar ve sürücünün yakıt performansı
- ☐ İstisna raporları

Araç tipi, türlere göre gruplandırılabilir:

- ☐ mafsallı/rijit
- ☐ azami yük ağırlığı
- ☐ üretici/model
- ☐ yaş
- ☐ yapılan iş

sürücü performansı da gruplara ayrılabilir: vardiya, iş türü, kalifiye ya da deneyimsiz. Ölçüm dönemleri: aylık, haftalık ya da yıllık.

Aşağıda yer alan maddelerin karşılaştırılması fayda sağlamaz:

- ☐ Amaçlar
- ☐ Trendlerin analiz edilmesine ilişkin önceki dönemler
- ☐ Bir önceki yıla ait aynı dönem
- ☐ Bölgesel ve işletimsel farklılıklar ile depolar
- ☐ Benzer araçlar
- ☐ Sanayi ortalamaları, yol testi raporları, yayımlanan maliyet tabloları

Bu veriler en azından aşağıda belirtilen kişilerce kullanılmalıdır:

- ☐ Üst yönetim (kısa değerlendirmeler, özetleri ve istisna raporları)
- ☐ Ulaştırma yöneticisi (yakıt tasarruf girişimleri, özel araştırmalar ve bireysel performans değerlendirmeleri)
- ☐ Sürücü eğitmeni (yakıtle ilgili eğitim programının planlanması ve kendi performanslarını değerlendirecek olan sürücülerle yapılan görüşmeler)
- ☐ Mühendislik ve bakım elemanı (yakıta ilişkin rakamların gözden geçirilmesi ve değerlendirilmesi).

Ana performans göstergelerine ve hedeflerine konu olabilecek çeşitli yakıt yönetimi alanları mevcuttur. Bu yönetimlerde ölçümler basittir ve dış faktörlerden etkilenmezler. Örnekler, yığın deposundaki yakıt kayıplarını kapsar. Bu durumda rakamlar haftalık olarak kontrol edilir, hedef rakam üzerinden kayıplar oluştuysa bunlar araştırılır ve telafi edilir.

Karmaşık ölçümler araç performansının gözden geçirilmesinde karşımıza çıkar. En basit yok ise mevcut performansı ve gelişim taleplerini belirlemektir. Ancak bu durumda ulaşılabilir olandan öteye gerçekte ulaşılmış değerler göz önünde bulundurulmalıdır.

Güzergâh, yük vb. birbiriyle uyumluysa en iyi şoförlerin referans alınmasıyla herhangi biri için hedef belirlenerek standart amaçlar oluşturulabilir. Ancak bu belirlemeler esnasında dış etkiler ve mevsimsel değişiklikler göz önünde bulundurulmaz. Bu yüzden de bu belirlemelerin dikkatli bir şekilde yorumlanması gerekir.

Daha üst düzey yaklaşım ise enerji yoğunluğunun bir gösterge olarak kullanılmasıdır. Deniz taşımacılığında tüketilen yakıt olarak belirlenir (taşınan ton x kat edilen yol. Normalde kilometrede ton başına litre olarak hesaplanır.

Elde edilen çevresel faydalar

Yakıt tüketiminin azaltılmasının çevresel etkilerle doğrudan ilişkisi vardır. Tüketimi azaltmak yalnızca masrafları düşmesi değil aynı zamanda daha az CO<sub>2</sub>'nin üretilmesi anlamına gelir.

Çapraz medya etkileri

Belirtilmemiştir.

İşletimsel veri

Yakıt tasarruflu sağlayacak bir rota belirlemek güvenliğini artırır, aracın güç aktarma organlarına, frenlere ve tekerleklerle fayda sağlar. Böylece kazaların, bakımın, onarımlarını ve arıza sürelerinin yol açtığı masraflar azaltılmış olur.

Bazı operatörler çevreye yaptıkları katkının vurgulanması amacıyla yakıt ekonomisi gelişimini ticari bir araç haline getirmiştir.

Sürücüler ve yönetim arasındaki iyi ilişkiler verimli bir yakıt programının parçasıdır. iyi uygulandığı takdirde kısmi yeniden yapılandırma işlemi uygulanabilir çünkü bu daha iyi anlaşılmalı ve bazı engellerin ortadan kaldırılmasına katkı sağlar. Bazı kuruluşlar yakıt verimliliğini sürücü kültürünün değiştirilmesinde bir araç olarak kullanır.

Uygulanabilirlik

Bu yakıt yönetim tekniği karayolu taşımacılık filosuna sahip sanayiler için kullanılabilir.

Finansman

Ham petrol fiyatı ile yakıt tüketim vergisinin birleştirilmesi yakıtın hızlı artan işletim masraflarına neden olduğu anlamına gelir. bu da iyi bir yakıt yönetimine yapılacak yatırımın gelecekte iyi bir kâr payı ödeyeceği anlamına gelir.

Yakıt tasarrufunun gerçekleştirilmesi; zamana, emeğe, paraya (ya da üçüne birlikte) yatırım yapılmasını gerektirir. Yakıt denetim ekipmanları ya da daha iyi araçlar için yapılacak mali harcamaların miktarının belirlenmesi kolaydır fakat yönetim, büro işleri ve çalışma süreleri için yapılan kolaylıkla saptanamayan gizli masraflar unutulmamalıdır.

Uygulama için itici güç

Maliyet kazancı- Enerji muhafazası önlemlerinin hepsi maliyet kazancı sağlamaz. Farklı işletim türleri için farklı önlemler daha uygundur. Ancak yakıt tüketimini azaltmak isteyenler kademeli olarak yeni uygulamalar sunmak yerine sistematik biçimde ilerlemelidir. Taşımacılığa ilişkin enerji tüketiminin genel enerji yönetimi sisteminde/yapısında yer alması uygun olacaktır.

### 7.15.3 Ulaştırma kullanımı optimize edilmesi için paketlemenin geliştirilmesi

Örnek tesis

- ☐ şirket : VICO SA, Vic-sur-Aisne (Fransa)
- ☐ faaliyet: patates cipsi ve patatesten elde edilen diğer ürünlerin üretimi
- ☐ miktar: yılda 32 000 ton
- ☐ ciro: yılda 114.4 milyon EURO

Fransa'daki 2500 adet satış noktasına ürünlerini ulaştırmak amacıyla VICO SA'nın yılda 9000 kamyonun çalıştırılmasına ihtiyacı vardı. Ürünler paketlenerek 1,8 metre yüksekliğinde raflara yerleştirilmekteydi. Bu şekilde standart kamyon (2,8 metre yüksekliğinde) 38 raf (bir seviyede) almaktaydı ve dolum oranı %70 ile sınırlıydı. Fizibilite çalışmasının ardında ürün paketleme işlemi 1,4 metre yüksekliğinde raflara yerleştirme yapılacak şekilde değiştirilmiştir ve iki seviye halinde yüklenebilmiştir. Bu durum kamyon hareketliliğini %10 oranında kat edilen kilometreyi de %20 oranında azaltmıştır.

- ☐ Gerekli yatırım: 76 224 EURO
- ☐ Geri ödeme süresi: 1.5 ay
- ☐ Deneme süresi: 3 ay
- ☐ Başlangıçtaki tüketim: 686 030 l/yıl gaz yağı (dizel)
- ☐ Yeni paketleme işleminin uygulanmasından sonra ortaya çıkan tüketim miktarı: 536 875 l/yıl gaz yağı
- ☐ Gaz yağı tüketiminin %22 oranında azaltılması (dizel)
- ☐ Şirketin dolaylı olarak masraflarının azaltılması (ulaştırma bu şirket için bağımsız bir faaliyettir) : yılda 610 000 EURO.

Kaynak bilgi

ADEME guide on good energy practices in industry (ref 3745)  
[94, ADEME, 2005] [103, Best practice programme, 1996]

## 7.16 Avrupa enerji karışımı

### Elektrik

1 GJ elektrik gücü üretmek için AB-25 ülkelerinde serbest bırakılan salımları ve yakıt tüketiminin ortalaması  
elektrik gücü GJ1

|                 |                |      |
|-----------------|----------------|------|
| Birinci enerji  | GJ             | #2.6 |
| Petrol          | kg             | 9.01 |
| Gaz             | m <sup>3</sup> | 6.92 |
| Linyit          | kg             | 15.7 |
|                 | kg             | 34.6 |
| SO <sub>2</sub> | kg             | 0.10 |
| CO <sub>2</sub> | kg             | *147 |
| NO <sub>2</sub> | kg             | 0.16 |

Avrupa karışımı\*  
Petrol %4.1  
Gaz %19.0  
Taş kömürü %13.1  
Ham linyit %23.8  
Toplam kömür % 36.9  
Nükleer %30.9

| IFEU Hesaplama  |                | Akaryakıt | Petrol yakma ile Elde edilen elek. | gazdan elde edilen elek. | doğal gaz | Taş kömürü | Kömürden Elde ed. elek. | linyit   | Linyitten elde edilen elek. | nükleer Güç |
|-----------------|----------------|-----------|------------------------------------|--------------------------|-----------|------------|-------------------------|----------|-----------------------------|-------------|
| Akım            | GJ             |           | 1,00E+00                           |                          | 1,00E+00  |            | 1,00E+00                |          | 1,00E+00                    | 1,00E+00    |
| Birincil enerji | GJ             | 3,69E+00  |                                    | 2,90E+00                 |           | 2,38E+00   |                         | 2,82E+00 |                             | 3,35E+00    |
| Petrol          | kg             | 9,22E+01  | 7,88E+01                           |                          |           |            |                         |          |                             | 4,19E-01    |
| Gaz             | m <sup>3</sup> |           |                                    | 7,14E+01                 | 5,33E+01  |            |                         |          |                             | 3,74E-01    |
| Kömür           | kg             |           |                                    |                          |           | 8,48E+01   | 8,19E+01                |          |                             | 3,68E-00    |
| Linyit          | kg             |           |                                    |                          |           |            |                         | 3,19E+02 | 3,12E+02                    |             |
| SO <sub>2</sub> | kg             | 6,44E-02  | 2,43E-01                           | 3,24E-03                 | 2,88E-03  | 5,05E-02   | 1,48E-01                | 3,73E-03 | 2,22E-01                    | 3,22E-02    |
| CO <sub>2</sub> | kg             | 1,26E+01  | 2,47E+02                           | 1,46E+01                 | 1,32E+02  | 1,06E+01   | 2,17E+02                | 7,84E+00 | 3,16E+02                    | 6,27E+00    |
| NO <sub>2</sub> | kg             | 3,46E-02  | 3,66E-01                           | 7,79E-02                 | 1,51E-01  | 4,11E-02   | 1,10E-01                | 6,30E-03 | 6,14E-01                    | 1,43E-02    |

Elektrik gücü üretme ile ilgili bu ortalama salımlar Ecoinvent 1994 veri tabanından alınmıştır.  
# WFD revizyonundan alınan veri \*2004 yılında AB-25 ülkeleri için hazırlanan verilerden edile edilmiştir.

Tablo 7.19: Elektrik gücü üretmeye ilişkin ortalama emisyon faktörleri

## Buhar

1 GJ değerinde enerjiye sahip buhar üretmek için tüm Avrupa Birliği'nde ortaya çıkan salınımların ve yakıt kullanımının ortalaması

| Buhar GJ1       |                |       |
|-----------------|----------------|-------|
| Birincil enerji | GJ             | 1.32  |
| Petrol          | kg             | 12.96 |
| Gaz             | m <sup>3</sup> | 10.46 |
| Kömür           | kg             | 14.22 |
| SO <sub>2</sub> | kg             | 0.54  |
| CO <sub>2</sub> | kg             | 97.20 |
| NO <sub>2</sub> | kg             | 0.18  |

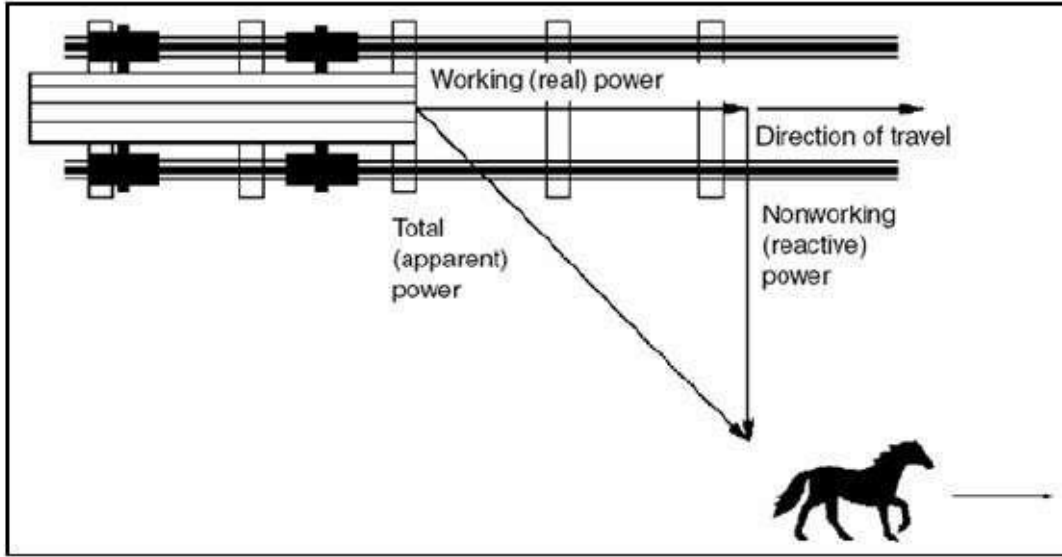
Avrupa karışımı  
(tahmin edilen karışım)  
Petrol %40.0  
Gaz %30.0  
Taş kömürü %30.0

|                                                                                                          |                | Akaryakıt | Petrol yakma ile elde edilen ısı | gazlardan elde edilen ısı | Taş kömürü | doğal gaz | Kömürden Elde edilen ısı |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------|----------------------------------|---------------------------|------------|-----------|--------------------------|
| Isı                                                                                                      | GJ             |           | 1,00E+00                         | 1,00E+00                  |            |           | 1,00E+00                 |
| Birincil enerji                                                                                          | GJ             | 1,29E+00  |                                  | 1,41E+00                  |            | 1,28E+00  |                          |
| Petrol                                                                                                   | kg             | 3,24E+01  | 2,75E+01                         |                           |            |           |                          |
| Gaz                                                                                                      | m <sup>3</sup> |           |                                  | 3,49E+01                  | 2,81E+01   |           |                          |
| Kömür                                                                                                    | kg             |           |                                  |                           |            | 4,74E+01  | 4,14E+01                 |
| SO <sub>2</sub>                                                                                          | kg             | 4,01E-02  | 9,95E-01                         | 1,61E-02                  | 5,75E-04   | 4,76E-02  | 3,70E-01                 |
| CO <sub>2</sub>                                                                                          | kg             | 6,51E+00  | 9,22E+01                         | 7,16E+00                  | 6,48E+01   | 5,82E+00  | 1,15E+02                 |
| NO <sub>2</sub>                                                                                          | kg             | 1,77E-02  | 1,78E-01                         | 3,47E-02                  | 4,47E-02   | 3,77E-02  | 2,17E-01                 |
|                                                                                                          |                |           |                                  |                           |            |           |                          |
| ECOINVENT                                                                                                |                | Akaryakıt | Petrol yakma Sonucunda ısı       | Gazdan gelen ısı          | taş kömürü | doğal gaz | kömürden gelen ısı       |
| Isı                                                                                                      | GJ             |           | 1,00E+00                         | 1,00E+00                  |            |           | 1,00E+00                 |
| Birincil enerji                                                                                          | GJ             | 1,22E+00  |                                  | 1,43E+00                  |            | 1,36E+00  |                          |
| Petrol                                                                                                   | kg             | 3,06E+01  | 2,60E+01                         |                           |            |           |                          |
| Gaz                                                                                                      | m <sup>3</sup> |           |                                  | 3,53E+01                  | 3,00E+01   |           |                          |
| Kömür                                                                                                    | kg             |           |                                  |                           |            | 5,21E+01  | 4,17E+01                 |
| SO <sub>2</sub>                                                                                          | kg             | 1,59E-02  | 1,41E+00                         | 3,06E-02                  | 6,47E-04   | 6,98E-02  | 6,29E-01                 |
| CO <sub>2</sub>                                                                                          | kg             | 4,24E-01  | 9,16E+01                         | 7,29E+00                  | 6,47E+01   | 6,36E+00  | 1,16E+02                 |
| NO <sub>2</sub>                                                                                          | kg             | 8,24E-04  | 1,88E-01                         | 3,18E-02                  | 2,35E-02   | 5,50E-02  | 2,50E-01                 |
|                                                                                                          |                |           |                                  |                           |            |           |                          |
| GEMIS                                                                                                    |                | Akaryakıt | Petrol yakma Sonucunda ısı       | gazdan gelen ısı          | taş kömürü | doğal gaz | Kömürden Gelen ısı       |
| Isı                                                                                                      | GJ             |           | 1,00E+00                         | 1,00E+00                  |            |           | 1,00E+00                 |
| Birincil enerji                                                                                          | GJ             | 1,35E+00  |                                  | 1,39E+00                  |            | 1,20E+00  |                          |
| Petrol                                                                                                   | kg             | 3,42E+01  | 2,89E+01                         |                           |            |           |                          |
| Gaz                                                                                                      | m <sup>3</sup> |           |                                  | 3,44E+01                  | 2,63E+01   |           |                          |
| Kömür                                                                                                    | kg             |           |                                  |                           |            | 4,27E+01  | 4,12E+01                 |
| SO <sub>2</sub>                                                                                          | kg             | 6,44E-02  | 5,78E-01                         | 1,52E-03                  | 5,03E-04   | 2,54E-02  | 1,11E-01                 |
| CO <sub>2</sub>                                                                                          | kg             | 1,26E+01  | 9,27E+01                         | 7,02E+00                  | 6,49E+01   | 5,28E+00  | 1,13E+02                 |
| NO <sub>2</sub>                                                                                          | kg             | 3,46E-02  | 1,69E-01                         | 3,76E-02                  | 6,59E-02   | 2,05E-02  | 1,83E-01                 |
| Buhar üretimi için bu ortalama emisyon faktörleri ECOINVENT ve GEMIS verilerinden alınan ortalamalardır. |                |           |                                  |                           |            |           |                          |

Tablo 7.20: Buhar üretimi için ortalama emisyon faktörleri



## 7.17 Elektrik gücü faktörü doğrulama



Şekil 7.17: Reaktif ve görünür güç uygulaması [123, US\_DOE]

Elektrik güç faktörünün anlayabilmek için bir iz boyunca demiryolu vagonu çeken bir atı gözünüzde canlandırın. Demiryolu bağlantıları düzensiz olduğu için at vagonu yolun kenarlarından çekmek zorundadır. At, vagonu vagon gidiş yönü açısında çeker. Yol boyunca vagonu çekmek için gerekli güç çalışma (gerçek ya da net) güçtür. Atın harcadığı efor toplam (görünür) güçtür. At çekişinin yönü dolayısıyla vagonu yol boyunca çekmek için atın gücünün hepsi kullanılmaz. Vagon yol kenarlarında ilerlemeyecektir bu yüzden atın yol kenarlarındaki çekişi harcanan efor ya da çalışmayan (reaktif) güçtür.

Araç çekişinin açısı gerçek (çalışma ya da net) gücün görünür (toplam) güce oranı olarak tanımlanan güç faktörü ile ilgilidir. At, yolun merkezine doğru yönlendirilirse kenar çekiş açısı azalacak ve gerçek güç görünür güç değerine yaklaşacaktır. Bu yüzden gerçek gücün görünür güce (güç oranı) oranı : güç faktörü 1'e, reaktif (çalışmayan) güç 0'a yaklaştığında düşer.

Kaynakça:

US DOE: Motor challenge programme, Fact sheet: Reducing Power Factor Cost  
<http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/mc60405.pdf>