



**T.C. ÇEVRE VE  
ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI**

# **KAMU BİNALARININ ENERJİ VERİMLİ YENİLEMESİNE YÖNELİK REHBER**





# İçindekiler

1.	Giriş	5
2.	Kapsam	10
2.1	Rehberin Kapsamı	11
2.2	Rehberi Kimler Kullanabilir	11
3.	Tanımlar ve Kısaltmalar	12
3.1	Tanımlar	12
3.2	Kısaltmalar	16
4.	Ön Şartlar, Ön Kontroller	22
4.1.	Binaların Deprem İncelemesi	22
4.2.	Tahmini Maliyet İncelemesi	24
4.3.	Mevzuat Yönünden İnceleme	25
4.4.	Yangın Yönünden İnceleme	28
4.5.	Binaların Genel Durumu ve Altyapısının İncelenmesi	28
4.6.	Enerji Faturaları Yönünden İnceleme	30
4.7.	Enerji Etüdü Yaptırılması	30
4.8.	Alınacak Önlemlerin Belirlenmesi	32
4.9.	Ömür Boyu Maliyet Analizi, Geri Dönüş Süreleri	39
4.10.	Tadilat Süresince Geçici Bina ve/veya Çalışma Alanı İhtiyacının İncelenmesi	48
5.	Binalar Hakkında Genel Teknik Bilgiler	49
5.1.	İç Mekân Kalitesi	49
5.1.1.	Genel	49
5.1.2.	Isıl Konfor	51
5.1.3.	İç Hava Kalitesi	51
5.1.4.	İç Hava Kalitesi ve İş Verimliliği	54
5.1.5.	Gürültü ve Titreşim	55
5.1.6.	Gün Işığı ve Manzara	55
5.2.	Isıl Geçirgenlik	57
5.2.1.	Bina Isıtma ve Soğutma Yükleri	61
5.2.2.	Ortamin İklimlendirilmesi (Şartlandırılması)	61
5.3.	Binalarda Isı Kaybı ve Isı Kazançları	62
5.3.1.	Isı Kaybı Hesabı	63

5.3.2.	Isı Kazancı Hesabı	63
5.3.2.1.	Cam Yüzeylerden Güneş Isı Kazançları	64
5.3.2.2.	İç Isı Kazançları	64
5.4.	Nemlendirme, Nem Alma ve Yoğuşma	64
6.	Planlama ve Tadilat Projeleri	67
6.1.	Binanın Mevcut Kullanım Amacı Değişmeden Yapılacak Tadilatlar	67
6.1.1.	Kısa Vadeli Önlemler	67
6.1.2.	Orta Vadeli Önlemler	67
6.1.3.	Uzun Vadeli Önlemler	68
6.2.	Bina Kullanım Amacının Değişmesi Durumunda Yapılacak Tadilatlar	68
6.2.1.	Kullanıcı Görüşünün Alınması	68
6.2.2.	Tadilat Projelendirmesi	68
6.2.3.	Enerji Optimizasyonu / Modellemesi	69
6.2.4.	Önlemlerden Uygun Olanların Uygulanması	78
7.	Bina Kullanım Amacına Göre Uygulanabilecek Enerji Verimliliği Çalışmaları ve İnşaat Süreci	80
7.1.	Ortak Uygulamalar	80
7.1.1.	Yıkım / Söküm Sırasında Alınacak Önlemler / Tehlikeli Malzemeler (Yakıt Deposu, Asbest vb.), Moloz Nakliyesi	81
7.1.2.	Projelendirme	81
7.1.2.1.	Statik Yapının İncelenmesi	82
7.1.2.2.	Çevre Düzeni, Peyzaj	82
7.1.3.	Malzeme Yönetimi	86
7.1.3.1.	Malzeme Seçimi (Yapı Malzemesi Mevzuatı, Yerli / Yerel Malzeme)	86
7.1.3.2.	Malzeme İçeriği (Uçucu Organik Malzemeler, Gazlar vb.)	86
7.1.3.3.	Malzeme Temini / Nakliyesi / Depolaması	88
7.1.3.4.	Tadilattan Çıkan Malzemenin Geri Dönüşümü	88
7.1.4.	Bina Kabuğu ve Cephe Düzenlemeleri	90
7.1.4.1.	Bina Kabuğu	90
7.1.4.2.	Bina Cephelerinde Gölgeleme	94
7.1.4.3.	Bina Cephelerinde Cam/Duvar Alanı Oranları	95
7.1.4.4.	Bina Cephelerinde Hava Sızdırmazlığı	96
7.1.5.	Çevre ile Uyum	98
7.1.6.	Yalıtım (Isı, Ses, Su, Yangın)	102
7.1.7.	Havalandırma Sistemleri	100
7.1.8.	Isıtma / Soğutma Sistemleri	125
7.1.9.	Pasif Isıtma / Soğutma	159
7.1.10.	Sıcak Su Sistemleri	161
7.1.11.	Güneş Sıcak Su Sistemi ve Isıl Depolama	162



7.1.12. Yakıt Dönüşümü	166
7.1.13. Bina Yönetim Sistemi (BMS) – Mekanik Sistem Otomasyonu	168
7.1.14. Bina Enerji Modellemesi	169
7.1.15. Su Kullanımı	170
7.1.16. Elektrik Tesisatı, Panolar vb.	172
7.1.17. Aydınlatma, Aydınlatma Otomasyonu	177
7.1.18. Kojenerasyon-Trijenerasyon Sistemleri	181
7.1.19. Güneş ve Rüzgârdan Elektrik Üretimi	183
7.1.20. Güvenlik ve İletişim Sistemleri / Önlemleri	185
7.1.21. Asansörler	185
7.1.22. Kesintisiz Güç Kaynakları (KGK UPS)	186
7.1.23. Zayıf Akım – Bilişim (IT) Sistemleri Alt Yapısı	187
7.1.24. Ofis Cihazları ve Elektrikli Âletler	189
7.1.25. Binalarda Atık Yönetimi (Sıfır Atık)	189
7.1.26. Montaj / İşçilik	190
7.2. Ofis Binaları	179
7.2.1. Isıtma-Soğutma Havalandırma (HVAC), Zonlama, Otomasyon	191
7.2.2. Ofis Cihazları	191
7.2.3. İç Hava Kalitesi	192
7.2.4. Isıtma ve Soğutmada Aşırı Yüklerin Dengelenmesi	192
7.2.5. Diğer Bazı Hususlar	192
7.3. Hastaneler	195
7.3.1. Ameliyathane Havalandırma ve Elektrik Tesisatı	196
7.3.2. Buhar Üretimi	196
7.3.3. Çamaşırhane	197
7.3.4. Mutfak	197
7.3.5. Sterilizasyon	197
7.3.6. Medikal Cihazlar	198
7.3.7. Yoğun Bakım Üniteleri	198
7.3.8. Biyodinamik Aydınlatma, Gün Işığının Maksimum Kullanımı	198
7.3.9. Basıncılı Hava, Oksijen ve Azot Üretimi, Isı Geri Kazanımı	198
7.3.10. Vakumla Numune ve Dosya Taşınması	199
7.4. Kampüsler, Üniversiteler, İlkokullar ve Orta Dereceli Okullar	202
7.4.1. Ders Saatlerine Göre Isıtma / Soğutma ve Aydınlatma Sistemlerinin Otomatik Kontrolü	202
7.4.2. Isı Geri Kazanımlı ve CO <sub>2</sub> Kontrollü Havalandırma Sistemleri	203
7.4.3. Öğrenme Odaklı Aydınlatma, Kampüs Aydınlatması	204
7.4.4. Kampüs İç Ulaşım	204
7.4.5. Merkezi Isıtma	204

7.4.6.	Isı Pompası Destekli Sistemler	205
7.5.	Lojmanlar, Konukevleri, Kreşler, Yurtlar, Cezaevleri	209
7.5.1.	Gün Işığının Maksimum Kullanımı	210
7.5.2.	Merkezi Isıtma, Bölgesel Isıtma	211
7.5.3.	Isıtma ve Soğutmada Aşırı Yüklerin, Isı Depolaması ile Karşılanması	211
7.6.	Spor Salonları ve Yüzme Havuzları	212
7.6.1.	Aydınlatma Senaryoları	214
7.6.2.	Gün Işığının Maksimum Kullanımı	215
7.6.3.	Isıtma ve Soğutmada Aşırı Yüklerin Isı Depolama ile Karşılanması	215
7.6.4.	Nem Kontrolü	215
7.6.5.	Sıcak Su, Güneş Enerjisi Kullanımı	216
7.7.	Ulaştırma Binaları (Havaalanları, Gar Binaları)	217
8.	Uygulama, Kabul ve Kontrol Süreci	219
8.1.	Kontrollük, Müşavirlik Kapsamında Dikkat Edilecek Hususlar	219
8.2.	Malzeme Onaylarında Özellikle Enerji Verimliliğine Dikkat Edilmesi	220
8.3.	Montaj Hatalarına Karşı Nitelikli Personel Seçimi	220
8.4.	Hakedişler	220
8.5.	Test Ayar Dengeleme (TAD), Devreye Alma	220
8.6.	Nihai (As Built) Projeler	222
8.7.	Belgelendirme	222
8.8.	Geçici – Kesin Kabuller	223
9.	Sürdürülebilirlik ve Süreç Takibi	225
9.1.	ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi (EnYS) ile Enerji Performansının Sürekli İyileştirilmesi	226
9.2.	Enerji İzleme ve Fatura Takip Sistemi ile Tüketimlerin Takip Edilmesi	229
9.3.	İşletme, Bakım-Onarım Giderleri İçin Bütçe Ayrılması, Periyodik Bakımlar ile Sistemlerin En Uygun (Optimum) Verimde Çalıştırılması	230
9.4.	Minimum İşletme Personel İhtiyacının Belirlenmesi	233
9.5.	Personel Eğitimi (Teknik, İdari)	234
9.6.	Optimizasyon Çalışmaları	235
10.	Mevzuat	238
11.	Kaynaklar	240
	Ekler	246

# 1

## Giriş

Dünyada ekonomik büyüme, nüfus artışı, kentleşme, dijitalleşme (sayısallaşma) gibi gelişmeler sonucunda enerji talebinde ciddi artış söz konusudur. Bu enerjinin büyük bir bölümü fosil tabanlı yakıtlarla karşılanmaktadır. Fosil tabanlı yakıtların iklim değişikliği/küresel ısınma gibi çevresel sorunların artmasına yol açtığı bilinmektedir. Türkiye bağlamında ise küresel ölçekli çevresel sorunlara ek olarak enerjinin yaklaşık %72'sinin<sup>1</sup> ithalat ile karşılanması, cari açık, enerji arz güvenliği riski, küresel piyasalardaki fiyat değişimlerine hassasiyet gibi ilave problemler söz konusudur. Hem dünya hem de Türkiye ölçeğinde bu olumsuzlukları azaltabilecek en önemli yöntemlerden birisi, “Enerji Verimliliği” olarak öne çıkmaktadır.

Nihai enerji tüketiminde binalar, Türkiye’de yaklaşık %34, dünyada ise %40 ile en büyük paya sahiptir. Bu durum, binalara yönelik enerji verimliliği çalışmalarının önemini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda AB tarafından 2012 yılında yayınlanan “Enerji Verimliliği Direktifi”nde kamunun sahip olduğu ya da kullandığı binaların (alan olarak) her yıl yaklaşık %3’ünde enerji verimliliği yatırımı yapılması önerilmiştir. Buna ilave olarak 01 Ocak 2019 tarihinden itibaren yeni yapılacak kamu binalarının, 01 Ocak 2021 tarihinden itibaren ise tüm binaların yaklaşık sıfır enerjili bina (nZEB) konseptine uygun olma hedefi getirilmiştir. Diğer yandan AB ülkelerinde, mevcut bina yenileme pazarının inşaat sektörü içindeki payı %57 iken Türkiye’de bu oran %7 civarındadır<sup>2</sup>. Bu durum Türkiye’de, mevcut kamu binalarının enerji verimli tadilatları konusundaki potansiyeli göstermektedir. Bu potansiyelin değerlendirilmesi konusunda aşağıdaki planlama ve uygulama çalışmaları yapılmaktadır;

- Yüksek Planlama Kurulunca yayımlanan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2013’te “SA-02: Binaların enerji taleplerini ve karbon emisyonlarını azaltmak, yenilenebilir enerji kaynakları kullanan sürdürülebilir çevre dostu binaları yaygınlaştırmak” ve “SA-06: Kamu kuruluşlarında enerjiyi etkin ve verimli kullanmak” şeklinde stratejik amaçlar belirlenmiştir.
- Aralık 2017’de kabul edilen Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023’te, plan süresince 86.369.000 TEP karşılığında yaklaşık olarak 30.228.000.000 \$ tasarruf hedefi konulmuş ve “B3: Kamu Binaları İçin Enerji Tasarrufu Hedefi Tanımlanması” ve “B10: Mevcut Kamu Binalarında Enerji Performansının İyileştirilmesi” eylemleri belirlenmiştir.

<sup>1</sup> <https://www.mmo.org.tr/kitaplar/turkiyenin-enerji-gorunumu-2020>

<sup>2</sup> Türkiye İMSAD Dergi, sayı 35, sayfa 9

- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmeliğe göre, yıllık toplam enerji tüketimi 250 TEP veya toplam inşaat alanı 10.000 m<sup>2</sup> üzerinde olan kamu binalarında (yükümlü kamu binaları);
  - Enerji yöneticisi görevlendirilmesi (yönetmelikte belirtilen istisnalar hariç) zorunludur.
  - Her yedi yılda bir etüt yaptırılması ve belirlenen bu önlemlerden geri ödeme süresi üç yılın altında olanlara ilişkin uygulama projelerinin hazırlanarak dört yıl içerisinde uygulanması gereklidir. Ocak 2020 itibarıyla bu kapsamda olan kurumlar, etütlerini 2020 sonuna kadar tamamlamalıdır.
  - 2023 sonuna kadar TS EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi kurularak belgelendirilmesi gerekmektedir.
- 16 Ağustos 2019 tarih ve 2019/18 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi ile yükümlü kamu binalarında 2023 yılı sonuna kadar asgari %15 enerji verimliliği sağlanması hedeflenmiştir.

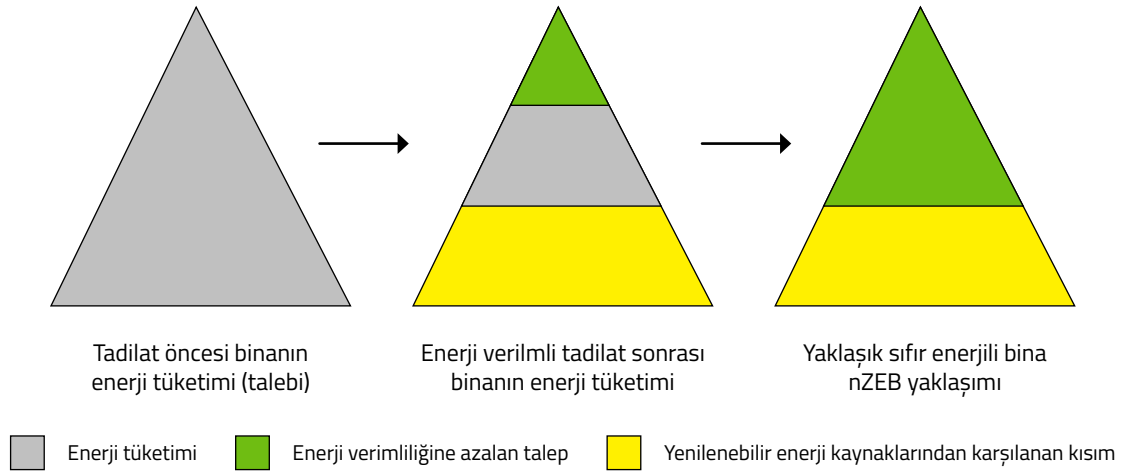
Diğer yandan, 2014-2015 yıllarında mülga YEGM (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü) tarafından 166 kamu binasında yaptırılan etütler sonucunda 2018 yılında hazırlanan raporda<sup>3</sup>, Türkiye'deki kamu binalarında yılda yaklaşık 320.000.000 TL tasarruf sağlanabileceği değerlendirilmiştir. Buradan hareketle, 5627 sayılı "Enerji Verimliliği Kanunu"nda Mart 2018'de yapılan değişiklikle kamuda "Enerji Performans Sözleşmesi (EPS)" ile enerji verimliliği uygulamaları yapılması hedeflenmiş ve 21 Ağustos 2020 tarih ve 2850 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile "Kamuda Enerji Performans Sözleşmelerine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Karar" yürürlüğe konulmuştur. Devam eden ikincil mevzuat çalışmalarının tamamlanması sonrasında (EPS) uygulamalarının hayata geçirilmesi planlanmaktadır. Diğer yandan, Dünya Bankası ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından "Kamu Binalarında Enerji Verimliliği Uygulamaları Projesi" yürütülmektedir.

Binalarda enerji verimliliği çalışmalarının amacı, konfordan fedakârlık yapmadan, binanın enerji talebini azaltmak ve daha çevre dostu bir bina oluşturabilmektir. Gerek yeni binalarda gerekse mevcut bina tadilatlarında enerji verimliliğinin artırılmasının yolu, binanın enerji ihtiyacının bütçe ve teknolojik olanaklar ölçüsünde azaltıldıktan sonra, kalan ihtiyacın bir bölümünün yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmasıdır. Binada esaslı tadilat (deep renovation) ile minimum %60'lık verimlilik sağlanabilir ve yıl içindeki toplam enerji ihtiyacı yenilenebilir kaynaklardan sağlanabilirse nZEB kriteri karşılanmış olur.<sup>4</sup>

Binalarda enerji ihtiyacı, binanın cinsine ve büyüklüğüne bağlı olarak enerji etkin tasarım, projelendirme ve uygulamalarla azaltılabilir. Örneğin; bina kabuğunda (saydam ve opak yüzeyler) yüksek performanslı ısı yalıtımı yapılması, yüksek verimli ısıtma ve soğutma sistemleri, havalandırma sistemleri, aydınlatma sistemleri, ısı geri kazanım sistemleri kullanımı, değişken hızlı ve yüksek verimli pompalar ve fanlar seçilmesi, serbest soğutma yapılması, otomatik kontrol ve otomasyon sistemleri/enerji yönetim sistemleri kullanımı, verimli ofis cihazları seçilmesi gibi önlemler bu bağlamda değerlendirilebilir.

<sup>3</sup> [http://www.yegm.gov.tr/duyurular\\_haberler/etut\\_uygulama\\_izleme\\_raporu.aspx](http://www.yegm.gov.tr/duyurular_haberler/etut_uygulama_izleme_raporu.aspx)

<sup>4</sup> <https://e3p.jrc.ec.europa.eu/articles/energy-renovation>

**Tablo 1-1:** Binalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılmasına Yönelik Adımlar

Bina ömrü yaklaşık olarak 50 yıl<sup>5</sup> kabul edilmekte olup (beton dayanımı, beton içindeki çeliğin korozyonu gibi sebeplerle böyle bir kabul yapılmaktadır) mevcut binalarda kalan bina ömrü, binanın mevcut yaşının, 50 yıl değerinden çıkarılması ile hesaplanabilir (4. bölüme bakınız). Bu durumda mevcut binalarda “geri ödeme süresi (GÖS)” göz önüne alınarak enerji verimliliği tadilatları yapılması mümkündür. Bina tadilatlarında enerji verimliliği uygulamaları, ilk yatırım maliyetlerini bir miktar artırsa da bu tadilatlarla binanın geri kalan ömrü boyunca önemli ölçüde verimlilik sağlanır. Ayrıca, enerji verimliliği tadilat projeleri bileşenlerinin “karşılıklı etkileşimi” iyi kurgulandığında “enerji verimli proje” yatırım maliyetinin, “klasik proje” yatırımına yakın, hatta daha düşük maliyetle gerçekleştirilmesi mümkündür.

**Örnek 1-1:**

Bina kabuğunda yapılacak yüksek performanslı ısı yalıtımı, güneş kırıncılar kullanımı vb. aktif ve pasif önlemlerin uygulanması ile daha düşük kazan ve soğutma grubu kapasitesi, daha küçük pompa, daha düşük çapta borulama, daha küçük tesisat mahalli ihtiyacı, daha düşük kapasiteli elektrik alt-yapısı ihtiyacı, daha küçük shaft gereksinimleri oluşacak; bu ise daha ilk yatırım sırasında maliyetlerde tasarruf sağlayacak, bina kabuğuna yapılan yatırımın önemli bir bölümü daha baştan geri alınabilmektedir. İşletme maliyetlerindeki ve salımlardaki azalma ile çevrenin korunmasına katkı da enerji dışı faydalar olacaktır.

Bu rehberin hazırlanmasındaki amaç, mevcut kamu binalarında herhangi bir sebeple yapılacak tadilatlarda ya da sadece enerji verimliliği sağlamak için yapılacak tadilatlarda yol gösterici olmaktır. Bu bağlamda, binalardaki genel tadilat gereksinimlerinin nedenleri aşağıda belirtilmiştir:

- Binanın eski olması sebebiyle (Bina kabuğu iyileştirilebilir, mekanik ve/veya elektrik tesisat sistemleri yenilenebilir),
- Binanın kullanım amacının veya yapı sahibinin değişmesi sebebiyle (Yeni ihtiyaç programına bağlı olarak mimari ve statik çalışmalar yapılır, bina cepheleri iyileştirilebilir, mekanik

<sup>5</sup> [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Design\\_life](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Design_life)

- ve elektrik tesisat/sistemleri yenilenebilir),
- c) İç mekân kalitesini artırmak amacıyla,
- d) Deprem güçlendirmesi yapılması durumunda,
- e) Yangın güvenliği açısından tadilat gerekmesi hâlinde vb.

Uygulamada bunların bir veya birkaçı bir arada yapılabilir. Bu uygulamalar sırasında gerçekleştirilebilecek tadilatın niteliği ve kapsamı aşağıda açıklandığı üzere farklılıklar gösterebilir:

- a) Sadece bina kabuğunda ısı yalıtımı yapılabilir.
- b) Bina kabuğunun ısı yalıtımının yanında, kazan ve/veya ısıtma sistemi değiştirilebilir.
- c) Eskimiş sıhhi tesisat-elektrik altyapı sistemleri değiştirilebilir, mevcut durumda soğutma sistemi yoksa ilave edilebilir.
- d) Mevcut durumda havalandırma sistemi yoksa ilave edilebilir.
- e) Mevcut durumda asansör, yangın merdiveni vb. yoksa yapılabilir.
- f) Binaya yenilenebilir enerji sistemleri kurulabilir.
- g) Mevcut durumda yoksa, bina otomasyon sistemi ve enerji ölçüm-izleme sistemi kurulabilir.

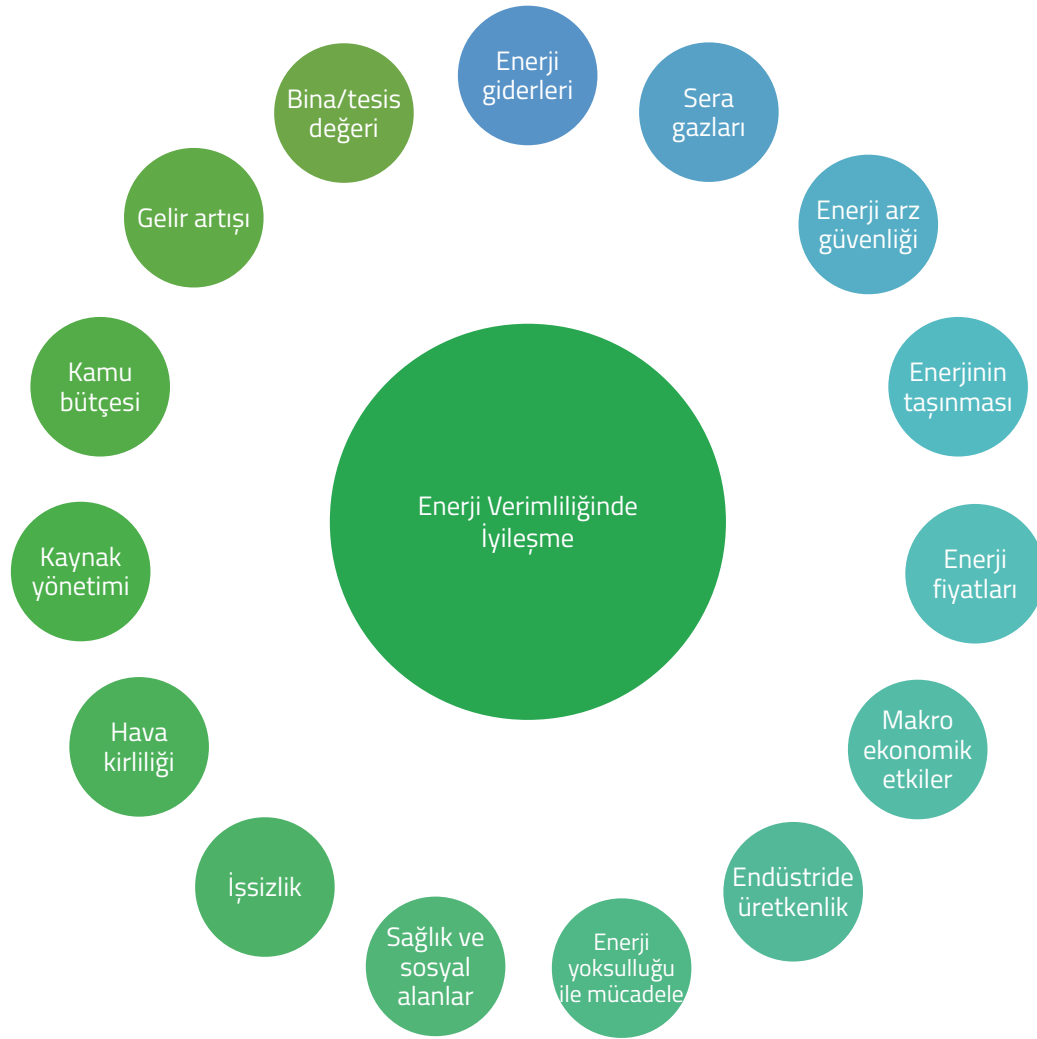
Güncel mevzuata uyum nedeniyle yangın algılama, yangın söndürme sistemleri, güvenlik sistemleri, engelli ulaşım sistemleri, deprem güçlendirme uygulamaları vb. yapılabilir. Belirlenecek tadilatların gerçekleştirilebilmesi; bütçe durumu, hizmetin aksamaması, personelin tadilat esnasında iskânı gibi sebeplerle aynı anda yapılabileceği gibi, önem sırasına göre farklı zamanlarda da yapılabilir. Önceliklendirmede, geri dönüş süresi ve ilk yatırım maliyeti düşük önlemler dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte can ve mal güvenliğini sağlamak amacıyla ilgili mevzuata uyumun sağlanması önemlidir.

### Enerji Verimliliğinin, Verimlilik Dışı Faydaları

Gerçekleştirilen enerji verimliliği çalışmaları sonucunda elde edilen verimlilik dışında, daha pek çok konuda fayda sağlanmakta olup bunlar "enerji dışı fayda" olarak tanımlanmaktadır. Literatürde, enerji verimliliğinin yaklaşık 2,5 katı kadar enerji dışı fayda sağlandığı belirtilmektedir.

#### Örnek 1.2:

Aydınlatma sisteminde yapılan verimlilik çalışması sonrasında okullarda öğrenmede iyileşme, spor salonlarında daha kaliteli müsabakalar, fabrikalarda iş kazalarında azalma, matbaalarda daha kaliteli baskı elde edilmesi, hastanelerde daha çabuk iyileşme vb. gösterilebilir.



Şekil 1-2: Enerji Dışı Faydalar

Not: Uluslararası Enerji Ajansı'nın "Capturing the multiple benefits of energy efficiency" isimli yayınından<sup>6</sup> uyarlanmıştır. Bu şekil ayrıntılı değildir, ancak bugüne kadar belirlenen enerji verimliliğinin en önemli faydalarından bazılarını temsil etmektedir.

<sup>6</sup> <https://webstore.iea.org/capturing-the-multiple-benefits-of-energy-efficiency>,

## 2

## Kapsam

### 2.1 Rehberin Kapsamı

Bu rehber; mevcut kamu binalarının enerji tüketiminin azaltılması, enerji verimliliği, iç mekân kalitesinin artırılması, güncel mevzuata uyum ve diğer gereksinimler sebebiyle kamu binalarında yapılacak tadilatlarda tasarım (projelendirme) süreci, inşaat süreci, “test ayar dengeleme (TAD)” ve işletme sürecinde dikkate alınması uygun olacak önerileri içermektedir. İklim değişikliği riski, suyun verimli kullanımının da enerji verimliliği kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda bu rehberde, suyun verimli kullanımı konusuna da yer verilmiştir.

Bu rehberin hazırlanmasında literatürden ve geçmiş uzmanlık deneyimlerinden yararlanılmış, bu çerçevede enerji verimliliğinin artırılması, güncel mevzuata uyum ve binada konforun sağlanması için öneriler ve kontrol listeleri oluşturulmuştur. Diğer yandan bu rehber; imalat tarifi veya teknik şartname olmayıp, bu konularda “Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyat” tarifleri, “Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Teknik Şartnameleri” ve diğer kamu idarelerinin şartnameleri kullanılmalıdır.

Bu rehberin kapsamına giren binalar, tipolojilerine ve kullanım amaçlarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

- Hizmet-ofis binaları,
- Sağlık yapıları (hastaneler, sağlık ocakları vb.),
- Eğitim kurumları (ilkokullar ve orta öğretim okulları, üniversite binaları, kampüsler),
- Lojmanlar, konukevleri, kreşler, yurtlar, cezaevleri,
- Spor salonları, yüzme havuzları,
- Ulaştırma binaları (havaalanları, tren garları, otogarlar).

Bu rehber, esaslı bina tadilatları dikkate alınarak hazırlanmıştır ancak yapılacak tadilat, basit veya kısmi tadilat ise rehberin ilgili bölümleri kullanılabilir.

Bu rehberin 3. bölümünde, rehberde yer alan tanımlamalar ve kısaltmalar verilmiştir. 4. bölümde, bina tadilatları süreçlerindeki ön şartlar ve ön kontroller, 5. bölümde; iç mekân kalitesi, ısı transfer gibi teknik bilgilere yer verilmiştir. 6. bölümde, tadilat planlama ve projelendirme süreçleri, 7. bölümde; binalardaki ortak uygulamalar ile farklı bina türlerindeki sistemlere iliş-



kin bilgiler verilmiştir. 8. bölümde, uygulama süreci ve TAD, 9. bölümde; sürdürülebilirlik ve süreç takibi konuları hakkında bilgi verilmiştir. 10. bölümde; mevzuat, 11. bölümde, kaynaklar verilmiştir. Saha tecrübelerine dayanan “Kontrol Formları” ile “Vaka Örnekleri” rehberin sonunda “ek olarak” verilmiştir.

## 2.2 Rehberi Kimler Kullanabilir

Bu rehber; kamu kurumlarının yöneticileri, proje ve inşaat birimleri, işletme birimleri, teknik elemanlar, yükleniciler tarafından kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Ancak bu kullanıcıların bu rehber içeriğindeki konularla ilgisi, mesleki durum ve pozisyon itibarıyla çok farklı olacaktır. Örneğin, bina yöneticileri/idareciler için ön bilgiler yeterli olurken mühendisler ve işletmecilerin tüm rehber içeriğine hâkim olması uygun olur. Bu bağlamda kullanıcıların, rehberin bölümleri ile ilişkileri Tablo 2-1’de verilmiştir.

Bölüm	Kurum Yöneticileri	Teknik Birim Yetkilileri	Projeciler / Danışmanlar	Uygulama / Kontrol Teşkilatı	Test Ayar Dengeleme (TAD) Danışmanları	Bina İşletme Yönetimi ve Mühendisleri
1. Giriş	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. Rehber Kapsamı	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3. Tanımlar ve Kısaltmalar		✓	✓	✓	✓	✓
4. Ön Şartlar ve Ön Kontroller	✓	✓	✓			
5. Binalar Hakkında Teknik Bilgiler		✓	✓			
6. Planlama ve Tadilat Projeleri	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7. Ortak Uygulamalar		✓	✓			✓
8. Uygulama, Kabul ve Kontrol Süreci				✓	✓	✓
9. Sürdürülebilirlik ve Süreç Takibi	✓					✓
10. Mevzuat	✓	✓	✓	✓		✓
11. Kaynaklar		✓	✓			
Ekler (Kontrol Listeleri, Vaka Örnekleri)		✓	✓	✓	✓	✓

**Tablo 2-1:** Yetkili ve Kullanıcıların Rehber Bölümleri ile İlişkisi

# 3

## Tanımlar ve Kısaltmalar

Bu rehberde kullanılan tanımlamalar, kısaltmalar ve simgeler bu bölümde açıklanmıştır.

### 3.1 Tanımlar

**Bina Tadilatı:** Mevcut binalarda herhangi bir nedenle, (binanın eskimesi, kullanım amacının veya sahibinin değişmesi, iç mekân kalitesinin iyileştirilmesi, deprem güçlendirmesi, yangın güvenliğinin sağlanması ve/veya güncel standartları sağlayacak duruma getirilmesi için) yapılan iyileştirme çalışmaları (renovasyon veya yenileme).

**Binalarda Enerji Verimliliği Tadilatı:** Mevcut binaların enerji verimliliğinin artırılması için yapılan iyileştirme çalışmaları.

**Binalarda Enerji Verimliliği:** Binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesini bozmadan enerji tüketiminin azaltılması.

**Bina Cephesi:** Bina kabuğunun toprakla temas eden kısımları hariç (dışarıdan görülen) diğer yüzeyleridir.

**Bina Enerji Tüketimi:** Binada fiilen tüketilen/harcanan enerji miktarıdır.

**Bina Enerji Kullanımı:** Binada enerjinin tüketildiği sistemler (ısıtma, soğutma, aydınlatma vb.).

**Bina Kabuğu (Dış Kabuk):** Binanın dış ortam ile sınır yüzeyleridir (duvarlar, pencereler, giydirme cephe, tavanlar, döşemeler, çıkmalar vb.).

**Birincil Devre:** Sulu ısıtma, soğutma sistemlerinde ana borulama sisteminden bir denge kabı veya eşanjör ile ayrılmış olan kazan, ısı pompası veya soğutma grubu tarafı borulama devresi.

**Birincil Enerji:** Enerjinin herhangi bir değişim veya dönüşüm uygulanmamış biçimi (kömür, petrol, doğalgaz vb.).

**CO<sub>2</sub> Salım Katsayısı:** Binanın tükettiği birincil enerjiden kaynaklı CO<sub>2</sub> salımlarını hesaplamak için kullanılan katsayı olup, üretimde kullanılan yakıt cinsine/karışımına göre değişir.

**Çatı Tipi Klima Santrali (Rooftop):** Spor salonu, hangar, depo gibi tek ve büyük hacimlerin hava ile ısıtılmasını, soğutulmasını ve havalandırmasını sağlayan paket (kompakt) bir klima santralidir.

**Depolama Tankı (Buffer Tank):** Soğutma sistemlerinde su hacmini artırarak soğutma gruplarının, ikincil (sekonder) devresi sulu olan ısı pompalarının daha az devreye girerek verimli çalışmalarını sağlayan depo veya tank.

**Esaslı Tadilat:** Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nin 4-y maddesi: "yapılarda taşıyıcı unsuru etkileyen veya yapı inşaat alanını veya emsale konu alanını veya taban alanını veya bağımsız bölüm sayısını veya ortak alanların veya bağımsız bölümlerin alanını veya kullanım amacını veya ruhsat eki projelerini değiştiren işlemler".

**Elektrik Tesisatı:** İnşaat işlerinde elektrik mühendisliği alanına giren kuvvetli akım, zayıf akım, veri, CCTV vb. sistemlerin tümü.

**En Uygun Teknoloji (Best Available Technology):** Güncel olarak piyasada bulunan fiyat ve enerji verimliliği açısından en uygun cihaz veya sistemlerdir.

**Enerji Simülasyonu (Enerji Modellemesi):** Binalarda tasarım ve enerji verimliliği çalışmaları sürecinde binanın gerçeğe uygun biçimdeki mimari, mekanik tesisatı, aydınlatma tesisatı ve diğer enerji tüketen sistemlere ait verilerin bir enerji simülasyon programına girilerek binanın ısı ve elektrik yükleri; saatlik, aylık, yıllık enerji ihtiyaçları ve enerji tüketimlerinin, enerji maliyetlerinin ve CO<sub>2</sub> salımlarının bilgisayar programları ile hesaplanmasıdır.

**Çevresel Ürün Beyanı (Environmental Product Declaration-EPD):** Gönüllülük esasına dayalı olan ve çevresel etkileri gösteren uluslararası bir belgedir.

**Eş Zamanlık Faktörü (Diversity Faktörü):** Mekanik havalandırma sistemlerinde, talep esaslı havalandırmada klima santrallerinin küçültülmesi, ısıtma/soğutma sistemlerinde kazan, soğutma grubu gibi ekipmanların kapasitelerinin azaltılması için uygulanan "0-1" arasında bir katsayı. Sisteme bağlı olarak uygun değerler, ASHRAE veya benzeri kaynaklardan alınabilir. Aynı şekilde elektrik sistemlerinde de tek tek cihazların (kurulu) gücünün toplamının, cihazların aynı anda çalışmayacağı varsayımına göre "0-1" arasında kabul edilen değer. Sisteme bağlı olarak uygun değer, literatürde yer almaktadır.

**Genel Aydınlatma:** Bir mahâllin tamamında, belirli kriterlerle aydınlatmada vurgu, yönlendirme ve farklı aydınlık seviyesine gerek olan kısmi bölge gibi özel ihtiyaçlar dikkate alınmaksızın talepleri karşılamak amacıyla yapılan aydınlatma.

**Geri Ödeme Süresi (GÖS):** Bir yatırımın, kendisini amorti ettiği süre. Türkiye'de genellikle 3 yılın altında kendisini amorti eden yatırımlar kısa süreli, 3-6 yıl arasında olanlar orta vadeli, 6 yıldan fazla süreli olanlar ise uzun vadeli yatırımlar olarak kabul edilir.

**Gömülü Enerji:** Bir ürünün kaynağından çıkarılması, üretilmesi ve bina inşaat sahasına taşınması süreçlerinde kullanılan toplam enerji miktarıdır. Bu süreçte kullanılan enerji kaynağına bağlı olarak sera gazı salımına sebep olurlarlar. Gömülü enerji, binanın çevreye olan toplam etkilerini gösteren etkenlerden birisidir.

**Güvenlik Aydınlatması:** Gece şartlarında güvenlik açısından kontrolün ve gözetimin daha kolay yapılmasını sağlamak amacıyla bina çevresine yapılan aydınlatmadır.

**Hesaplamalı (Sayısal) Akışkanlar Dinamiği (HAD) (Computational Fluid Dynamic-CFD):** Akışkan hareketini ve ısıl geçirgenlik içeren sistemlerin bilgisayarda modellenerek analiz edilmesidir.

**Hizmet Amaçlı Binalar:** Kamu binaları, okullar, ibadethaneler, hastaneler, sağlık merkezleri ve benzeri amaçlara tahsis edilmiş binalar, sığınma durumu, yaşlı veya çocukların bakımı için tahsis edilmiş sosyal hizmet binaları ve benzeri amaçlar için tahsis edilmiş binalar; sinema ve tiyatro, toplantı salonları, sergiler, müzeler, kütüphaneler, kültürel binalarla sportif faaliyetlere tahsis edilen binalar ve benzeri amaçlara tahsis edilmiş binalar.

**Isı Kaybı:** İletim ve taşınım yollarıyla, bir mahâlden dış ortama veya ısıtılmayan mahâle aktarılan ısı miktarıdır.

**Isı Kazancı:** İletim, taşınım ve ışınlım yollarıyla güneş gibi dış kaynaktan bir mahâle aktarılan ısı miktarıdır. Ayrıca binalarda bulunan insanlarla aydınlatma sistemi, bilgisayar, buzdolabı gibi cihazların mahâle yaydıkları ısı da dikkate alınır ve bunlar “iç yükler” olarak adlandırılır.

**Isı Pompası (Heat Pump-HP):** Toprakta, havada ve suda bulunan ısı enerjisi, ısıtma yapmak amacıyla bina içine, soğutmada ise binadaki ısı enerjisi toprak, su ve havaya transfer eden soğutma makinasıdır. (Elektrik enerjisi kullanarak ısıyı soğuk bir kaynaktan sıcak bir kaynağa aktaran sistem).

**İlgili İdare:** Yapı ruhsatı ve yapı kullanma izin belgesi verme yetkisine sahip mücavir alan sınırları içindeki uygulamalar için büyükşehir belediyeleri ile diğer belediyeler; bunların dışında kalan alanlarda ise valilikler ile diğer idareler.

**İkincil (Sekonder) Devre:** Sulu ısıtma, soğutma sistemlerinde ana borulama sisteminden bir denge kabı veya eşanjör ile ayrılmış olan bina tarafı borulama devresi.

**İklimlendirme Sistemi:** Ortam havasının, neminin, temizliğinin ve sıcaklığının bir arada kontrol edildiği ve taze hava ihtiyacının karşılandığı sistem.

**İşletmeciler Kuruluş:** Mekanik ve elektrik sistemlerinin çalışmasından sorumlu kuruluş.

**Kamu Binaları:** Merkezi yönetimin, belediyelerin, il özel idarelerinin sahip olduğu veya uzun süre kullanacağı binalar.

**Kazan-Kule Isıtma/Soğutma Sistemi:** Eş zamanlı ısıtma ve soğutma yükleri olan binalarda kullanılan ve su sıcaklığının sabit bir aralıkta tutulduğu su kaynaklı bir ısı pompası sistemidir. Burada, su sıcaklığı düştüğünde, kazan; yükseldiğinde, soğutma kulesi otomatik olarak devreye girmektedir.

**Kojenerasyon-Trijenerasyon Sistemleri (Bileşik Isı-Güç Sistemleri-Combined Heat and Power-CHP):** Isı ve elektrik enerjisinin aynı cihazda (sistemde) eş zamanlı olarak üretimidir. Bu sistemlere “kojenerasyon sistemleri”, soğutma da yapılıyor ise “trijenerasyon sistemleri” adı verilir.

**Kullanım Alanı:** Binanın inşa edilen ve kullanılabilen tüm bölümlerinin; duvarlar, kolonlar, ışıklıklar, giriş holleri, açık çıkmalar, hava bacaları, saçaklar, tesisat galerileri ve katları, ticari amaçlı olmayan ve binanın kendi ihtiyacı için otopark olarak kullanılan bölüm ve katlar, yangın

merdivenleri, asansörler, tabii zemin terasları, kalorifer dairesi, kömürlük, sığınak, su deposu ve hidrofor dairesi çıktıktan sonraki alanı.

**Mekanik Tesisat:** Makine mühendisliği alanına giren ısıtma, soğutma, havalandırma, temiz ve pis su tesisatı, sıhhi sıcak su tesisatları, yangın söndürme sistemleri, mutfak tesisatı, otomasyon sistemleri vb. işlerinin tümü.

**Merkezi Isıtma Sistemi:** Bir merkezden elde edilen ısıtma enerjisi ile birden fazla bağımsız bölümün ısıtılmasını sağlayan sistem.

**Merkezi Sıhhi Sıcak Su Sistemi:** Bir merkezden elde edilen sıhhi sıcak suyun binalara ve bağımsız bölümlere dağıtılması ve kullanılmasını sağlayan sistem.

**Merkezi Soğutma Sistemi:** Bir merkezden elde edilen soğutma enerjisi ile birden fazla bağımsız bölümün soğutulmasını sağlayan sistem.

**Mevcut Bina:** Yapı ruhsatı alınıp yapımı devam eden veya yapımı tamamlanan bina.

**Nihai Enerji Tüketimi:** Son kullanıcı tarafından binasında veya bağımsız bölümünde katı, sıvı veya gaz yakıtlardan elde edilen enerjinin ve elektrik enerjisinin toplam tüketimi.

**Önemli Tadilat:** Binada cephe, mekanik ve elektrik tesisatı gibi enerji tüketimini etkileyen konularla ilgili toplam tadilat maliyetinin, binanın emlak vergisine esas değerinin %25'ini aştığı tadilatları ifade eder.

**Ölü Bölge (Deadband):** Mahâl (oda) termostatlarında konfor sıcaklığı için ölü bölge (Örneğin dört borulu fan coil'leri kontrol eden termostatların ayarı ısıtmada oda sıcaklık set değeri üst limiti 22°C, soğutmada oda sıcaklık set değeri alt limiti 25°C ile buradaki "deadband-ölü bölge" 3°C olur. Bu şekilde aynı anda ısıtma kontrol vanası ve soğutma kontrol vanası açılmaz, enerji verimliliği sağlanır).

**Özgül (spesifik) Enerji Tüketimi (SET):** Binalarda bir yılda metrekare başına tüketilen enerji miktarları (elektrik, doğalgaz, toplam)- kWh/m<sup>2</sup>. yıl.

**Perlatör:** Musluk başlığında mevcut olan veya sonradan takılabilen, hava ve su karışımıyla, su ve enerji verimliliği sağlayan parça.

**Proses:** Binalardaki ısıtma-soğutma-havalandırma ve aydınlatma dışındaki yüklerdir (Örneğin laboratuvar, veri merkezi vb.).

**Rijit:** Hiçbir etkiye maruz kalmayan, sürtünmesiz ortamda kuvvet ya da moment etkisi altında şekil değiştirmeyen, şeklini koruyan.

**Saydam Yüzeyler:** Bina cephelerinde pencereler, giydirme cepheler, camlı kapılar, çatı ışıklıkları vb.

**Senaryo:** Enerji verimliliği çalışmalarında verimlilik artırıcı alternatifler veya projeler. (Örneğin birinci senaryoda sadece bina kabuğu ısı yalıtımı, ikinci senaryoda birincisine ilaveten ısıtma sistemi değişimi, üçüncü senaryoda ikincisine ilaveten kojen/trijen sistemi eklenebilir).

**Serbest Soğutma (Free Cooling):** Örneğin kışın da soğutma ihtiyacı olan "bilgisayar merkezleri"nin kışın soğutma grubu kullanmadan soğutulması, yazın gecenin serinliliğinden yararlan-

mak üzere havalandırma sistemlerinin gece çalıştırılması ile enerji verimliliği sağlanmasıdır.

**Sıfıra Yakın Enerjili Bina (nZEB):** Düşük birincil enerji kullanan ve binada üretilen yenilenebilir enerjinin bir kısmını satarak yıllık enerji bilançosunu sıfır yapabilen bina (Burada net bilanço olarak birincil enerji tüketimi yoktur).

**Sızdırma (İnfiltrasyon) Havası:** Bina kabuğundan kontrolsüz olarak bina içine giren hava.

**Sistem Sınırı:** Enerji aktivitesini içine alan sınırlardır (Örneğin binanın oturma alanı).

**Tadilat (Yenileme, Renovasyon):** Mevcut binalarda mimari, inşai ve enerji verimliliği ile diğer gereksinimler için yapılacak iyileştirmeler. Bu işlem, çok geniş kapsamlı olabileceği gibi yalnızca bir sistemi (örneğin kazan yenileme, güneş elektrik üretim sistemi kurulması vb.) değiştirme şeklinde dar kapsamlı da olabilir. Bu rehber, tüm bu kapsamı karşılayacak nitelikte hazırlanmıştır.

**Test, Ayar, Dengeleme (TAD):** Bir binanın yapım veya tadilat sürecinde; projelerin mal sahibinin isteklerine, yönetmeliklere ve standartlara uygun olarak hazırlanması, inşaatın projelere ve şartnamelere uygun olarak yapılması, yapılan imalatlardan gerekli olanlar için test ve devreye alma çalışmaları ve performans ölçümlerinin yapılması, binanın işletim sürecinde hedeflendiği gibi işletilmesi, hususlarının kontrolünü kapsayan “kalite odaklı danışmanlık hizmeti”dir.

**Veri Merkezi (Data Center):** Bilgisayar merkezleri veya veri depolama merkezleri (server sistemlerinin bulunduğu sürekli iklimlendirilmiş, enerji alt yapısı yedekli mahâller, odalar veya salonlar).

**Yenilenebilir Enerji:** Hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı ve gelgit gibi fosil olmayan enerji kaynaklarından elde edilebilen enerji.

**Yıkama (Flushing):** Isıtma ve soğutma sistemlerinin yıkama işlemleri.

**Yıllık Enerji İhtiyacı:** Binanın ısıtma, sıhhi sıcak su, soğutma, elektrik, aydınlatma, priz, proses sistemleri için birincil enerji cinsinden bir yıl içerisinde verilmesi gereken enerji miktarı.

**Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı:** Isıtma sisteminden, ısıtılan ortama bir yıl içinde verilmesi gereken net ısı enerjisi miktarı.

**Yıllık Sıhhi Sıcak Su Enerjisi İhtiyacı:** Sıcak su temini için bir yıl içinde harcanan net ısı enerjisi miktarı.

**Yıllık Soğutma Enerjisi İhtiyacı:** Soğutma sisteminin soğutulan ortamdan bir yıl içinde atması veya çekmesi gereken net ısı enerjisi miktarı.

## 3.2 Kısaltmalar

**AB:** Avrupa Birliği.

**ACH (Air Change Per Hour):** Saatlik hava değişimi.

**AC (Air Cooled):** Hava soğutmalı chiller veya ısı pompası.

**AHU (Air Handling Unit):** Klima santrali.

**ASHRAE:** The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

**ASHP (Air Sourced Heat Pump):** Hava kaynaklı ısı pompası.

**Bar:** Basınç birimi.

**BEP:** Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği.

**BEP-TR:** Enerji kimlik belgelerinin düzenlenmesi için kullanılan ve Bakanlık internet adresinden erişim sağlanan yazılım programı.

**BMS (Building Management System):** Bu sistem bir binada mekanik tesisat, aydınlatma, güvenlik, yangın vb. sistemleri kontrol eden üst kontrol sistemidir.

**CAV (Constant Air Volume):** Sabit debili havalandırma.

**CDD (Cooling Degree Day):** Soğutma derece- gün sayısı.

**Chiller:** Su soğutma grubu.

**CHW (Chilled Water):** Soğutulmuş su.

**CO<sub>2</sub>:** Karbondioksit.

**COP (Coefficient Of Performance):** Isı pompaları için kış sezonu etiket performans katsayısı (EUROVENT tanımı) – soğutma makinaları için verimlilik tanımıdır. kWh olarak cihazın ürettiği ısı enerjisinin, kWh olarak cihaz kompresöründe tüketilen enerjiye oranı olarak tanımlanır.

**CRAC (Computer Room Air Conditioner):** Bilgi işlem mahâlleri iklimlendirme cihazı.

**CRAH (Computer Room Air Handling Unit):** Bilgi işlem mahâlleri klima santrali.

**CWR (Cold Water Return):** Soğutulmuş su dönüş.

**CWS (Cold Water Supply):** Soğutulmuş su gidiş.

**ÇŞB:** Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

**DB (Dry Bulb Temperature):** Kuru termometre sıcaklığı.

**DCV (Demand Controlled Ventilation):** İhtiyaca göre havalandırma.

**DDC (Direct Digital Controller):** Kontrol paneli.

**DOE (Department Of Energy):** Amerika Enerji Bakanlığı.

**EC Motor (Electronically Controlled Motor):** Yüksek verimli fanlarda ve pompalarda kullanılan devir sayısı 0-10 volt elektrik enerjisi ile değişken hız devirli sürücü (VSD) gibi cihazlar kullanmaya gerek kalmadan değiştirilebilen elektrik motorları.

**EDB (Entering Dry Bulb Temperature):** Giriş kuru termometre sıcaklığı.

**EER (Energy Efficiency Ratio):** Isı pompaları ve soğutma grupları için yaz sezonu etiket performans katsayısı (EUROVENT tanımı) kWh olarak cihazın ürettiği ısı enerjisinin, kWh olarak cihaz kompresöründe tüketilen enerjiye oranı olarak tanımlanır. SCOP değerine benzer şekilde yazın tüm saatleri bu değerler toplanıp oranı bulunursa soğutma modu (veya sezonu) için sezonluk performans değeri (SEER) bulunur.

**EFF:** Eski motor verimlilik sınıflandırması.

**EKB:** Enerji Kimlik Belgesi.

**EN:** Avrupa Standartları.

**EnYS:** Enerji Yönetim Sistemi.

**EPA (Environment Protection Agency):** Amerikan Çevre Koruma Ajansı.

**EPC (Energy Performance Contract):** Enerji Performans Sözleşmesi – (EPS).

**EPBD (EU Energy Performance of Buildings Directive):** Avrupa Birliği Bina Enerji Performans Direktifi.

**ETKB:** Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.

**EU (European Union):** Avrupa Birliği.

**EV:** Enerji Verimliliği.

**EVD:** Enerji Verimlilik Danışmanlık Şirketi.

**EWB (Entering Wet Bulb):** Giriş yaş termometre sıcaklığı.

**EWT (Entering Water Temperature):** Giriş suyu sıcaklığı.

**GHG (Greenhouse Gases):** Sera gazları.

**GSHP (Ground Source Heat Pump):** Toprak kaynaklı ısı pompası.

**GÖS:** Geri Ödeme Süresi.

**HDD (Heating Degree Day):** Isıtma derece- gün sayısı.

**HVAC:** Isıtma-soğutma (iklimlendirme) havalandırma sistemleri.

**HWR (Hot Water Return):** Sıcak su dönüş.

**HWS (Hot Water Supply):** Sıcak su gidiş.

**HW (Hot Water):** Sıcak su.

**IDA:** İç hava kalitesi sınıflandırması.

**IE1:** Standart Verimli Motor (eski sınıflandırmada EFF2).

**IE2:** Yüksek Verimli Motor (eski sınıflandırmada EFF1).

**IE3:** Premium Verimli Motor (eski sınıflandırmada karşılığı bulunmuyor).

**IE4:** Süper Premium Verimli Motor (eski sınıflandırmada karşılığı bulunmuyor).

**IEQ (Indoor Environment Quality):** İç mekân kalitesi (ısı konfor, nem oranı, iç hava kalitesi, gürültü vb.).

**IT (Information Technology):** Herhangi bir bilgisayar, depolama aracı ve diğer fiziksel aygıtların kullanılmasıyla dijital verilerin oluşturulması, yapılandırılması, işlenmesi, transferi, korunması ve değiştirilmesini kapsayan alan.



**İKO:** İç Karlılık Oranı.

**ISO:** Uluslararası Standartlar Organizasyonu.

**kVA:** Kilo Volt Amper.

**kVAr:** Kilo Volt Amper Reaktif.

**kWh:** Kilowatt-saat.

**KV:** Kısa vade, 3 yıldan kısa geri dönüş süresi.

**LCC (Life Cycle Cost):** Ömür boyu maliyet.

**LDB (Leaving Dry Bulb Temperature):** Çıkış kuru termometre sıcaklığı.

**LEED (Leadership in Energy and Environmental Design):** Amerikan Yeşil Binalar Konseyi'nin yeşil bina sertifikasyon sistemi.

**LED (Light Emitted Diod):** Işık yayan diyot.

**LWB (Leaving Wet Bulb):** Çıkış yaş termometre sıcaklığı.

**LWT (Leaving Water Temperature):** Çıkış suyu sıcaklığı.

**MCC (Motor Control Center):** Motor kontrol panosu (elektrik güç panosu).

**MWh:** Megawatt-saat.

**NCM:** İngiltere ulusal hesaplama yöntemi- Konut dışı binaların modelleme kılavuzu.

**NPV (Net Present Value):** Net Bugünkü Değer (NBD).

**NPLV:** Chiller ve ısı pompaları için kısmi yük verimliliği.

**NPSH (Net Positive Suction Head):** Pompalarda emmedeki net pozitif yükseklik.

**NPSHR (Net Positive Suction Head Required):** Pompaların gereksinim duyduğu emmedeki net pozitif yükseklik.

**NPSHA (Net Positive Suction Head Available):** Tesisat sisteminin sahip olduğu emmedeki net pozitif yükseklik.

**NREL:** Amerikan Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı.

**ODA:** Dış hava kalitesi sınıflandırmaları.

**O&M (Operating and Maintenance):** İşletme ve bakım.

**OV:** Orta Vade, 3-6 yıl arası geri dönüş süresi.

**PD (Pressure Drop):** Basınç kaybı.

**Ppm (particle per million):** Milyondaki parça miktarı.

**PV (Photovoltaics):** Güneşten elektrik elde edilen sistemler.

**PUE (Power Use Efficiency):** Bilgisayar mahâlleri için güç kullanım verimliliği tanımı.

**RE (Renewable energy):** Yenilenebilir enerji.

**Refrigeration fluid:** Soğutucu gaz (R134a, R410a vb).

**Rekuperative Heat Recovery:** Havadan havaya ısı geri kazanım ünitesi.

**RH (Relative Humidity):** Bağıl nem.

**RLA:** Kullanım sırasında çekilen elektriksel akım.

**SAT (Saturated Air Temperature):** Psikrometrik diyagramda doymuş havanın sıcaklığı.

**SC (Shading Coefficient):** Camlar için gölgeleme katsayısı.

**SCOP (Seasonal Coefficient Of Performance):** Isı pompalarında ısıtma sezonu için sezonluk performans katsayısıdır. Saatlik olarak ısıtma sezonu boyunca; kWh olarak cihazın ürettiği ısı enerjisinin,  $\Sigma$ kWh olarak cihaz kompresöründe tüketilen elektrik enerjisine oranlarının toplamıdır. Bu değer, ısı pompalarının alternatif yakıtlı sistemlerle (örneğin doğalgaz kazanları) karşılaştırılmasında kullanılır.

**SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio):** Isı pompalarında ve soğutma gruplarında soğutma sezonu için sezonluk performans katsayısıdır. Saatlik olarak soğutma sezonu boyunca; kWh olarak cihazın ürettiği ısı enerjisinin,  $\Sigma$ kWh olarak cihaz kompresöründe tüketilen elektrik enerjisine oranlarının toplamıdır. Bu değer, ısı pompalarının alternatif yakıtlı sistemlerle (örneğin doğalgaz kazanları) karşılaştırılmasında kullanılır.

**SHGC (Solar Heat Gain Coefficient):** Pencere veya giydirme cepheler için camların gölgeleme katsayısı (SC) ve dış gölgeleme dahil saydam bir yüzeyin toplam gölgeleme katsayısı.

**SFP (Specifci Fan Power):** Özgül fan gücü.

**TBDY:** Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.

**TEFC:** Tamamen muhafazalı ve fan soğutmalı motor.

**TEP:** Ton Eşdeğer Petrol.

**TMY (Typical Meteorological Year):** Tipik meteorolojik yıl.

**TSE:** Türk Standardları Enstitüsü.

**TS825:** Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı.

**UV:** Uzun vade, 6 yıldan fazla geri dönüş süresi.

**UPS (Uninterrupt Power Supply):** Kesintisiz güç kaynağı (KGK).

**VOC (Volatile Organic Compound):** Havadaki zararlı uçucu organik bileşikler.

**VAP:** Verimlilik Arttırıcı Proje.

**VAV (Variable Air Volume):** Değişken hava debisi.

**VRV/VRF (Variable Refrigerant Volume):** Değişken debili soğutucu gazlı ısıtma/soğutma sistemleri.

**VSD (Variable Speed Driver):** Değişken hız sürücü. Frekans invertörü, frekans konvertörü, sürücü, invertör, gibi farklı isimlerle de tanımlanır.

**VVVF (Variable Voltage Variable Frequency):** Çoğunlukla asansörlerde konfor açısından kullanılan değişken gerilim ve frekans kontrolü.

**WWR (window/wall ratio, %):** Bina cephelerinde saydam yüzey alanının opak yüzey alanına oranı.

**WB (Wet Bulb Temperature):** Yaş termometre sıcaklığı.

**WC (Water Cooled):** Su soğutmalı chiller veya ısı pompası.

**WSHP (Water Sourced Heat Pump):** Su kaynaklı ısı pompası.

# 4

## Ön Şartlar, Ön Kontroller

Bu bölümde, mevcut kamu binalarının enerji verimliliği tadilatları için yerine getirilmesi gereken ön şartlar özetlenmiştir.

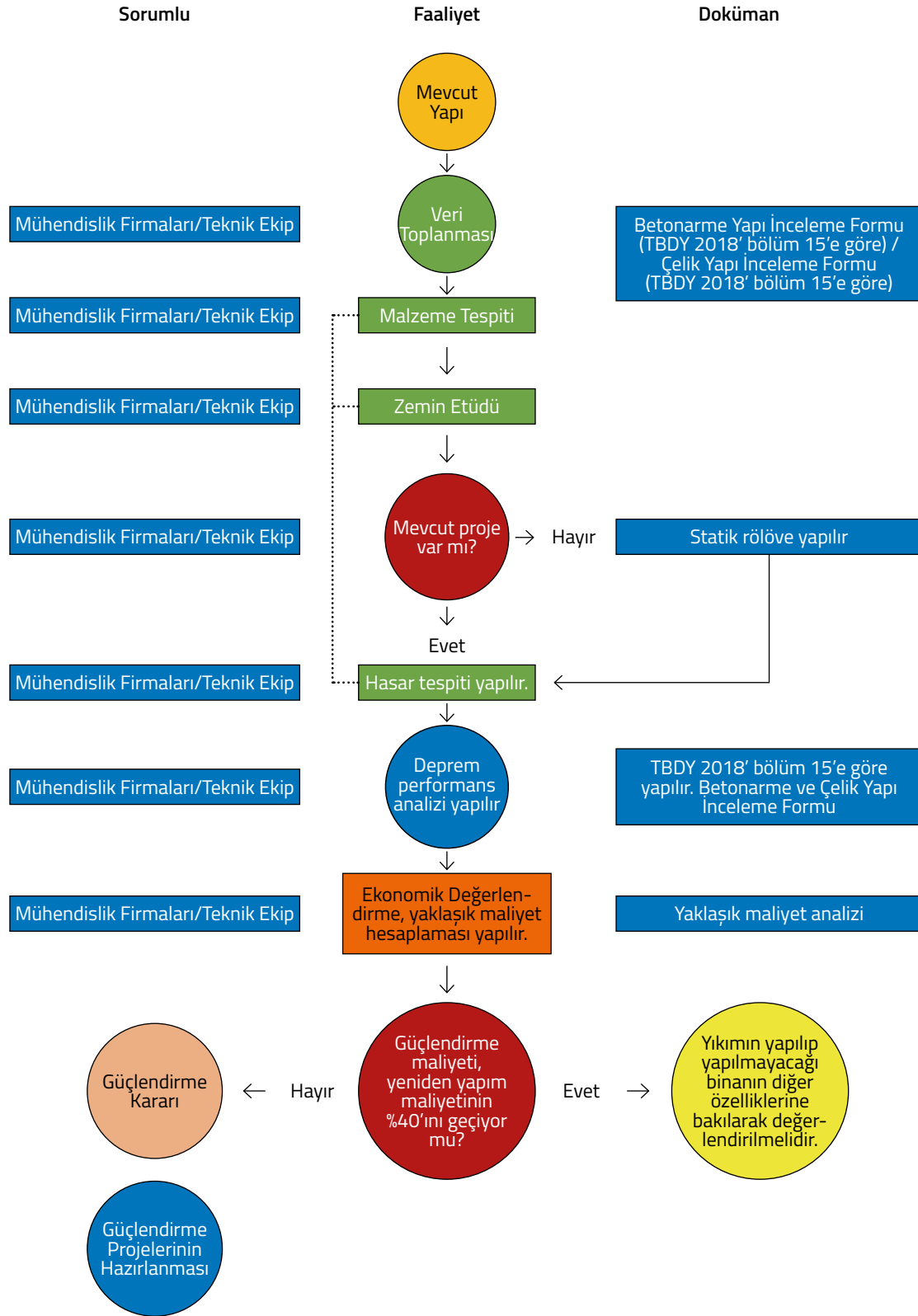
### 4.1 Binaların Deprem İncelemesi

Tadilat yapılan binaların, kalan ekonomik ömrünü kesintiye uğramadan tamamlayabilmesi için deprem, sel, toprak kayması vb. doğal afetlere karşı yeterli güvenliğe sahip olmaları gerekir. Bu bağlamda bina, "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" in yayınlanma tarihinden daha önce inşa edilmiş ve deprem etütü yapılmamış ise öncelikle deprem etüdü yaptırılmalıdır. Söz konusu yönetmelik esas olarak "depreme dayanıklı binalar için hesap kuralları, yeni yapılacak betonarme, çelik ve yığma yapıların tasarım kuralları ile mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi" kısımlarından oluşmaktadır.

Tadilat yapılacak binanın depreme dayanıklı olabilmesi için yapı taşıyıcı sistemlerinin mümkün olduğu kadar bu Yönetmelik'te tanımlanan düzensizlik durumları ortaya çıkmayacak şekilde oluşturulması hedeflenir. Bu çerçevede bina taşıyıcı sisteminde ve taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli ve güvenli bir şekilde aktarılmasını sağlayacak yeterli rijitlik, kararlılık ve dayanımın sağlanması ile binaya aktarılan deprem enerjisinin önemli bir bölümünün, taşıyıcı sistemin sünek davranışıyla sönmülenebilmesi hedeflenir.

Diğer yandan enerji verimliliği ve iç mekân kalitesinin sağlanması için gerekli olabilecek değişiklikler, (örneğin pencere boyutlarının değişmesi, binaya yeni yükler gelmesi, yatay veya düşey geçişler açılması) binanın yapısal sistemini ve deprem dayanımını etkileyebilir. Bunun tersi de geçerlidir; örneğin, ilave deprem perdelerinin manzara ve gün ışığını azaltması durumunda pencere ebatlarının değiştirilmesi gerekebilir. Bu gibi sebeplerle tasarım sürecine inşaat mühendislerinin de dâhil edilmesi gerekir. Şekil 4-1'de Binaların Deprem İncelemesine İlişkin Akış Şeması, Ek-4.1 Betonarme ve Çelik Yapılar için Deprem İnceleme Form Örnekleri verilmiştir.

## Mevcut Yapılarda Deprem Tahkiki Süreç Akışı



Şekil 4-1: Binaların Deprem İncelemesine İlişkin Akış Şeması

Şekilde görüldüğü üzere, mevcut binalarda tadilat yapılması gerekmeyebilir, yıkım kararı da söz konusu olabilir. Tadilat veya yıkım kararına, aşağıdaki hususlar vb. dikkate alınarak verilebilir:

- a) Tarihi binalarda binanın yaşına bakılmaksızın tadilat söz konusu olabilir.
- b) Binanın mimari ve estetik bir değeri varsa, çok eski de olsa, yıkım yerine deprem tadilatı söz konusu olabilir.
- c) Binanın tarihi özelliği yoksa, estetik bir değer atfedilmemiş ve yaşı 40'ın üzerinde ise yıkım kararı verilebilir (40 yıllık süre, uzmanlık değerlendirmesi olup genel bir kural değildir; binanın durumuna göre karar verilmelidir).
- d) Binanın yaşı 40 yıldan az olsa bile hedeflenen tadilat maliyeti, yeni bina maliyetinin %40'ını geçiyor ise yıkıma karar verilebilir veya tadilat kapsamı daraltılabilir (%40 oranı uzmanlık değerlendirmesi olup genel bir kural değildir; binanın durumuna göre karar verilmelidir).
- e) Güncel yönetmelikler ve iç mekân kalitesi gereklilikleri ile fonksiyon ihtiyaçları sağlanamıyor olabilir. Bu gibi durumlarda binanın yıkım kararı verilebilir veya bina satılabilir (Farklı amaçlarla kullanım söz konusu olabilir).

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılabacağı üzere binanın tadilat kararı veya yıkım kararı;

- i) En baştan verilebilir,
- ii) Deprem etüdü, enerji verimliliği çalışmaları ve mevzuata uyum için yapılacak teknik ve ekonomik analiz sonuçları değerlendirildikten sonra verilebilir.

Mevcut binalardaki deprem güçlendirme uygulamaları için **Ek-10 Vaka Örnekleri V-4.1 Deprem Güçlendirme İnceleme ve Uygulama Örnekleri** bölümüne bakınız.

## 4.2 Tahmini Maliyet İncelemesi

Bina tadilatlarında enerji verimliliği ile birlikte iç mekân kalitesi, yangın güvenliği, deprem güvenliği vb. güncel mevzuata uyum, (Yapılacak tadilata uygun olarak dikkate alınacak mevzuat 10. bölümde verilmiştir) mümkün olduğunca birlikte sağlanmalıdır. Bilindiği gibi mevzuat, asgari şartları belirlemektedir, ancak enerji verimliliği ve çevresel etkilerin azaltılması açısından, bütçe imkânları dikkate alınarak mevzuatın öngördüğünden daha ileri iyileştirmeler yapılabilir (Bu konuda detaylı bilgi için 6.2.3 ve 7.1. bölümlere bakılabilir).

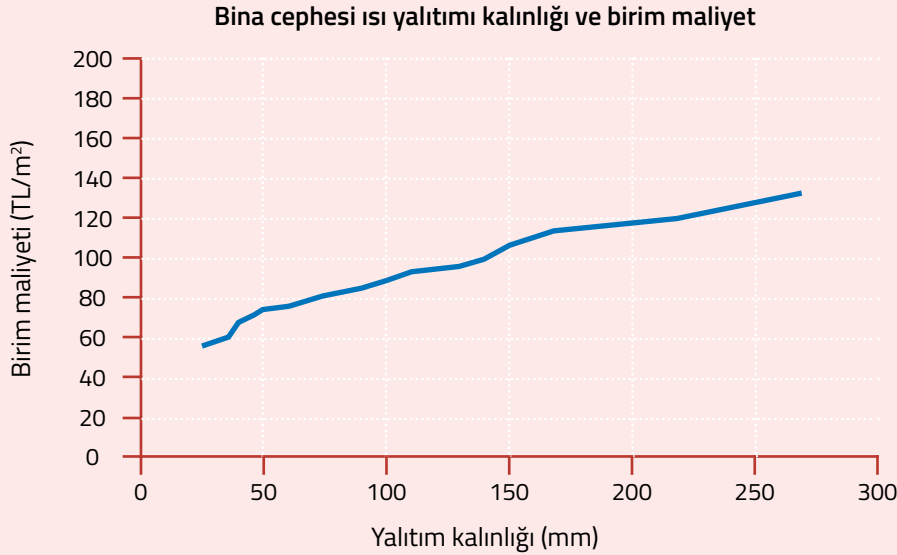
Daha önce de açıklandığı üzere bina tadilatlarında bu amaçlardan bir veya birkaçının sağlanması hedeflenir. Bunun için:

- a) Mevcut durumun ortaya konulması,
  - b) Uygulamaların geri dönüş sürelerinin hesaplanması,
  - c) Yapılacak iyileştirme projeleri arasından en uygun olanların seçilmesi,
- gerekir.

Yapılacak işler projelendirilerek ihale projeleri, şartnameleri, imalat tarifleri ve yaklaşık maliyetleri hazırlanır. Tadilat kapsamı belirlendikten sonra, uygulamaya geçilebilmesi için ödeneğin konulması veya mevcut ödeneklerle yapılıp/yapılamayacağı gibi hususlara da karar verilir.

**Örnek 4-1:**

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2019 yılı birim fiyatları göz önüne alınarak opak yüzeyler için taş yünü malzeme ile yalıtım kalınlığına bağlı olarak m<sup>2</sup> maliyetlerinin değişimi verilmiştir.



Bu örnekte verilen ısı yalıtım malzemesi kalınlıklarından uygun olanlar enerji modelleme programına girilerek bunlara karşılık gelen yıllık enerji maliyetleri hesaplanır. Ayrıca söz konusu örnekteki veya benzeri birim maliyetler ile opak yüzey alanları çarpılarak ısı yalıtımının ilk yatırım maliyeti hesaplanır. Böylece en uygun (optimum) yalıtım kalınlığına karar verilebilir. Burada ısı yalıtımının artırılması ile binanın enerji ihtiyacı azalacağı için ısıtma/soğutma sistemleri kapasiteleri küçülecek ve dolayısıyla ilk yatırım maliyetleri düşecektir. Bu etkiler de dikkate alınırsa en uygun (optimum) ısı yalıtım kalınlığı daha gerçekçi biçimde belirlenir.

### 4.3 Mevzuat Yönünden İnceleme

Binanın tarihi bina olup olmadığı, iskân ruhsatının olup olmadığı (Örneğin bina yeşil alanda yapılmış olabilir), yakın gelecekte yıkılma ihtimali olup olmadığı (Örneğin yol genişletmesi vb.), güncel mevzuat ve/veya konfor gereksinimlerine uyum için bir engel olup olmadığı; engelli erişimi konuları, deprem güçlendirmesi yapılması gerekliliği, binanın kalan ömrünün tadilat için uygunluğu, tadilat sonrasında binanın hedeflenen kullanım amacına uygun duruma getirilip getirilemeyeceği gibi konular değerlendirilir.

2000'li yıllar öncesinde yapılan mevcut binaların; kullanıcıların güvenliği, erişimi ve konforu açısından güncel mevzuata uyumlaştırılması önem arz etmektedir. Özellikle önemli tadilat yapılan binaların güncel mevzuata uyumlaştırılması beklenir. Mevcut Binalarda öncelikle Deprem Güvenliği, Yangın Güvenliği, Engellilerin Erişimi, Enerji Verimliliği, Ses yalıtımı, Su Yalıtımı, Otoparkların ve Asansörlerin Yeterliliği irdelenir. Önemli tadilatlarla öncelikle kontrol edilmesi gereken mevzuat Tablo 4-1 de verilmiştir.

İncelenecek Sistem	İlgili Mevzuat	Yapılması Önerilen İşlem
Deprem Güvenliği	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği	Ek-4.1 Betonarme ve Çelik Yapılar için Deprem İnceleme Formları Örneği'nde belirtilen çalışmalar yapılmalıdır.
Yangın Güvenliği	Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik	Ek 4.4 Yangın Tesisatı Kontrol Formu Örneğinde belirtilen çalışmalar yapılmalıdır.
Engellilerin Ulaşımı	Erişilebilirlik İzleme ve Denetleme Yönetmeliği Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığınca yayımlanan "Binalar İçin Erişilebilirlik İzleme ve Denetleme Formu**" Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca yayımlanan Yapı Denetimi Uygulama Yönetmeliği Ekleri/ Erişilebilirlik Kontrol Formu	İlgili form kullanılarak binanın yapısına göre (rampa yapılması, hissedilebilir yüzey uygulamaları, küpeştelerin yüksekliklerinin uygunluğu, asansörlerin uygun hale getirilmesi, merdiven kenarlarında hareketli koltuklar yapılması gibi) önlemler alınır.
Enerji Verimliliği	Enerji Verimliliği Kanunu Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	Bu rehberde açıklanan hususlar binanın durumuna göre ilgili oranında uygulanır.
Binalarda Konforun Sağlanması	İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık Ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik ÇŞB Makina Tesisatı Genel Teknik Şartnamesi.	5. Bölümde açıklanan konfor gereksinimlerinin sağlanması hedeflenir.
Isı, Ses, Su, Gürültü Yalıtımı	Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği. Binalarda Su Yalıtımı Yönetmeliği Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği. Isı Yalıtım Uygulama Kılavuzu** Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği Açıklama ve Uygulama Kılavuzu***	7. Bölümde açıklanan hususlar binanın durumuna göre ilgili oranında uygulanır.
Mekanik Tesisat Sistemleri	ÇŞB Makina Tesisatı Genel Teknik Şartnamesi.	7. Bölümde açıklanan hususlar binanın durumuna göre ilgili oranında uygulanır.



Elektrik Tesisat Sistemleri, Asansörler vb.	Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği. Elektrik İç Tesisleri Proje Hazırlama Yönetmeliği. Elektrik Tesisleri Kabul Yönetmeliği. Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği. Genel Aydınlatma Yönetmeliği. Asansör İşletme ve Bakım Yönetmeliği ÇŞB Elektrik Tesisatı Genel Teknik Şartnamesi.	7. Bölümde açıklanan hususlar, binanın durumuna göre ilgili oranında uygulanır.
Yenilenebilir Enerji Sistemleri Kullanımı	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanıma İlişkin Kanun Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	7. Bölümde açıklanan hususlar binanın durumuna göre ilgili oranında uygulanır.
Otoparklar	Otopark Yönetmeliği	Mevcut binalar için uygulanabilirliği ölçüsünde dikkate alınmalıdır.
Katı Atık Yönetimi	Katı Atık Yönetimi Yönetmeliği	7.1.25. Bölümde açıklanan hususlar binanın durumuna göre ilgili oranında uygulanır.

**Tablo 4-1:** Önemli Tadilatlarda Öncelikle Kontrol Edilmesi Gereken Mevzuatlar

Not: Bu rehberin hazırlanması sürecinde yararlanılan kanunlar ve yönetmelikler 10. Bölümde, yararlanılan kaynaklar 11. Bölümde verilmiştir.

\* <https://ailevecalisma.gov.tr/media/5615/erisilebilirlik-izleme-denetleme-form-kitaplari.pdf>

\*\* <https://meslekihizmetler.csb.gov.tr/dokumanlar>

\*\*\* <https://meslekihizmetler.csb.gov.tr/binalarin-gurultuye-karsi-korunmasi-uygulamasi>

## 4.4 Yangın Yönünden İnceleme

Bina tadilatları sırasında, yapının “Türkiye’de Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” şartlarına uygun hâle getirilmesi gerekir, çünkü yönetmelik hem yeni binaları hem de mevcut binaları kapsamaktadır. Tadilat esnasında yangın yönünden yapılacak iyileştirmeler; binanın büyüklüğüne, kat adedine, cinsine vb. bağlı olarak değişkenlik gösterir. Örneğin, lojman-konut gibi binalarda sadece yangın dedektörü ile yangın dolabı yeterli olurken hastane gibi binalarda yangın algılama, anons, acil aydınlatma, acil yönlendirme ve kaçış, duman kontrol, yangın dolabı ve sprinkler sistemleri, itfaiye bağlantı ağızları, gazlı söndürme sistemleri, basınçlandırma sistemleri, ilave merdiven yapılması, yangın kontrol paneli vb. gerekli olmaktadır. Yukarıda belirtilen yönetmelik ve **Ek 4.4 Yangın Tesisatı Kontrol Formu Örneği** dikkate alınarak, tadilatı yapılacak binaya ilişkin yangın sistemleri içeriği (projeler, şartnameler vb.) oluşturulmalıdır.

Binalarda yangın sistemleri uygulamaları için **Ek-10 Vaka Örnekleri V-4.4 Binalarda Yangın Sistemleri Uygulama Örnekleri** bölümüne bakınız.

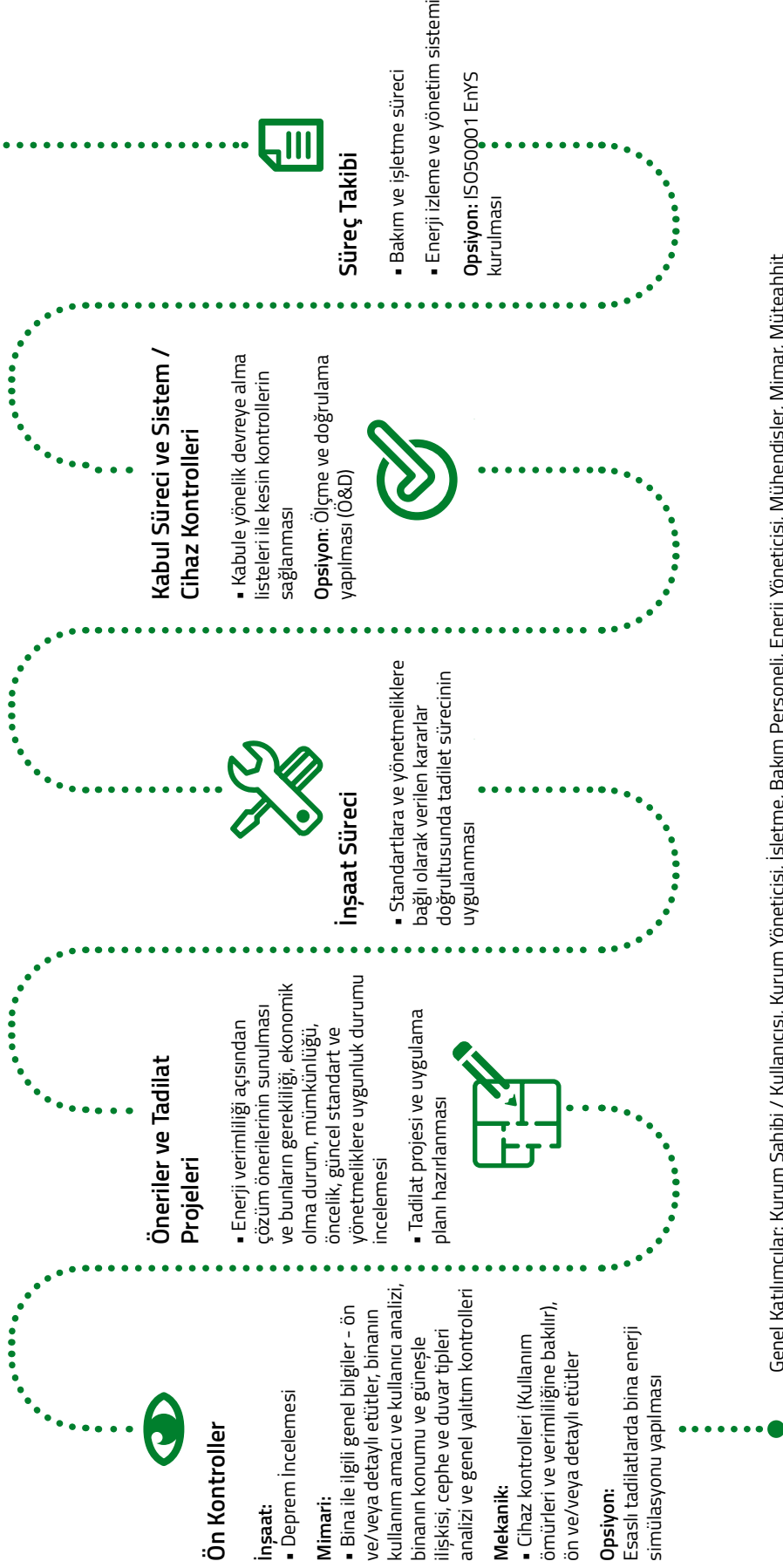
## 4.5 Binaların Genel Durumu ve Altyapısının İncelenmesi

Yukarıda ve Tablo 4-1’de açıklanan hususlar dahilinde, binada tadilat yapılmasına karar verildiği takdirde, binanın genel durumu ve alt yapısının incelenmesinde aşağıdaki ve benzeri hususlar dikkate alınır:

- Binanın güncel mevzuata uygunluğu kontrol edilir (4.3 bölümde açıklanmıştır).
- Binanın deprem güvenliği yönünden yeterli olup olmadığı kontrol edilir, (4.1 bölümde açıklanmıştır).
- Binanın yangın güvenliği açısından yeterli olup olmadığı kontrol edilir (4.4 bölümde açıklanmıştır).
- Binanın genel inşai durumu, mekanik ve sıhhi tesisat, aydınlatma sistemleri ve elektrik tesisatı sistemlerinin mevcut durumu incelenir (**Ek-4.5A Kamu Yapıları Envanteri Bilgi Formu Örneği** ve **Ek-4.5B Bina Altyapı Kontrol Formu Örnekleri** kullanılabilir).
- Binanın fonksiyonu (ihtiyaç programı), tadilat sonrası kullanım durumu için incelenir (Örneğin soğutma sistemi, havalandırma sistemi kurulması gerekirse yerleşim durumu, elektriksel güç ihtiyacı ve alt yapının yeterliliği vb. değerlendirilir).
- Binaya bitişik yapıların durumu, binaya giriş, katlara ulaşım, araç park yeri, tavan yükseklikleri vb. incelenir.
- Yapı sahibinin değişip/değişmediği dikkate alınır.
- Binadaki yapı ve tesisat malzemelerinin fiziksel ve teknolojik durumu incelenir.
- Tadilat sonrasında iç mekân kalitesinin sağlanması için yapılması gereken hususlar incelenir (5. bölüme bakınız).
- Binada asbest ve radon gazının varlığı gibi kısıtlar dikkate alınır.

Bina tadilatlarında karar sürecine ilişkin örnek bir şema Şekil 4-2’de görülmektedir.

## KAMU BİNALARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ TADİLATI &amp; REHBERİ PROJE PLANLAMA VE SÜREÇ AKIŞI



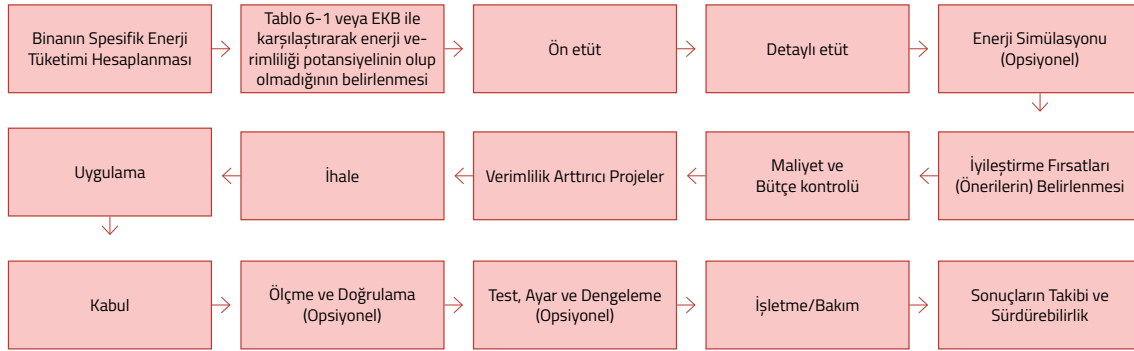
## ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Şekil 4-2: Bina Tadilatlarında Karar Süreçleri İçin Akış Diyagramı

## 4.6 Enerji Faturaları Yönünden İnceleme

Bina işletme sürecinde mümkünse son birkaç yılın enerji tüketimleri incelenir ve yıllık toplam tüketimlerin ortalaması hesaplanır. Bu değer, bina alanına bölünerek toplam “spesifik enerji tüketimi” belirlenir. Hesaplanan bu tüketim değeri Tablo 6-1’deki benzer iklim bölgesi ve benzer bina kategorisindeki referans tüketim değerleri ile karşılaştırılarak ve/veya BEP-TR programı ile enerji sınıfı belirlenerek binanın mevcut durumuna ait enerji performansının ön değerlendirmesi yapılır (Daha geniş bilgi 6.2.3. bölümünde verilmiştir). Bu şekilde binada ne düzeyde enerji verimliliği potansiyeli olduğu belirlenebilir. Eğer verimlilik potansiyeli varsa ön etüt, gerekirse detaylı enerji etüdü, iyileştirme projeleri için enerji modellemesi gibi çalışmalar yapılarak “verimlilik artıracı projeler (VAP)” belirlenmesi suretiyle enerji verimliliği tadilat projeleri hazırlanır.

Enerji verimliliği süreç akışı Şekil 4-3’te özetlenmiştir.



Şekil 4-3: Bina Tadilatlarında Enerji Verimliliği Çalışmaları Süreç Akışı

## 4.7 Enerji Etüdü Yaptırılması

“Enerji Kaynaklarının ve Enerji Kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik”e göre 10.000m<sup>2</sup> den büyük veya 250 TEP’den fazla enerji kullanan kamu binalarında yedi yılda bir enerji etüdü yapılması zorunludur. Enerji etüdü, enerji performansının iyileştirilmesi için fırsatları ve sera gazı salımlarını belirlemek ve bunlarla ilgili geri kazandırıcı veya önleyici tedbirleri teknik, ekonomik ve çevresel boyutları ile ortaya koymak amacıyla yapılır. Bir başka ifadeyle enerji etüt çalışmaları sistemlerin gözden geçirilerek durumlarının iyileştirilmesi, salımların azaltılması yolu ile çevre üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması ve enerjiyi verimli kullanarak faturaların azaltılması imkânlarını sunar. Yapılacak enerji etütleri ISO 50002, EN 16427 standardına ve ETKB’nin tip formatına uygun olmalıdır.

### Ön Etüt (Seviye 1)

Burada fatura incelemesi, belgeler, ön görüşmeler, gözlemler yardımıyla enerji tüketim azaltma ve/veya verimlilik artırma potansiyeli tahmin edilir. Örneğin, bina kabuğunda veya mekanik tesisat sistemlerinde ısı yalıtımı yok ise bunların yapılması belirtilir. Ayrıca enerji yönetim profilinde gözlenen yetersizliklerin giderilmesi için öneriler geliştirilir, detaylı etüt kapsamına alınması gerekli görülen çalışmalar belirlenir.

Konut, lojman, hangar gibi tesisat sistemleri basit olan binalarda değerlendirme için genellikle “ön etüt” aşaması yeterlidir.

### Detaylı Etüt (Seviye 2)

Ön etüt sonuçlarına göre detaylı etüt kapsamına alınması uygun bulunan konularda işletme şartlarında ölçümler ve hesaplamalar yapılarak enerji verimliliği potansiyelleri (fırsatları) detaylı olarak belirlenerek raporlanır. Detaylı enerji etüdü çalışmaları esnasında bina kabuğu U değeri tespiti için ölçümler, termal kamera çekimleri, kazan ölçümleri, klima santrali ölçümleri, aydınlatma sistemi ölçümleri, pompa ölçümleri gibi binada enerji tüketen sistemlerin verimlilik performansları belirlenerek, verimlilik arttırıcı projeler için yatırım bedeli ve geri ödeme süreleri hesaplanır.

### Yatırım Seviyesi (İleri) Etüt (Seviye3)

Yüksek maliyetli veya Enerji Performans Sözleşmesi (EPS) gibi riskli yatırımlar öncesinde ya da verimlilik arttırıcı proje kapsamında belirli bir sisteme yönelik olarak, yenileme amacıyla daha hassas ölçüm ve hesaplama yapılması gerektiğinde uygulanır.

#### Detaylı/İleri Enerji Etüt Çalışmalarında Enerji Modellemesi Kullanılması

Klasik detaylı/ileri enerji etüt çalışmalarında verimlilik artışları ve geri ödeme süreleri genelde sabit değerlerle yapılır. Fakat bu durum hesaplamaların gerçek işletme şartlarından sapmasına ve hatalara sebep olur. Bu gibi olumsuzlukları önlemek için detaylı/ileri enerji etüdü kapsamında enerji modellemesi yapılırsa hatalar azalır, çok sayıda enerji verimliliği senaryosu hızlı ve daha doğru biçimde analiz edilebilir. Burada önerilen önlemler için işletme verimlilik artışı senaryolarının hesaplanacağı gerçekçi bir temel (baseline) sağlamak için enerji modeli gerçek veriler kullanılarak doğrulandıktan sonra çalışmalara devam edilir. Bina enerji modellemesi ile tüm enerji tüketen sistemlerin çalışma özellikleri ile yıllık ve günlük yük profili değişikliklerine sebep olan durumlar da kolayca anlaşılabilir. Deyatlı enerji etüt çalışmalarında enerji modelleme yapılmasının bazı avantajları aşağıda özetlenmiştir.

- Klasik enerji etüdü çalışmalarında bina kabuğu ısı yalıtımı analizleri için TS825 programı kullanılmaktadır. Bu program aylık ortalama sıcaklıkları esas alarak sadece yıllık ısıtma ihtiyacı için hesap yapmaktadır. Ancak bu durum dış iklimsel şartların doğru biçimde modellenmesine ve gerçek durumla olan sapmaların fazla olmasına sebep olmaktadır.
- Enerji modelleme programlarına yıllık, aylık (8760 saat/yıl), haftalık ve günlük çalışma süreleri girilir. Bu şekilde çalışma saatleri gerçeğe yakın biçimde modele eklenir. (Örneğin okullar yazın tatil olur, bir hastanenin çeşitli kısımları veya sistemleri gün içinde farklı saat sayılarında çalışır. Hastaneler ve garlar tüm yıl boyunca 7/24 çalışırken ofis binaları genelde günde 8 saat/gün çalışılır ve hafta sonları çalışmaz. Tüm bunlar yıllık enerji tüketimini etkiler).
- Farklı bina türlerinde ve aynı binada farklı mekanlarda farklı aydınlatma/iklimlendirme gereksinimleri olabilir. Bu durum enerji tüketimini etkiler, enerji modelleme programlarında tanımlanarak gerçeğe daha yakın sonuçlar alınabilir.
- Sabit debili havalandırma sistemi değişken debili bir havalandırma sistemi ile değiştiril-

mek istenirse sağlanacak verimlilik artışı enerji modelleme programı ile söz konusu bina özelinde doğru biçimde belirlenebilir.

- e) Mevcut bir kazanın veya soğutma grubunun daha verimli cihazla değiştirilmesi, trijenerasyon sistemleri kurulmasının getireceği yararlar enerji modelleme programları ile daha kolay ve doğruya daha yakın biçimde analiz edilebilir (Trijenerasyon sistemi kapasitesinin belirlenmesi için yapılan bir enerji modellemesi örnek Bölüm 7.1.18’de verilmiştir).
- f) Ömür boyu maliyet analizi çalışmaları daha kolay yapılabilir.
- g) Bina otomasyon sistemi ve enerji ölçüm sistemleri için enerji verimlilik senaryoları oluşturulabilir.
- h) Mevcut durumda veya yapılan iyileştirmeler ile birlikte binada konforun sağlanıp sağlanmadığı bu programlarla kontrol edilebilir. Yeterince ısı ve iç hava kalitesi konforu sağlanmıyor ise sebepleri daha kolay analiz edilebilir.

Özetle (özellikle önemli tadilatlarda) detaylı enerji etüdü kapsamında aşağıdaki yolun izlenmesi önerilir.

- a) Binada inceleme yapılarak enerji verimliliği artış odakları belirlenir. Örneğin bina kabuğu yalıtımı, aydınlatma sistemleri yenilemesi, mekanik tesisat sistemleri yenilemesi vb. belirlenen bu verimlilik artışı odakları için hesaplamalar yapılır.
- b) Binanın enerji modellemesi yapılır. Belirlenen enerji verimliliği odakları modele dahil edilerek senaryolar oluşturulur (Çok sayıda enerji verimliliği senaryosu hızlı biçimde analiz edilebilir).
- c) Senaryolara karşılık gelen ilk yatırım maliyetleri hesaplanır.
- d) Farklı senaryoların geri dönüş süreleri belirlenir.
- e) En uygun senaryo seçilir. Seçilen verimlilik artırıcı öneriler projelendirilerek ihale dosyası hazırlanır.

Binalarda enerji modellemesi kullanımı ile ilgili olarak 6.2.3. bölümde ve 7.1.14. bölümde ilave bilgiler verilmiştir.

## 4.8 Alınacak Önlemlerin Belirlenmesi

Binalarda hangi önlemlerin alınacağı hususu aşağıda özetlenmiş olmakla birlikte, tüm bu rehberin içeriğini kapsayacak şekilde geniş ve kapsamlı bir konudur.

### 1. Aşama 1 (Mevcut Tüketimlerin Değerlendirilmesi ve Ön İnceleme):

Eğer binada mevcut durumda ve tadilat sonrası için enerji verimliliğini artıracak bir husus tespit edilmezse süreç bu aşamada sonlandırılır. Eğer bir potansiyel varsa bunların neler olduğu binanın durumuna göre ya bu aşamada belirlenir veya daha detaylı çalışmalar için ikinci seviyeye geçilir.

Bu aşamada tadilatı yapılacak bina, fonksiyon değişikliği ihtiyacı ve mevzuata uygunluk açısından da incelenir ve gerekirse detaylı inceleme aşamasına geçilir.

### 2. Aşama 2 (Detaylı İnceleme):

Yukarıda açıklandığı üzere bu aşamada detaylı enerji etüdü ve/veya enerji modellemesi yapılarak enerji verimliliğini artıracak iyileştirme fırsatları (öneriler) geliştirilmek suretiyle projeler tespit edilir.

**3. Aşama 3 (Değerlendirme):**

Belirlenen projelerin içinden uygulanabilir olanlar seçilerek teknik ve ekonomik değerlendirilmeleri yapılır. Binanın, yönetmelikler açısından değerlendirmeleri de yapılır. Tadilat öncesinde binada soğutma, havalandırma gibi iç mekân kalitesini sağlayan sistemler, katlara erişim sağlayan asansör vb. yoksa yeni durumda bunlar dikkate alınarak enerji tüketim değerlendirmeleri yapılmalıdır.

Enerji Verimliliği Artırıcı Önlem	Enerji Verimliliğine Etkisi	Konfora Etkisi	Uygulama Zorluğu	İlk Yatırım Maliyeti			Ömür Boyu Maliyet Etkinlik		
				Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek
Çatı Isı Yalıtımı	+++++	+++	++			■			■
Duvar Isı Yalıtımı	+++++	+++	++			■			■
Pencere Yenilenmesi	+++++	++++	++			■			■
Zemin Isı Yalıtımı	+++++	+++	++			■			■
Kapı Yenilenmesi	+++++	+++++	++			■			■
Havalandırma Sistemi	N/A	++++	++	■			■		
Hava Sızdırmazlığı	++	++	+++		■			■	
Kullanım Sıcak Suyu Sistemi	+++	+++	+++		■			■	■

Enerji Verimliliği Artırıcı Önlem	Enerji Verimliliğine Etkisi	Konfora Etkisi	Uygulama Zorluğu	İlk Yatırım Maliyeti			Ömür Boyu Maliyet Etkinlik		
Isıtma Sistemi Yenileme	++++	+++++	+++		■			■	
Soğutma Sistemi Yenileme (Yoksa İlave)	++++	+++++	++++			■			■
Yenilenebilir Enerji Sistemleri	++++	++	+++			■			■
Isıl Depolama	++	++	++		■			■	
Kojenerasyon/Trijenerasyon	++++	N/A	+++		■			■	
Otomatik Kontrol ve Otomasyon	+++	+++++	++			■			■
Aydınlatma Sistemleri	++	+++	+		■			■	

Tablo ile ilgili açıklamalar: +++++: Çok İyi +++++: İyi ++: Orta N/A: Etki Yok ■: İlgili Seçenek Uygun

**Tablo 4-2:** Enerji Verimliliği Uygulamalarında Etki Değerlendirmesi Örneği

Tablo 4-2’de bina enerji verimliliği tadilatlarındaki değişik sistemlerin enerji verimliliğine etkileri ile maliyete etki düzeyleri gösterilmiştir. Örneğin, bina kabuğu ısı yalıtımlarının enerji verimliliğine etki düzeyi yüksektir. Buna karşın ilk yatırım maliyetleri de yüksek olabilmektedir. Havalandırma sistemleri, iç hava kalitesinin sağlanmasına yönelik sistemlerdir, enerji tüketimleri ve ilk yatırım maliyetleri genellikle yüksektir. Bu sistemlerde iyi bir iç hava kalitesi sağlanırken, aynı zamanda da düşük enerji tüketen sistemlerin tercih edilmesi hedeflenir.



Enerji Verimli Bina Tasarım ve Yenileme Bileşenleri	Referans ve Sağlanması Gereken Koşullar		Etkiler
Mevcut Enerji Tüketiminin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi	Mevcut durumda toplam spesifik tüketim (kWh/m <sup>2</sup> yıl) hesabı	4. Bölüm, 6. Bölüm	Binanın enerji tüketimi Tablo 6.1'deki benzer bina tipi ve iklimdeki spesifik tüketimlerle karşılaştırılıp enerji tasarruf potansiyeli olup olmadığı değerlendirilir. (Not: Mevcut durumda soğutma, havalandırma yok ise bunlar da yapılacağı için bunların etkileri de enerji modellemede dikkate alınır.
İç Mekan Kalitesinin Sağlanması *	Isıl konfor	5. Bölüm	İç mekân kalitesi ile insanların fiziksel ve ruhsal sağlığının iyileşmesi ve iş üretkenliğinin artması sağlanır. Bu nedenle tadilatlarda öncelikle iç mekân kalitesinin artırılması hedeflenir. Buna paralel olarak enerji verimliliği önlemleri değerlendirilir.
	İç hava kalitesi		
	Aydınlık seviyesi ve kalitesi		
	Gürültü ve titreşim		
	Nem düzeyi		
	Gün ışığı ve manzara		
Bina Kabuğu (Isı, Gürültü, Su, Nem)	Duvar ısı yalıtımı	Mevcut durumdaki cephe elemanları ısı geçirgenlik katsayıları (U değerleri), pencere gölgeleme katsayıları (SHGC değerleri) 7.1.6. bölümdeki değerlerle karşılaştırılarak iyileştirme potansiyeli belirlenir. Mevcut durumdaki ısı geçirgenlik katsayıları projeler, termal kamera çekimleri ve/veya duvar katmanları incelenerek belirlenebilir.	Isıl konfor artar, ısı, gürültü yalıtımı sağlanır. Isıtma/soğutma sistem kapasiteleri küçülür. İşletme maliyetleri azalır.
	Çatı ısı yalıtımı		
	Zemin ısı yalıtımı		
	Pencerelerin ısı ve gürültü performansının artırılması		
	Kapıların ısı ve gürültü performansının artırılması		

Enerji Verimli Bina Tasarım ve Yenileme Bileşenleri	Referans ve Sağlanması Gereken Koşullar		Etkiler
Bina Kabuğu (Isı, Gürültü, Su, Nem)	Isı köprülerinin azaltılması	7.1.6. Bölüm	Isıl konfor artar, ısı, gürültü yalıtımı sağlanır. Isıtma/soğutma sistem kapasiteleri küçülür. İşletme maliyetleri azalır.
	Sızdırmazlığın sağlanması	7.1.4. Bölüm	
	Dış ve iç gölgeleme elemanları yapılması	7.1.4. Bölüm	
	Buhar bariyer uygulanması	7.1.4. Bölüm	
	Bina cepheleri kalite kontrolü yapılır.	7.1.6. Bölüm	
Mekanik Tesisat Sistemleri	Düşük sıcaklıklı ısıtma, yüksek sıcaklıklı soğutma sistemlerinin (döşemeden/duvardan ısıtma soğutma) uygulanabilirliği etüt edilir.	7.1.8. Bölüm	Düşük ilk yatırım ve işletme maliyetleri
	Isıtma sistemleri: Binanın durumu ve cinsine göre Yüksek performanslı kazanlar, radyatör sistemleri, fan coil sistemleri, ısı pompaları, soğutucu gazlı sistemler (VRF), gazlı radyant ısıtma sistemleri, rooftop sistemleri vb. kullanımı etüt edilir.		Verimli cihazların kullanılması ile ilk yatırım maliyeti bir miktar artar ancak düşük işletme maliyeti sağlanır.
	Soğutma sistemleri: Binanın durumu ve cinsine göre yüksek performanslı soğutma grupları, fan coil sistemleri, ısı pompaları, VRF sistemleri, rooftop sistemleri vb. kullanımı etüt edilir.		

Enerji Verimli Bina Tasarım ve Yenileme Bileşenleri	Referans ve Sağlanması Gereken Koşullar		Etkiler
Mekanik Tesisat Sistemleri	Havalandırma sistemleri: Yüksek performanslı EC fanlar, düşük enerji tüketimine sahip klima santrali, yüksek verimli ısı geri kazanım üniteleri, talep esaslı havalandırma, hava kanalı sızdırmazlığı ve ısı izolasyonu, hava kanallarında balanslama yapılması vb. etüt edilir.	7.1.7. Bölüm	Verimli cihazların kullanılması ile ilk yatırım maliyeti bir miktar artar ancak düşük işletme maliyeti sağlanır.
	Müşterek tesisat sistemleri: Yüksek verimli pompalar, boru devreleri ısı yalıtımı ve vana ısı yalıtımı, EC fanlı fan coiller vb. etüt edilir.	7.1.8. Bölüm	
	Mekanik otomatik kontrol ve bina otomasyon sistemleri.	7.1.13. Bölüm	
Aydınlatma Sistemleri	LED aydınlatma, aydınlatma kontrolü ve otomasyonu.	7.1.17. Bölüm	
Elektrik Tesisat Sistemleri	Yüksek verimli motorlar, yüksek verimli asansörler ve trafo kullanımı. Tadilat ihtiyacına bağlı olarak uygun kablolama ve elektrik tesisatı.	7.1.16. Bölüm	
Pasif Isıtma/soğutma, Doğal havalandırma, Gün Işığı	Bu sistemler elektrik ve ısı enerjisi tüketimini azaltır.	7.1.9. Bölüm	Enerji tüketimini azaltır.

Enerji Verimli Bina Tasarım ve Yenileme Bileşenleri	Referans ve Sağlanması Gereken Koşullar		Etkiler
Yenilenebilir Enerji Sistemleri	Güneş su termal sistemler, güneş hava kolektörleri, güneş elektrik (solar PV) sistemleri.	7.1.11., 7.1.19. Bölümler	İlk yatırım maliyeti bir miktar artar, ancak düşük işletme maliyetleri sağlanır.
Enerji Verimliliği Odaklarının Değerlendirilmesi	Mevcut tesisat sistemlerinde ve yeni kurulması planlanan sistemlerdeki potansiyel enerji verimliliği odakları etüt edilir.	7.1. Bölüm	Sistemlerin verimli biçimde çalışmaları temin edilerek enerji tasarrufu sağlanır.
Test Ayar Dengeleme (TAD)	Bina cepheleri kalite kontrolü yapılır. Mekanik tesisat sistemlerinin, elektrik ve zayıf akım tesisat sistemlerinin, yangın algılama ve söndürme sistemlerinin, aydınlatma sistemlerinin, yenilenebilir enerji sistemlerinin projelere ve senaryolara uygunluk kontrolleri yapılır. Enerji tüketen cihaz veya sistemlerin enerji performans ölçümleri yapılır ve raporlanır. Sonuçta eksik ve hatalı durumlar varsa bunlar düzeltilir.	8. Bölüm	Cihazların ve sistemlerin tasarlandığı şekilde çalışmaları sağlanarak enerji tasarrufu elde edilir.
ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi	Enerji performansının izlenmesi, sürekli iyileştirme, bilinçlendirme gibi faaliyetler ve uygulamalardır.	9. Bölüm	Enerji performansında sürekli iyileştirme sağlanır.

**Tablo 4-3:** Ömür Boyu Maliyet Etkinliği İçin İyileştirme Bileşenleri

## 4.9 Ömür Boyu Maliyet Analizi, Geri Dönüş Süreleri

Binalarda enerji verimliliğini artırıcı projelerde yapılan yatırımın değerlendirilmesi sürecinde ekonomik analizler yapılmalıdır. Çok kapsamlı olmayan enerji verimliliği artırıcı çalışmalarda yatırımın parasal "Geri Ödeme Süresi (GÖS)", "Net Bugünkü Değer" (Net Present Value- NPV) gibi yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bunlardan daha kapsamlı olan yaklaşım ise "Ömür Boyu Maliyet Analizi"dir<sup>1</sup>. Bu yaklaşımla farklı bina iyileştirme senaryoları, farklı yatırım alternatifleri karşılaştırılabilir. Ancak bu analizler kapsamlı, yoğun emek ve zaman harcanması gerektiren işlemlerdir ve bu nedenle büyük binaların önemli tadilatlarında uygulanması faydalı olur.

Diğer yandan, iç mekân kalitesi artırılırken binada yaşayanlara sağlayacağı fiziksel ve psikolojik yararlarla olumsuz çevresel etkilerin azaltılmasının getirdiği yararların da dikkate alınması uygun olur. Bu yararların, matematiksel olarak hesaplara dâhil edilemese de önemli birer faktör olarak karar süreçlerinde değerlendirilmesi gerekir.

Tablo 4-4'te görüldüğü üzere, mekanik tesisat ve elektrik tesisat sistemlerinin ekonomik ömürleri 15-25 yıl civarındadır. Bu bağlamda bina enerji verimliliği tadilatlarındaki ömür boyu maliyet analizlerinde yaşam döngüsü süresi yaklaşık 20 yıl alınabilir.

Cihazın Adı	Yaklaşık Ekonomik Ömür (Yıl)	Cihazın Adı	Yaklaşık Ekonomik Ömür (Yıl)
<b>Isı Pompaları</b>		<b>Soğutma Kuleleri</b>	
Havadan Havaya Isı Pompaları	19	Seramik, Fiberglass, Güçlendirilmiş Plastik	34
Sudan Havaya Isı Pompaları	15	Galvanizli Çelik	20
Konut Tipi Isı Pompaları	15	Değişken Kanat Açılı Kule Fanları	13
<b>HVAC</b>		<b>Ahşap Kuleler</b>	20
Duvar Tipi İç Üniteler	15	Soğutma Grubu Ekonomizerleri	15
Bilgisayar Odası Soğutucuları	15	Su Ekonomizerleri	11
Konut Tipi Split Klimalar	15	<b>Birim (Mahal) Isıtıcılar</b>	
Rooftop Cihazı - Çok Zonlu	15	Elektrikli veya Gazlı	13

<sup>1</sup> Çakmanus, İ. ve Özbalt, T., 2008, "Binalarda Sürdürülebilirlik: Ömür Boyu Maliyete İlişkin Yaklaşımlar", Doğa Yayınları, İstanbul.



Cihazın Adı	Yaklaşık Ekonomik Ömür (Yıl)	Cihazın Adı	Yaklaşık Ekonomik Ömür (Yıl)
Rooftop Cihazı -Tek Zonlu	15	Sıcak Sulu veya Buharlı	20
Su Soğutmalı Paket Soğutucu	15	<b>Motor ve Tahrik Üniteleri</b>	
Pencere Tipi Klimalar	10	Yüksek Verimli Elektrik Motorları	17
<b>Kondenserler</b>		Motor Yol Verme Sistemleri (Starterler)	17
Hava Soğutmalı Kondenserler	20	Standart Elektrik Motorları	15
Evaporatif Kondenserler	20	Değişken Devirli Doğru Akım (DC) Motorları	18
<b>Kontrol</b>		Değişken Devirli Kayış Kasnaklı Sistemler	15
Bilgisayarlar - BMS	13	<b>Fırınlr</b>	
Termostatlar	13	Gaz veya Sıvı Yakıtlı	18
Elektronik Kontrol Sistemleri	16	<b>Kullanım Sıcak Su Sistemleri</b>	
Pnömatik Kontrol Sistemleri	15	Isı Pompası Su Isıtıcıları	10
Elektrik Kontrol Sistemleri	20	Kullanım Yeri (Tezgâh Altı) Su Isıtıcıları	12
Zaman Saatleri	10	Güneş Enerjisi Kolektörleri	15
<b>Pompalar</b>		<b>Eletrik Trafoları</b>	
Yer Tipi - Santrifüj	20	Elektrik Trafoları	30
Boruya Monteli - Santrifüj	10	<b>Isıl (Termal) Enerji Depolama Sistemleri</b>	
Pis Su, Kuyu Suyu Pompaları	10	Buz Depolama Sistemleri	19
<b>Havalandırma Terminalleri</b>		Su Depolama Sistemleri	20

Cihazın Adı	Yaklaşık Ekonomik Ömür (Yıl)	Cihazın Adı	Yaklaşık Ekonomik Ömür (Yıl)
Difüzörler, Menfezler	27	Aydınlatma Sistemleri	
Konvektörler ve Fan Coil Üniteleri	20	Kompakt Floresan, Elektronik Balastlı	12
Sızdırmaz Damperler	9	Kısma ve Ayar (Dimming) Sistemleri	20
VAV Kutuları	20	Balastlar (Tüm Tipler)	12
Değişken Kanatlı Giriş Damperleri (Yıldız Klapeler)	20	Aydınlatma Lambaları: LED, Floresan, HID vb.	20
Hava Kanalları	30	Hareket Sensörleri	10
Hava Tarafı Ekonomizerleri	10	Açma Kapama (On/ Off) Anahtarlar (Switchler)	7
Serpantinler		Isı Değiştiricileri (Eşanjörler)	
DX, Su veya Bu- harlı Serpantinler	20	Kabuk / Tüp Isı Değiştiriciler	24
Elektrikli Kanal Isıtıcıları	15	Fanlar	
Kazanlar (Sıcak Su, Buhar) ve Elemanları		Aksiyal	20
Döküm Kazanlar	30	Santrifüj	25
Çelik Kazanlar- Alev Borulu	25	Pervane Tipi	15
Çelik- Su Borulu	30	Hava Yıkayıcılar	17
Brülörler	21	Vana Aktüatörleri	
Kondenstoplar	7	Hidrolik Vana Aktüatörler	15
Soğutma Grupları (Chillerler)		Havalı (Pnömatik) Aktüatörler	20

Cihazın Adı	Yaklaşık Ekonomik Ömür (Yıl)	Cihazın Adı	Yaklaşık Ekonomik Ömür (Yıl)
Absorbsiyonlu	23	Elektrikli	10
Santrifüj	23	Isı Geri Kazanım Sistemleri	
Pistonlu	20	Soğutma Grubu Yoğuşturucuları ile (Kondenserler) Isı Geri Kazanım	11
Scroll, Vidalı	20	Plakalı Tip/Isı Borusu	14
Soğutma Sistem Ekipmanları		Döner Dip (Rotary Tip) /Isı Borusu	11
Borulu Kondenserler İçin Otomatik Temizleme Sistemi	10	Bacalardan Isı Geri Kazanım Sistemleri	10
Kondenser Yüzer Kontrol ve Basınç Kontrol Cihazı	10	Pistonlu Soğutma Ekipmanları	
Sıcak Gaz Bypass Defrost Cihazı	10	Basıncılı Hava Kompresörleri	20
Polietilen Perdeler	3	Elektrik Motorları	20
Soğutucu Kapağı	11	Bina Cepeleri Isı Yalıtımı	
Paralel Soğutucu	14	Isı Yalıtımı, Taş Yünü	24
Işınım (Radyant) Isıtıcılar		Isı yalıtımı, XPS vb.	20
Elektrikli veya Gazlı	10	Camlar İçin Güneş Koruma Filmleri	7
Sıcak Sulu veya Buharlı	25	Yansıtıcı (Reflektif) Boyalar	14
		Hava Perdeleri	10

**Tablo 4-4:** Tesisat Sistemlerinin Yaklaşık Ömür Beklentileri<sup>2</sup>

<sup>2</sup> ASHRAE, 2011, "Energy Efficiency Guideline for Existing Commercial building. Technical implementation Guidance and Business Case for Building Owner and Managers", Atlanta, USA.



Bina enerji verimliliği çalışmalarında ekonomik analizlerle ilgili olarak aşağıdaki ve benzeri hususlar da dikkate alınır:

- Bina tadilatlarında binadaki enerji tüketen sistemlerle ilgili enerji alt yapı değerlendirme-leri; **Ek-4.5A Kamu Yapıları Envanteri Bilgi Formu Örneği** ve **Ek-4.5B Bina Altyapı Kontrol Formu Örnekleri** kullanılarak yapılabilir.
- Yatırım maliyetleri, yalnızca sürdürülebilirlik ve verimlilikle ilgili (Örneğin enerji ve iç mekân kalitesi) iyileştirme maliyetlerini kapsar. Deprem güçlendirmesi, yangın yönetmeliğine uyum, engelli ulaşımı gibi yönetmeliklerin zorunlu kıldığı imalatlar ile iç mimari vb. maliyetler ömür boyu maliyet hesaplamasında dikkate alınmaz.
- Elektrik ve doğalgaz birim maliyetleri elektrik ve doğalgaz dağıtım şirketlerinden alınabilir.
- İskonto oranı hesaplamalarında alternatif yatırım faiz oranı, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası'nın son 10 yıllık ortalama faiz oranlarına göre alınabilir. Elektrik ve doğal gaz fiyat artış oranları, Türkiye İstatistik Kurumu son 10 yıla ait yıllık fiyat artış tablolarından alınabilir.
- Kullanılan sistemlerin yıllık onarım maliyetleri, sistemin ilk yatırım maliyetinin %6'sı olarak alınabilir<sup>3</sup>.
- Tadilatı yapacak kurum, ömür boyu maliyet analizlerini kendisi yapabileceği gibi, gerektiğinde danışmanlık hizmeti de alabilir.

Yukarıda özetlenen çalışmalarla "verimlilik artırıcı projeler (VAP)", senaryolar için maliyet analizleri tamamlanabilir (ilk yatırım maliyetleri, enerji maliyetleri, verimlilik oranları, geri ödeme süreleri, net bugünkü değer hesaplamaları, ömür boyu maliyetler vb.). Analizler sonucunda uygun geri ödeme süreleri sağlayan ve iç mekân kalitesi hedeflerini gerçekleştiren senaryo (VAP) olarak seçilir. Bu bağlamda enerji tüketen bazı sistemlerin karar süreçlerinde kullanılabilecek geri ödeme süreleri ve maliyet etkinlikleri Tablo 4-5'te verilmiştir.

Yenilenecek Cihaz/Sistemin Adı	GÖS (Yıl)	VO (%)	YO (TL)
1-Kömürlüden Doğal Gazlı Kazan Sistemine Dönüşüm	3-5	20-30	Orta
2-Termostatik Vana Uygulaması	2	2-3	Düşük
3-Aydınlatma Sistemi Tadilatı	3-5	20-30	Orta
4-Bina Cepheleri Isı Yalıtımı Uygulaması	2	2-3	Düşük

<sup>3</sup> Çakmanus, İ. ve Özbalta, T., 2008, "Binalarda Sürdürülebilirlik: Ömür Boyu Maliyete İlişkin Yaklaşımlar", Doğa Yayınları, İstanbul.



Yenilenecek Cihaz/Sistemin Adı	GÖS (Yıl)	VO (%)	YO (TL)
5-Pencere Yenilemesi	3-5	20-30	Orta
6-Güneş Sıcak Su Kolektör Sistemi Kurulması	2	2-3	Düşük
7-Güneş Hava Kolektör Sistemi Kurulması	2	2-3	Düşük
5-Pencere Yenilemesi	3-5	20-30	Orta
8-Güneş Elektrik Panel Sistemi Kurulması	7-9	15-20	Yüksek
9-Mevcut Kazanın Isıl Verimliliği %90'ın Altında Olan ve Cephesinde Isı Yalıtımı Yapılmış Olan Binada Yoğuşmalı Kazan Kullanımı	5-10	10-20	Yüksek
10-Pencere Fitili Yapılması	3	2-3	Düşük
11- Sabit Debili Klima Santrali ve Havalandırma Sisteminin Kısmen Değişken Debili Sisteme Dönüştürülmesi	5-8	10-40	Yüksek
12-Bina Otomasyon Sistemi Kurulması	8-10	5-20	Yüksek
13-Bina Otomasyon Sistemi İyileştirmesi ve Ek Olarak Enerji Ölçüm İzleme Sistemi Kurulması	3-5	5-12	Orta
14-Kazanlara Ekonomizer Kurulması	3-5	15-20	Orta
15-Aydınlatma Otomasyonu Kurulması	8-10	15-20	Yüksek
16-Aydınlatma Kontrolü (Varlık, Hareket, Gün Işığı, Zaman Sensörü) Kurulması	5-10	5-10	Yüksek
17-Hidronik Sistemlerde Balans Vanaları Kullanımı	6-8	6-8	Orta
18-Kazan Dış Hava Kompanzasyon Sistemi Kurulması	3-6	3-10	Orta

Yenilenecek Cihaz/Sistemin Adı	GÖS (Yıl)	VO (%)	YO (TL)
19-Isıtma/Soğutma Borularına Isı Yalıtımı Yapılması	4-6	2-3	Düşük
20-Fanlarda, Pompalarda, Kompresörlerde vb. Değişken Hız Sürücüsü (VSD) Kullanılması	3-5	2-3	Orta
21- R22 Gazlı Soğutma Gruplarının Komple Yenilenmesi	8-9	20-30	Yüksek
22-Kojenerasyon/Trijenerasyon Sistemleri Kurulumu (Hastaneler vb. İçin)	4-5	20-30	Yüksek
23-Isı Pompası Sistemleri Kurulumu	4-5	20-30	Yüksek
24-Elektrik Pano ve Kompanzasyon Panosu Tadilatı (Lojmanlar ve Yurtlar Hariç)	4-5	2-5	Orta
25-Pompa ve Motor Sistemi Yenilemesi	3-5	5-10	Orta
26-Vana Ceketli Yalıtımı Yapılması	2-3	2-3	Düşük
27-Su Armatürlerinde Perlatör Kullanımı	1	5	Düşük
28- Fotoselli Su Armatürleri ve Pisuarları Kullanımı (lojmanlar hariç)	1-3	5	Düşük
29-Çatı Yağmur Suyu Toplama Sistemi Kurulması	5-8	5-10	Orta
30-Gri Su Sistemi Kurulması (Yurtlar, Lojmanlar, Yüzme Havuzları vb için)	6-8	10-15	Yüksek

**Tablo 4-5:** Bina Tesisat Seçeneklerinde Geri Ödeme Süreleri ve Maliyet Etkinlikleri Örneği

Tablo ile ilgili açıklamalar:

- Yaklaşık Geri Ödeme Süresi: (GÖS), Yaklaşık Verimlilik Oranı: (VO), Yaklaşık Yatırım Maliyeti Mertebesi: (YM).
- GÖS, VO, YM; iklim bölgesi, proje-uygulama (işçilik-malzeme), kullanım amacı ve süresi, bina büyüklüğü, cihaz/sistem sayısı ve kapasitesi ile ilgilidir.
- Yaklaşık Verimlilik Oranları (VO); bina enerji tüketimi bazında değil, sistem/cihaz enerji kullanımı bazındadır.
- GÖS ve VO'daki değişkenlikler bina cinsi ve iklim farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

Binaların enerji verimli tadilatlarında kullanılacak cihaz ve ekipmanların, yüksek verimli olanlardan seçilmesi gerekir. Enerji verimliliği çalışmalarına destek olmak amacıyla bu rehber kapsamında önerilen verimlilik değerleri Tablo 4-6'da verilmiştir.

Cihazın adı	Verimlilik (%)	Verimlilik Sınıfı	SCOP	SEER	Erp	Elektrik Motoru Verimlilik Sınıfı, IE	Su Sıcaklık Rejimi (°C)
Klima Santralları		A, B					
Sirkülasyon Fanları	> %65						
Kazanlar					√		
Yoğuşmalı Doğal Gaz Kazanı	> %100						
Isı Geri Kazanımlı Doğal Gaz Kazanı	> %95						
Sıvı Yakıtlı Kazan	> %90						
Katı Yakıtlı Kazan	> %80						
Soğutma Grupları							
Hava Soğutmalı Soğutma Grubu				>3,5			
Su Soğutmalı Soğutma Grubu				>4,5			
Is pompaları					√		
Hava Kaynaklı Isı Pompaları			>3,3	>3,5			
Su Kaynaklı Isı Pompaları			>4,3	>4,6			
Toprak Kaynaklı Isı Pompaları			>4,5	>4,7			
Sirkülasyon Pompaları	> %70				√		
Elektrik Motorları						IE4, EC, IE3	

Isı Geri Kazanım Üniteleri							
Rotorlu Isı Geri Kazanım Ünitesi	> %77						
Çapraz Akışlı Isı Geri Kazanım Ünitesi	> %60						
Havadan Suya, Sudan Havaya (Runaround) Isı Geri Kazanım Ünitesi	> %45						
Radıyatörlü Isıtma Sistemi							<60/ 40°C
Döşemeden Isıtma/ Soğutma Sistemleri							ısıtma <40/ 30°C, soğutma >13/ 18°C
Asansörler		A, B					
Split Klimalar			>1,8	>2,3			
Gazlı Sıcak Su Isıtıcıları		A					
Elektrikli Sıcak Su Isıtıcıları		A					
Aydınlatma (500 lux aydınlatma için)	<7,0 W/ m <sup>2</sup>						
Otomasyon Yazılımları: Güncel ve yüksek enerji verimliliği algoritmalarına sahip olması tercih edilmelidir.							

**Tablo 4-6:** Cihaz Verimlilik Kategorileri ve Önerilen Değerleri

Tablo ile ilgili açıklamalar:

- Bütçe olanakları ölçüsünde, verimlilik sınıfı yüksek cihaz ve ekipmanların seçilmesi uygun olur.
- Cihaz verimlilik etiketlerinin ve/veya belgelerin ulusal ve/veya uluslararası geçerliliği olan bağımsız kurumlarca onaylı olmalıdır.

Tablo 4-5’de örnekleri verilen enerji verimliliği arttırıcı projeler bağlamında sağlanabilecek enerji verimliliği artış oranları Tablo 4-7’de verilmiştir.

Tasarruf Seviyesi	Enerji Tüketiminin Azalma Oranı (%)	Notlar
Düşük	%5 ila %10 arası	Geri dönüş süresi kısa olan (3 yıldan daha az) enerji verimliliği uygulamaları ile sağlanabilir.
Orta	%10 ila %20 arası	Kısa ve orta geri dönüş süresi olan (6 yıldan daha az) enerji verimliliği uygulamaları ile sağlanabilir.
Yüksek	%20 ila %40 arası	Uzun geri dönüş süresi olan (6 yıldan daha fazla) enerji verimliliği uygulamaları ve esaslı tadilatlar ile sağlanabilir.
Çok Yüksek	%40 ila %70 arası	Uzun geri dönüş süresi olan enerji verimliliği uygulamaları, tadilatlar, yenilenebilir enerji sistemleri, kojen/trijen sistemleri gibi sistemlerle sağlanabilir.

**Tablo 4-7:** Enerji Verimliliği Artırıcı Önlemlerin Durumuna Göre Sağlanabilecek Enerji Verimliliği Oranları<sup>4</sup>

## 4.10 Tadilat Süresince Geçici Bina ve/veya Çalışma Alanı İhtiyacının İncelemesi

Çalışanların ve kullanıcıların tadilat süresince; binada ikamet edip etmeyeceği, etmeyecekse binanın kiralanmasına veya başka kamu kurumlarına ait binaların geçici olarak kullanımı gibi konular tadilat öncesinde (tadilatın kapsamına, süresine, binanın yapısına göre) değerlendirilmelidir. Bina bina, kat kat veya bölüm bölüm dönüşümlü tadilatın yapıp/yapılamayacağı değerlendirilmeli, buna göre alternatif planlar oluşturulmalıdır.

Hastanelerde tadilat esnasında gürültüden ve diğer etkenlerden rahatsız olacak ve hijyen açısından riskli hastaların bulunduğu hasta odalarının, yoğun bakım ünitelerinin ve polikliniklerin geçici olarak kapatılıp uygun diğer kat ve birimlere taşınması planlamaları yapılmalıdır.

Üniversitelerde, okullarda, yurtlarda, spor salonlarında esaslı tadilat yapılacak ise bu çalışmalar ara tatilde veya yaz tatilinde yapılmaya çalışılmalıdır. Ancak tadilatın uzaması durumunda personelin, öğrenci ve öğretmenlerin en yakın başka okullara, yurtlara geçici olarak nakilleri planlanmalıdır.

Binanın koridorlarında ve odalarda, sadece sök-tak aydınlatma armatür değişimi, binanın tesisat mahâllerindeki değişimler, bina kabuğu ısı yalıtımı vb. kısmi tadilatlar için geçici bina ve çalışma alanı gerekli olmadan uygulama planlamaları yapılabilir.

<sup>4</sup> ASHARAE Guidline, 2011, "Energy Efficiency Guidline for Existing building. Technical implementation Guidance and Busines Case for Building Owner and Managers.

# 5

## Binalar Hakkında Genel Teknik Bilgiler

Bina tadilatlarında öncelikle binanın dayanım, güvenlik, iç mekân kalitesi ve mevzuat gereksinimleri karşılanmalıdır. Daha önce de belirtildiği üzere binalarda iyi bir iç mekân kalitesi sağlanırken, binaların olabildiğince düşük enerji tüketmesi ve düşük CO<sub>2</sub> salımına sahip olması hedeflenmelidir.

Bunun için binaların mevcut enerji tüketimleri analiz edilir, tadil edilecek kısımlar için mevcutta eksik olan konfor unsurları ile enerji performans hedefleri ve/veya enerji verimlilik hedefleri belirlenir (6. bölüme bakınız). Enerji verimli bina tadilatlarında, bina cepheleri camlar ve opak yüzeyler için U değerleri (ısıl geçirgenlik katsayıları) belirlenir. Bunun için "TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı"ndan, uzmanlık deneyimlerinden, literatürden yararlanılabilir (6.2.3. bölüme bakınız). Bu şekilde bina kabuğu ısıl geçirgenlik katsayıları belirlendikten sonra, binanın ısı kaybı ve ısı kazancı hesapları yapılır.

Bu bölümde bu tür konuları ihtiva eden bina fiziği konuları özetlenmiştir (Isıl geçirgenlik, ısı kaybı/ısı kazancı, nemlendirme, nem alma vb. konuları).

### 5.1 İç Mekân Kalitesi

#### 5.1.1 Genel

ASHRAE Standart 55 iç mekân kalitesini, "*binadakilerin en az %90'ının kendilerini konforlu hissettikleri ortam koşulları*" şeklinde tanımlamaktadır. İç mekân kalitesi bileşenleri Şekil 5-1'de verilmiştir.



Şekil 5-1: İç Mekân Kalitesi Bileşenleri

Konforlu bir ortamı tanımlayan temel değerler aşağıda belirtilmiştir:

- İç ortam sıcaklığı kışın 20-22°C, yazın 24-26°C olarak alınır. Ancak mahâl cinslerine göre bir miktar farklılıklar vardır, nihai değerler literatürden<sup>1</sup> alınabilir.
  - Mahâllerde hava hızının 0,2 m/s altında olması arzu edilir.
  - Mahâllerde düzeyde sıcaklık farkının (insanların bulunduğu zonda) 3°C'yi geçmemesi istenir.
- İç hava kalitesi için CO<sub>2</sub> seviyesi <1200 ppm, partikül ve diğer kirleticilerin limitlerin altında olması istenir.
- Mahâllerde bağıl nemin %30-%60 olması tercih edilir.
- İyi bir gün ışığı ve manzara sağlanması hedeflenir.
- "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği"nin gerektirdiği akustik konforun sağlanması istenir.
- Mevzuatın gerektirdiği aydınlatma seviyesinin sağlanması gerekir.

Bu bağlamda iç mekân kalitesi bileşenlerinin bina sistemleri ile ilişkileri Tablo 5-1'de özetlenmiştir.

İç Mekân Kalitesi Bileşenleri	Sağlanması Gereken Koşullar	Kullanılacak Sistemler
Isıl Konfor	20-26°C (kışın 20-22°C, yazın 24-26°C) sağlanması.	Isıtma, soğutma sistemleri*
İç Hava Kalitesi	Mekânlarda CO <sub>2</sub> (<1200 ppm), CO, O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , VOCs, varsa radyasyon gibi kirleticilerin standartlardaki limitlerin altına indirilmesi.	1) Doğal havalandırma 2) Mekanik havalandırma a) Merkezi havalandırma b) Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma cihazları ile merkezi olmayan havalandırma**
Aydınlık Seviyesi ve Kalitesi	Mekânlarda öngörülen aydınlık seviyesinin ve aydınlatma kalitesinin sağlanması.	Mekânlarda öngörülen aydınlık seviyesi ve aydınlatma kalitesi sağlanabilir***
Uygun Nemlilik Seviyesinin Sağlanması	%30-%60 bağıl nem sağlanması ya çalışılması.	Buharlı veya sulu nemlendirme, yoğunlaşma veya kimyasal yollarla nem alma yapılabilir.
Mahâlde Hava Hareketlerinin Azaltılması	Ofis gibi mahallerde hava hızı 0,2 m/s altında olması, ameliyathane gibi yerlerde ise laminar akış sağlanması.	Mahallin yapısına uygun tasarlanmış menfezler, difüzörler kullanılabilir.

<sup>1</sup> ASHRAE Standard 55, 2017, "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy"



<b>Gürültü ve Titreşim</b>	Mekânlarda gürültü ve titreşim seviyesinin standartların öngördüğü seviyenin altında tutulması.	Pencerelerde sızdırmazlık sağlanır, düşük gürültü seviyesine sahip cihazlar seçilir, gerekirse susturucu ve titreşim yutucular kullanılır.
<b>Gün Işığı ve Manzara</b>	Gün ışığı için uygun bir tasarım yapılması (parlama, aşırı güneş radyasyonu olmamalıdır).	Gün ışığı simülasyonu vb. ile değerlendirme yapılması.

**Tablo 5-1:** İç Mekân Kalitesi Bileşenleri ve Bina Sistemleri ile İlişkileri

Tablo ile ilgili açıklamalar:

İç mekân kalitesinin sağlanması enerji verimliliği çalışmalarında ön koşul olarak değerlendirilir. Yani binalarda öncelikle sağlıklı ve konforlu ortamlar oluşturulmalıdır. Bu yapılırken enerji verimliliği de sağlanmalıdır.

\* Mekanik tesisat sistemleri bölümüne bakınız.

\*\* Havalandırma sistemleri bölümüne bakınız.

\*\*\* Aydınlatma bölümüne bakınız.

### 5.1.2 Isıl Konfor

Isıl konfor, tüm yıl boyunca mahâl sıcaklıklarının yukarıda belirtilen değerler civarında tutulması durumudur. Isıl konforu tam sağlamak için; bina ısı kayıp ve kazançları azaltılır, bundan sonra ihtiyaca uygun ısıtma/soğutma sistemi kurulur (Pasif ya da aktif sistemler kullanılabilir).

Eğer imkân varsa tasarım sürecinin başında enerji simülasyonu (enerji modellemesi) yapılması uygun olur. Enerji modelleme sürecinde yıl boyunca ısıl konforun standartların gerektiği düzeyde sağlanamadığı görülür ise bina kabuğunda ısı yalıtımı iyileştirilebilir, gölgeleme yapılabilir ya da kazan, soğutma grubu gibi ana ekipmanların kapasitesi büyütülür.

Sistem kapasitesini artırmak, ısıtma veya soğutma sisteminin kurulum maliyetlerini ve işletmede enerji maliyetlerini artırır. Bu nedenle öncelikle ısı yalıtımı iyileştirilerek vb. ihtiyacın azaltılması tercih edilir (6. bölüme bakınız). Konfor sağlanırken enerji tüketiminin azaltılması için, ayrıca yüksek verimli ısıtma/soğutma sistemleri, daha verimli havalandırma sistemleri, LED aydınlatma sistemleri ve olabilirse aydınlatma otomasyonu, verimli asansörler, pompalar vb. kullanılabilir.

### 5.1.3 İç Hava Kalitesi

İnsanların solunumu ile mekânlar kirlenir (Nefes alışta gazlar ve kirlenici parçacıklar ciğerlere çekilir, nefes verilmesi ile mekânlarda oksijen azalır, CO<sub>2</sub> seviyesi artar). Diğer yandan binalarda zararlı kimyasallar ve "uçucu organik bileşenler (VOC)" içeren yapııştırıcı, boya, cila gibi ürünler kullanılabilmektedir. Ayrıca iş âletleri, ofis ekipmanları, bakım ve temizlik malzemeleri vb. kirlenici uçucu organik bileşenler yayabilmektedir. Tablo 5-2'de kirleniciler, kirlenici kaynakları, kirlenicilerin muhtemel etkileri ile kontrol stratejileri verilmiştir.

Kirletici	Kirletici Kaynağı	Kirleticinin Etkileri	Kontrol Stratejileri
Yüksek Nemlilik	Yemek pişirme, çamaşır yıkama vb.	Mantar, bakteri ve toz paracıkları oluşumu	Egzoz havalandırması, nem alma
CO <sub>2</sub>	İnsan soluması	Yüksek konsantrasyonlarda konforsuzluk, havasızlık	İnsanların fazla olduğu yerlerde CO <sub>2</sub> iyi bir hava kalitesi göstergesidir, buna göre taze hava ve egzoz havalandırması yapılır.
CO	Eksik yanma, araç emisyonları	Baş ağrısı, uyku isteği, kas kaybı, halsizlik	İyi yanma sağlanması, iyi havalandırma yapılması
NO <sub>x</sub>	Yüksek sıcaklık yanması	Sinir sistemi, bağışıklık sistemi bozuklukları	Yakıcıların ısı yalıtımı, katalitik konverter kullanımı, iyi havalandırma
SO <sub>2</sub>	Kömür gibi yakıtların yakılması	Sinir sistemi bozuklukları, solunum problemleri, kas kaybı vb.	Alternatif yakıt kullanımı, iyi havalandırma, yakıcıların yalıtımı
Polinükleer Aromatik Hidrokarbonlar	Sigara, kömür ve odun yakma, barbekü, yiyeceklerin yanması	Sinir sistemi bozuklukları, kanser riski	Sigara yasağı, düşük sıcaklıkta pişirme, temiz yakıt kullanımı, yakıcı yalıtımı
Ozon, O <sub>3</sub>	Lazer yazıcılar, fotokopi makinaları, elektronik hava temizleyiciler, küçük motorlar	Bronşit, nefes alma zorlukları, astım	Egzoz havalandırması, elektronik hava temizleyiciler kullanımı
Uçucu Organik Bileşenler (VOC <sub>s</sub> )	Yapıştırıcılar, boyalar vb.	Gözlerde yanma, burun ve deri tahrişi, baş ağrısı, yorgunluk	Alternatif malzeme kullanımı, havalandırma
Diğer Kimyasallar	Boya, solvent, halı, yumuşak plastikler, yapıştırıcılar, yumuşak ağaç, kâğıt ürünleri	Toksik zehirlenme, gözlerde ve burunda yanma, baş ağrısı, panik atak vb.	Düşük zararlı emisyon yayan malzeme kullanımı, kullanıma başlamadan önce malzemeleri bekletme, havalandırma, flushing

<b>Kurşun</b>	Kara yolu kenarlarında toz ve toprak, eski borular, eski boyalar	Norotoksik belirtiler, çocuklarda öğrenme güçlüğü vb.	Eski boruların, boyaların yenilenmesi, yol kenarlarındaki aktif-pasif havalandırma- madan kaçınma
<b>Asbest Fiberleri (Lifler, Parçacıklar)</b>	1980'lerden önceki hava kanallarının, boruların, fırınların vb. ısı yalıtımı vb.	Uzun dönemde kanser riski	Asbest içeren yapıların değiştirilmesi, çıkan atıkların emniyetli biçimde uzaklaştırılması
<b>Mineral Fiberleri (Lifler, Parçacıklar)</b>	Bina cepheleri ısı yalıtımı, boru ve hava kanalı ısı yalıtımı, ısıya dayanıklılık için yalıtım, akustik yalıtım malzemeleri	Gözlerde yanma, deride tahriş, uzun vadede ciğerlerde tahribat ve kanser riski	Eldiven, maske kullanılarak çalışma, bu malzemelerle direkt temasın kesilmesi
<b>Mantar, Küf, Toz Parçacıkları</b>	Nemli halı, ıslak zemin, nemli ortamlar	Alerji, gözlerde ve burunda yanma, solunum güçlüğü	Yüzeylerin kuru ve temiz tutulması, havalandırma
<b>Zararlı bakteriler (örneğin lejyoner bakterisi)</b>	Durgun sıcak sular, HVAC drenaj tavaları, nemlendirici depoları vb.	Solunum yolu hastalıkları, ölüm riski	Durgun sıcak sulardan kaçınma, depoların vb. temizlenmesi ve dezenfeksiyonu
<b>Radon Gazı</b>	Toprakta doğal radyoaktivite	Uzun vadede akciğer kanseri	Bina temelini ve zemin su giderlerinin yalıtımı, havalandırma sistemlerinin kurulması
<b>Metan ve Benzeri Gazları</b>	Çöp sahalarında çöplerin çözünmesi, toksik atıklar	Patlama ve zehirlenme tehlikesi, zarar verici ve kötü kokular	Bina yapımından önce yapılacak yerin geçişiminin incelenmesi, gerekiyorsa toprağın atılması, temelin ve zemin drenajlarının yalıtımı, toprak altının havalandırılması

**Tablo 5-2:** Kirleticiler, Kirletici Kaynakları, Kirleticilerin Muhtemel Etkileri ile Kontrol Stratejileri

Not: Tablo 5-2'deki kirleticiler için mücade edilen miktarlar EPA (American Environment Protection Agency) ve benzeri kaynaklarda verilmiştir.

Mekânların iç hava kalitesini sağlamanın yolu; mahâllere şartlandırılmış (mevsime göre ısıtılmış veya soğutulmuş, filtre edilmiş, gerekiyorsa nemlendirilmiş veya nemi alınmış) taze hava vermek, içerideki kirli havanın gerekli miktarını dışarı atarak mekânları havalandırmaktır. Bunun için doğal veya mekanik olarak havalandırma yapılması, taze havanın giriş açıklıklarının doğru konumlandırılması, iyi bir filtreleme ve temizlik yapılması, içeri alınan havanın mahâllere dağıtılması, ilgili mekanik sistemlerde düzenli bakım ve onarımların yapılması gerekir. Havalandırma sistemleri için 7.1.7. bölümü 'ne bakınız.

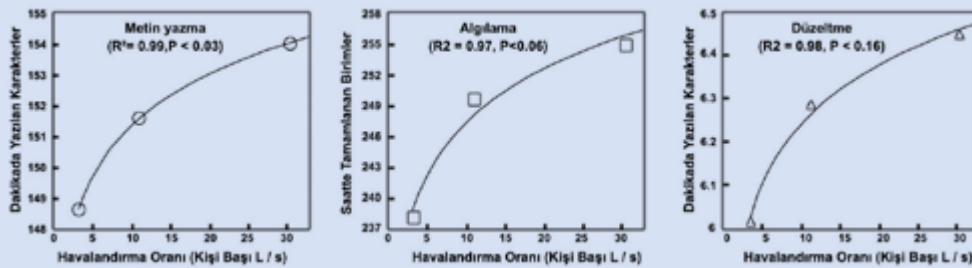
### 5.1.4 İç Hava Kalitesi ve İş Verimliliği

İç mekân hava kalitesi, bina içindeki havalandırma sisteminin performansı ile doğrudan ilişkilidir. Havası bayatlamış, koku içeren ortamlar (sağlıksız ortamlar); konforun azalmasına, çalışma performansının düşmesine, kullanıcılarda öğrenme düzeyinin azalmasına, baş ağrısına, yorgunluğa, göz, burun ve boğazda yanma gibi rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Bu durum "Hasta Bina Sendromu" olarak adlandırılmaktadır<sup>2</sup>. Hasta bina sendromuna genellikle kullanıcı sayısı fazla olan, açılmayan pencereli, içeride kirletici kaynakları olan, dış çevresi kirli, havalandırma düzeyi düşük binalarda (özellikle yüksek binalar) karşılaşılmaktadır.

İlk yatırım ve enerji maliyetlerini azaltmak amacıyla taze hava girişinin azaltılması, hatta havalandırma sistemi yapılmaması, kışın iç sıcaklıkların konfor koşullarının altında kalması, yazın iç mahâl sıcaklıklarının konfor koşullarının üstünde kalması, havalandırma sistemlerinin temizliğinin ve bakımının düzenli yapılmaması vb. durumlarda hasta bina sendromunun oluşmasına sebep olmaktadır. Binalarda ısıtma ve soğutma ihtiyacı mevsimsel iken havalandırma ihtiyacı sürekli, bu sebeple de önemlidir. Havalandırma yapılarak iç hava kalitesinin artırılmasıyla kullanıcıların hastalıklarının ve raporlu günlerin azaldığı, iş performansının arttığı bilinmektedir. Örneğin, Seppanen vd. taze hava miktarı ile okullarda öğrenci öğrenme performansı arasında örnekteki gibi bir ilişki olduğunu belirlemiştir<sup>3</sup>.

#### Örnek 5.1.4.1:

Havalandırma Miktarlarının Öğrenme Performansına Etkisi.



Görüldüğü üzere taze hava miktarı arttıkça ve mekânlar yeterli düzeyde havalandırıldıkça okullarda öğrencilerin öğrenme performansı artmaktadır.

<sup>2</sup> ASHRAE Green Guide, 2018, "The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings – Edition 5th", Elsevier, New York.

<sup>3</sup> Seppanen O., Wargocki, P., 2006, "Indoor Climate and Productivity in Offices", Rehva Guidebook no 6: Brussels.

### 5.1.5 Gürültü ve Titreşim

Gürültü ve titreşim insan konforunu olumsuz yönde etkiler. Mahâller için kabul edilebilen gürültü düzeyleri "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmelik"te öngörülen değerleri geçmemelidir.

Binalardaki ana gürültü kaynakları;

- a) Bina cephelerinden bina içerisine giren dış gürültü (trafik vb.),
- b) Mekanik tesisat sistemlerinin yaydığı gürültü (soğutma grupları, soğutma kuleleri, fanlar, pompalar, kompresörler, hidroforlar, jeneratörler, kojenerasyon cihazları, asansörler vb.),
- c) Mahâllerdeki cihazların yaydığı gürültü (bilgisayar, yazıcı, buzdolabı vb.),

olarak özetlenebilir. Bunların yanında dönen makinalardan kaynaklanan titreşimler de söz konusu olabilmektedir.

Binanın durumuna göre gerekirse "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği" hükümlerine göre akustik rapor düzenlenerek aşağıda örnekleri verilen önlemler alınabilir:

- a) Bina cepheleri gürültü geçirgenliğini azaltacak şekilde iyileştirilir.
- b) Düşük devirli pompalar, fanlar, su soğutmalı soğutma grupları, ısı pompaları tercih edilebilir.
- c) Gürültü yayan cihazların bulunduğu mahâllere, gerekirse akustik yalıtım yaptırılır.
- d) Jeneratör, kojenerasyon üniteleri gibi çok gürültülü sistemler kabin içine yerleştirilir.
- e) Açıkta bulunan ve rahatsız edici gürültü yayan soğutma kuleleri, hava soğutmalı soğutma grupları gibi ekipmanlar için gürültü azaltıcı perdeler kullanılır.
- f) Bina içinde şaftlardan, kat betonlarından yayılan gürültü için önlemler alınır.
- g) İyi bir akustik için iç mahâllerde ses yutucu malzeme kullanılması gerekir. Örneğin, zeminlerin mermer veya seramik, tavan ve duvarlarında alçıpan olan bir mekânda iyi bir akustik performans sağlanamaz. Tasarımda bu gibi hususlara dikkat edilerek gerekli mahâllere ses yutucu malzemeler veya iç mimari unsurları kullanılmalıdır.
- h) Özellikle lojman, konut gibi binalarda banyoların ve tuvaletlerin havalandırma şaftlarında, dairelerden birbirine gürültü ve koku yayılabilmektedir. Bu nedenle bu şaftların çatısına fan konulması ve şaftların negatif basınçta tutulması gerekir. Banyo ve wc'lerden kirli hava bu şaftlara atılır, tek yönlü panjur (back draft damper) konulur. Benzer şekilde kat aralarında döşemeler vasıtasıyla da gürültü yayılımı söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle eğer asma tavan yoksa ara kat tavanlarına ısı yalıtımına ilave olarak akustik özelliği olan malzemelerle yalıtım yapılması uygun olur.

### 5.1.6 Gün Işığı ve Manzara

Enerji verimliliği, mekânsal konfor ve çalışma verimliliği için mekânlara olabildiğince gün ışığı alınabilmesi (pencerelerden, çatı ışıklıklarından vb.) önemlidir. Ancak burada parlama, aşırı güneş ısınımının içeri girerek soğutma yükü oluşturmaları gibi olumsuz etkilerden kaçınılmalıdır. Bu bağlamda dış veya iç gölgeleme elemanlarından faydalanılabilir ve/veya aşırı ısı kazancını engelleyen özel camlar kullanılabilir (7.1.4. ve 7.1.6. bölüm'lere bakınız). Kış aylarında, ısıtma-

ya ihtiyaç duyulan binalarda mümkün olduğunca fazla güneş ışımasını sağlanması hedeflenir, yazın ise bunun tersi hedeflenir.

Diğer yandan gün ışığı ile yeterli aydınlatma sağlandığında, yapay aydınlatmayı kısmak veya kapatabilmek için sensörler ve kontrol ekipmanları kullanımı da yararlı olur. Tablo 5-3'te, doğal ışık ile ilgili gün saatleri, mevsimler, coğrafi konum, çevre ile ilişki, güneşe erişim ve konfor girdilerini içeren bilgilendirme verilmiştir.

Günün Saatleri	Mevsimler	Coğrafi Konum
İşığın kalitesi, parlaklık derecesi ve insanlarda yarattığı ruh hâli, günün farklı saatlerine göre değişmektedir. Bu durum mekânda bulunan kullanıcıları etkilemektedir. İç mekânlar, cephe düzeni, form ve doku, gün ışığının farklı saatlerde gösterdiği etkiye göre şekillenmelidir. Bunun için gerekli gözlemler ve hesaplamalar yapılmalıdır. Tadilatı yapılan binalarda, yenilenen cephe tasarımları ve mekânsal fonksiyon değişikliklerinde bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.	Mekân tasarımı ve fonksiyonları, mevsimlerin gün ışığına etkisine dayandırılmalıdır. Gün ışığının mevsimsel değişimlerine uyumlu bir mimari tasarım uygulanmalıdır. Cephe açıklıklarının organizasyonu, pozisyonu ve detaylandırılması; yaz, kış, ilkbahar veya sonbahardaki parlaklık ve sıcaklık ihtiyaçlarına cevap vermelidir. Cephe tasarımları ve mekânsal fonksiyon değişikliklerinde bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.	Mimarlıkta gün ışığı tasarımı, yere özel olmak durumundadır. Işığın rengi, açısı, yoğunluğu ve kalitesi içinde bulunan enleme, hava durumuna ve bölgeye hâkim olan iklime göre değişmektedir. Tadilatı yapılan binalarda, yenilenen cephe tasarımları ve mekânsal fonksiyon değişikliklerinde bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.
Çevre ile İlişki	Güneşe Erişim	Konfor
Gün ışığı, çevre ve insan arasındaki bağlantının kalitesini tanımlamak açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu durum öncelikle pencerelerin mimari tasarımdaki organizasyonuna bağlıdır. Bu durum dış ortamla iç ortam arasındaki bağlantının ve ayırımın derecesini, çevre ile fiziksel ve görsel ilişkiyi ve güneşin, rüzgârın, sesin, kokunun girişini tanımlaması açısından önem taşımaktadır. Bina tadilatında bu girdiler göz önünde bulundurulmalıdır.	Güneşe erişimde dikkate alınması gereken en önemli faktör, arazi yapısıdır. Arazinin sahip olduğu topografya, eğim, bitki türü, iklimi bu konuda dikkate alınması gereken alt başlıklardır. Bunun yanında tadilat yapılan binalarda mekânsal tasarım sürecinde kurgulanacak mekânlar için; mekânsal fonksiyonu göz önünde bulundurularak, gün ışığı kullanımı öncelikli olmalıdır.	İklim ile ilgili deneyimler, aydınlık ve sıcaklık konforu ile ilişkilidir. Farklı iklimlerde farklı sıcaklık ve aydınlık etkileri yakalansa da gün ışığını elde etmeye yönelik stratejiler benzerdir. Mimari tasarımda konfor genellikle barınma, sıcaklık ve ışıkla ilişkilendirilmektedir.

**Tablo 5-3:** Güneşin Görünen Hareketinin Etkileri

## 5.2 Isıl Geçirgenlik

Farklı sıcaklıklara sahip iki cismin birinden diğerine aktarılan enerji "*ısı enerjisi*" olarak adlandırılır. Isıl geçirgenlik; yüksek sıcaklığa sahip olan ortamdan düşük sıcaklıklı ortama iletim, taşınım (konveksiyon) ve ışıınım (radyasyon) olmak üzere üç farklı şekilde gerçekleşir. Tablo 5-4'te ısı geçirgenlik mekanizmaları, binalarda oluştukları yerler ve etkileri verilmiştir.

Bileşen	Yöntem	Bina Sistemleri ile İlişkiler	Enerji Tüketiminin Azaltılması
Isıl Geçirgenlik (Isı Aktarımı/ Isı Transferi)	İletim ve Taşınım (Konveksiyon) ile Isıl Geçirgenlik*	Binada ısıtılan, soğutulan mahallerden bina dışına olan ısı kaybı veya kazancı.	Bina cephelerine ısı yalıtımı yapılması, düşük U değeri olan camlar kullanılması.
		Soğutma gruplarında, eşanjörlerde, serpantinlerde, kazanlarda vb. bir akışkandan diğer bir akışkana ısı aktarımı	Bu tür sistemlerle ortam arasındaki ısı transferinin azaltılması gerekir.
		Radyatörlerden, fan coil-lerden, döşemeden ısıtma/soğutma sistemlerinden mahallere ısı aktarımı.	Verimli bir ısı aktarımı binanın toplam enerji verimliliğini artırır.
		Kazan, boru, hava kanalı vb. yüzeylerinden mahallere olan ısı kaybı veya ısı kazancı vb.	Borular, kazanlar, eşanjörler, vanalar, pompalarda vb. ısı yalıtımı yapılır.
	Işınım (Radyasyon) ile Isıl Geçirgenlik**	Güneşten ışıınım (radyasyon) yolu ile saydam yüzeylerden (pencereler, giydirme cepheleri, çatı ışııklıkları vb.) mahallere giren ısı kazançları.	Gölgeleme katsayısı iyi olan camlar kullanılması, dış gölgeleme yapılması, iç gölgeleme yapılması, saydam/opak yüzey oranlarının düzenlenmesi gerekir.
		Güneşten ışıınım (radyasyon) yolu ile duvarlardan mahallere ısı kazançları.	Duvarlara dıştan ısı yalıtımı yapılır.
		Kazan içinde yakıtın yakılmasında suya ısı aktarımı.	Yüksek verimli kazanlar ve yakma sistemleri kullanılır, kazanlar bakımlı ve temiz tutulur.
		Soğutma gruplarında, ısı pompalarında suya ısı aktarımı.	Yüksek verimli soğutma grupları, ısı pompaları kullanılır, bu cihazlar bakımlı ve temiz tutulur.
		Yüksek sıcaklıklı boru yüzeylerinden ısı kaybı.	Boru yüzeylerine ısı yalıtımı yapılır.

Isıl Geçirgenlik (Isı Aktarımı/ Isı Transferi)	Işınım (Radyasyon) ile Isıl Geçirgenlik**	Radyatörlerde mahallere ısı aktarımı.	Verimli ısı transferi toplam enerji verimliliğini artırır.
		Doğal gazlı, elektrikli radyant ısıtıcılarla mahal ısıtması yapılması.	Verimli ısı transferi binanın enerji verimliliğini artırır, enerji tüketimini azaltır.
		Döşemeden, duvardan, tavandan ısıtma soğutma sistemleri ile mahal ısıtma/soğutması yapılması.	Verimli ısı geçirgenlik binanın enerji verimliliğini artırır, enerji tüketimini azaltır.

**Tablo 5-4:** Isıl Geçirgenlik Mekanizmaları, Binalarda Oluştukları Yerler ve Etkileri

Tablo ile ilgili açıklamalar:

\* İletim ve taşınım (konveksiyon) ile ısı transferi genellikle birlikte oluşur. Örneğin radyatörlerde, bina cephelerinde, boru yüzeylerinde, hava kanallarda ısı geçirgenlik bu şekilde gerçekleşir.

\*\* Radyatörlerde, döşemeden, duvardan, tavandan ısıtım (radyant) ısıtmada/soğutmada hem radyasyonla hem de konveksiyonla ısı transferi bileşenleri vardır. Örneğin, radyatörlerde ısı transferinin %60'ı konveksiyon, %40'ı radyasyondur.

Isı kaybı/kazancı hesaplarının yapılabilmesi için öncelikle ısı kaybeden veya ısı kazanan yüzeyler (duvarlar, pencereler vb) için ısı geçirgenlik katsayıları ( $U-W/m^2K$ ) hesaplanır. Mevcut bina cephelerinin ısı geçirgenlik katsayılarının hesaplanabilmesi için;

- Varsa, projeler ve/veya hesap raporlarından yararlanılır.
- Projeler ve/veya hesap raporları yoksa tuğla duvarlarda delik açılarak duvar katmanlarının (malzeme cinsi, kalınlığı) belirlenir.
- Kolonlarda ve perdelerde iç ve dış yüzeylerde (örnek noktalarda) sıva kazınarak katmanların durumu belirlenir. Örneğin, ısı yalıtımı olup olmadığı belirlenebilir.
- Yardımcı olarak termal kamera çekimleri yapılabilir ve/veya cihaz kullanılarak  $U$  değeri hesaplanır.
- Saydam yüzeylerde (pencereler, camlı kapılar, çatı ışıklıkları vb.) ise  $U$  değerleri ve gölgeleme katsayıları sadece uygun ölçüm cihazları ile belirlenebilir veya varsa üretici firma bilgilerinden alınabilir.



**Örnek 5.2.1:**

Bina Cephelerinde Isıl Geçirgenlik Katsayısı Hesabı Örneği.

Dış Cephe Elemanları İçin Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlıkları Ve Bunlara Karşılık Gelen Isıl Geçirgenlik Katsayıları (U Değerleri) (Birinci İklim Bölgesi ve TS825 Standardına Uygun Durum İçin Örnek)					
1	2	3	4	5	6
Cephe Isı Transferi Yüzeyi	Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri $\lambda h$ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m <sup>2</sup> K/W)	Isıl Geçirgenlik Katsayısı U (W/m <sup>2</sup> K)
Duvar: Dış Hava Temaslı Tuğla Duvarlar	1/ $\alpha_i$ Yüzeysel ısı direnç katsayısı (iç)			0,130	
	Sıva	0,02	1	0,02	
	Tuğla duvarlar	0,19	0,36	0,528	
	Taş yünü TS 901 EN 13162 10) e uygun Isı iletkenlik grupları 035	0,025	0,035	0,714	
	Sıva	0,02	1	0,02	
	1/ $\alpha_d$ Yüzeysel ısı direnç katsayısı (dış)			0,040	
<b>Toplam</b>				<b>1,452</b>	<b>0,689</b>
Duvar: Dış Hava Temaslı Beton Duvarlar	1/ $\alpha_i$ Yüzeysel ısı direnç katsayısı (iç)			0,130	
	Sıva	0,02	1	0,02	
	Tuğla duvarlar	0,25	2,5	0,100	
	Taş yünü TS 901 EN 13162 10) e uygun Isı iletkenlik grupları 035	0,04	0,035	1,143	
	Sıva	0,02	1	0,02	
	1/ $\alpha_d$ Yüzeysel ısı direnç katsayısı (dış)			0,040	
<b>Toplam</b>				<b>1,453</b>	<b>0,688</b>

Dış Cephe Elemanları İçin Isı Yalıtım Malzemesi Kalınlıkları Ve Bunlara Karşılık Gelen Isıl Geçirgenlik Katsayıları (U Değerleri)  
(Birinci İklim Bölgesi ve TS825 Standardına Uygun Durum İçin Örnek)

1	2	3	4	5	6
Cephe Isı Transferi Yüzeyi	Yapı Elemanları	Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl iletkenlik Hesap Değeri $\lambda h$ (W/mK)	Isıl iletkenlik Direnci R ( $m^2K/W$ )	Isıl Geçirgenlik Katsayısı U ( $W/m^2K$ )
Duvar: Dış Hava Temaslı Tuğla Duvarlar	1/ $\alpha_i$ Yüzeysel ısı direnç katsayısı (İç)			0,130	
	Sıva	0,02	1	0,02	
	Donatılı beton	0,12	2,5	0,048	
	XPS - TS 11989 EN 13164e uygun Isı iletkenlik grupları 035	0,07	0,035	2,000	
	Şap	0,05	1,4	0,036	
	Çakıl	0,03	2	0,015	
	1/ $\alpha_d$ Yüzeysel ısı direnç katsayısı (dış)			0,040	
Toplam				2,289	0,437
Duvar: Dış Hava Temaslı Beton Duvarlar	1/ $\alpha_i$ Yüzeysel Isı direnç Katsayısı (İç)			0,170	
	Seramik kaplama	0,005	1,2	0,004	
	Şap	0,05	1,4	0,036	
	XPS - TS 11989 EN 13164e uygun Isı iletkenlik grupları 035	0,04	0,035	1,143	
	Tesfiye şapı	0,03	1,4	0,021	
	Donatılı beton	0,12	2,5	0,048	
	1/ $\alpha_d$ Yüzeysel ısı direnç katsayısı (toprak)			0,000	
Toplam				1,422	0,703
Pencere	Pencere veya giydirme cephe				2,4

### 5.2.1 Bina Isıtma ve Soğutma Yükleri

Isıtma/soğutma sistemi tasarımının ilk adımı, binadaki mahâllerin ısı kaybı ve ısı kazancı hesaplarının mevzuata uygun olarak yapılmasıdır. Hesaplar, ısıtılan/soğutulan her mahâl için ayrı ayrı yapılmalıdır.

### 5.2.2 Ortamın İklimlendirilmesi (Şartlandırılması)

İklimlendirme sistemleri, merkezi veya merkezi olmayan sistemler olabilir. Binanın büyüklüğüne ve kullanım amacına bağlı olarak sistem seçimi yapılabilir. Örneğin "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"ne göre 2000 m<sup>2</sup> üzerindeki binalarda merkezi ısıtma sistemleri, 250 kW'dan fazla soğutma ihtiyacı olan konut dışı binalarda merkezi soğutma sistemleri yapılır. Havalandırma sistemleri için de aynı kriter kullanılabilir. Havalandırma sistemleri 7.1.7. bölümde açıklandığı şekilde yapılabilir. Merkezi veya merkezi olmayan sistemlerin seçilmesinde mekânlar, gereksinimler ve kısıtlamalar göz önünde bulundurulur. Özellikle binaların kullanım süreleri ve çevresel etkenler dikkate alındığında, uygun ve verimli sistem seçiminin önemi ortaya çıkar.

#### Merkezi İklimlendirme Sistemleri

Merkezi iklimlendirme sistemlerinde, ısıtma, soğutma ve havalandırma işlemlerinin tamamı merkezi olarak gerçekleşir. Bu sistemler, besleme havasının istenilen şartlara getirilmesi için ısıtma, soğutma, nem alma ve nemlendirme gibi işlemler gerçekleştirebilir. Kış döneminde ısıtma ihtiyacını karşılanması için ısıtma serpantini devrede olur, bu dönemde birçok bina tipi için soğutma serpantini kapalı kalır. Yaz döneminde ise soğutma serpantini devrede olur. Dış hava nem oranının düşük olduğu kuru bölgelerde, sisteme nemlendirici eklenebilir, sıcak ve nemli bölgelerde ise nem alma yapılabilir. Merkezi iklimlendirme sistemlerinin avantajları; toplam verimliliğin daha yüksek olması (ısı geri kazanım olanaklarının daha iyi olması vb.), insanların bulunduğu ortamlara düşük gürültü yansımaları şeklinde özetlenebilir.

#### Merkezi Olmayan İklimlendirme Sistemleri (Mahâl Tipi İklimlendirme Sistemleri)

Isıtma, soğutma veya havalandırma amacıyla ortama verilen havanın, yetersiz kanal geçiş alanı, klima santralı kurulumuna imkân olmaması, hava kanalları ile klima santralleri güzergâhlarının uygun olmaması veya bağımsız işletme gereksinimi gibi sebeplerle merkezi sistem kurulumu mümkün olmayabilir. Bu durumda havanın şartlandırılması (filtreleme, ısıtma, soğutma, nem alma, nemlendirme vb.) mahâl (oda) içinde yer alan ünitelerle sağlanır. Büyük olmayan binalarda (fazla sayıda kurulmuş olmamak kaydı ile) mahâl tipi iklimlendirme ünitelerinin temel avantajı düşük kurulum maliyetidir. Mahâllerde oluşabilecek gürültü (özellikle fanlar ve varsa kompresörler mahâl içinde veya yakında olduğu için), toplamda verimlilik düşüklüğü, dış ünitelerinin oluşturabileceği görüntü kirliliği bu sistemlerin temel dezavantajıdır.

### 5.3 Binalarda Isı Kaybı ve Isı Kazançları

Binaların dış ortamla olan ısı alışverişi, mevsime göre ısı kaybı ve ısı kazancı olarak tanımlanır. Mahâller için hesaplanan ısı kayıpları ve ısı kazançları ayrı ayrı (kendi içinde) toplanarak, bina-  
nın toplam ısıtma yükü (örneğin, kurulacak kazanın ısıl kapasitesi) ve toplam soğutma yükü  
(örneğin, soğutma grubunun ısıl kapasitesi) belirlenir.

Bu hesaplar el ile (basit yöntem) yapılabilir veya bilgisayar programları ile (örneğin, enerji si-  
mülasyon programları) yapılabilir. Bilgisayar programları; binanın ısıl kütle etkilerini,  
güneş ışınım gecikme etkilerini, binanın gece soğuma etkilerini vb. dikkate aldığı için gerçe-  
ğe yakın hesaplar yapmaktadır (Bu ve benzeri hesaplar çok karmaşıktır.). Ayrıca el ile yapılan  
hesaplarda hata ihtimali daha fazladır ve işlemler çok yavaştır. Bilgisayar programları ile he-  
sapları yapmanın yararları ise binanın yıllık enerji tüketimlerinin aynı anda hesaplanması, bu  
ihtiyaçların benzer iklimlerdeki binaların tüketimleri ile karşılaştırılması ve tasarımcı deneyimi  
de dikkate alınarak en iyileme (optimizasyon) sürecinin mümkün olmasıdır. Bu tür analizler-  
le bina cepheleri ısıl performansı en uygun (optimum) düzeyde artırılabilir, gölgeleme etkileri  
incelenebilir, saydam/opak yüzey oranları dengelenebilir, daha verimli tesisat ve aydınlatma  
sistemleri tasarlanabilir. Binalarda ısı kayıpları ve ısı kazançlarının olduğu yerler ve etkilediği  
sistemler Tablo 5-5'te özetlenmiştir.

	Isı Kaybı/Kazancı Kaynakları	Isı Kaybı/Kazancı Olan Bina Elemanları	Etkilediği Sistem
Isı Kaybı	Bina cephelerin- den kaynaklanan ısı kaybı	Duvarlardan olan ısı kaybı	Isı Kayıpları azaldıkça; a) Konfor artar, b) Kazan kapasitesi, pompa kapasitesi, boru çapları, vana-pislik tutucu vb. boyut- ları küçülür, c) Enerji tüketimi azalır.
		Pencerelerden olan ısı kaybı	
		Çatıdan olan ısı kaybı	
		Zeminden olan ısı kaybı	
		Kapılardan ısı kaybı	
	Mekanik tesisat sistemlerinden kaynaklanan ısı kaybı	Kazan yüzeyleri, borular vb. kaynaklı ısı kaybı	Isı kayıpları azaldıkça ısıtma tesisatı küçülür, ilk yatırım ve işletme maliyetleri düşer.
Isı Kazancı	Bina cephelerin- den ve iç yükler- den kaynaklanan ısı kazancı	Borulardan, vanalardan, eşanjörlerden olan ısı kaybı	
		Hava kanallarından, havalan- dırma ekipmanlarından olan ısı kaybı	
		Duvarlardan olan ısı kazancı	Isı Kazançları azaldıkça; a) Konfor artar, b) Soğutma grubu kapasitesi, pompa kapasitesi, boru çapları, vana-pislik tutucu vb. boyutları küçülür, c) Enerji tüketimi azalır.
Isı Kazancı	Bina cephelerin- den ve iç yükler- den kaynaklanan ısı kazancı	Pencerelerden olan ısı kazancı	
		Çatıdan olan ısı kazancı	

Isı Kazancı	Bina cephelerinden ve iç yüklerden kaynaklanan ısı kazancı	Zeminden olan ısı kazancı	Isı Kazançları azaldıkça; a) Konfor artar, b) Soğutma grubu kapasitesi, pompa kapasitesi, boru çapları, vana-pislik tutucu vb. boyutları küçülür, c) Enerji tüketimi azalır.
		Kapılardan olan ısı kazancı	
		İç ısı kazançları (insanlardan, aydınlatmadan, cihazlardan)	
	Mekanik tesisat sistemlerinden kaynaklanan ısı kazancı	Borularda, eşanjörlerde, vanalarda vb. olan ısı kazancı	Bu elemanlardaki ısı kazançları azaltılırsa; a) Soğutma grubu, pompa kapasitesi küçülür, b) İlk yatırım ve işletme maliyetleri azalır.
		Hava kanallarından, havalandırma ekipmanlarından olan ısı kazançları	

**Tablo 5-5:** Binalarda Isı Kayıpları ve Kazançları ile Bunların Bina Sistemlerine Olan Etkileri

### 5.3.1 Isı Kaybı Hesabı

Türkiye’de resmi olarak ısı kayıp hesabı “TS 2164 Kalorifer Tesisatı Hesabı Standardı”na göre yapılmaktadır. Bu çerçevede:

- Dış havanın kış tasarım sıcaklıkları seçilir.
- Bina cephe elemanlarının ısıl geçirgenlik katsayıları hesaplanır.
- İç tasarım sıcaklıkları seçilir.
- Özel durumların olup/olmadığına bakılır (örneğin ısıtılamayan mekânlar vb.).
- Her tip yapı elemanı için (duvarlar, tavan, döşeme, cam vb.) ısıl geçirgenlik katsayıları hesaplanır.
- Sızdırma (infiltrasyon) havası miktarı hesaplanır.
- Mahâllin her bir yapı elemanı için (duvar, tavan, döşeme, pencere vb.) ısı kaybı hesaplanır.
- Sızdırma havası için gerekli ilave ısıtma ihtiyacı hesaplanır.
- Mahâllerin ısı kayıplarının toplamı, binanın toplam ısıtma ihtiyacını belirler.

Binanın toplam ısı kaybı hesaplandıktan sonra, kullanım sıcak suyu için gerekli ısı enerji ihtiyacı, havalandırma havası için gerekli ısıtma enerjisi ihtiyacı, nemlendirme ve diğer prosesler için gerekli ısı enerji ihtiyacı da hesaplanır. Hesaplanan bu ısı yükler toplanarak kazan (veya ısı pompası) ısı kapasitesi belirlenir.

### 5.3.2 Isı Kazancı Hesabı

Dış ortam sıcaklığının mahâl sıcaklıklarından yüksek olduğu yaz aylarında dış ortamdan bina içine ısı kazançları meydana gelir. Isı kazançları aşağıdaki bileşenlerden oluşur:

- Bina kabuğundan (duvarlar, tavan, pencereler, döşeme vb.) iletim ve taşınım ile olan ısı kazançları,
- Pencerelerden güneş ışınımından oluşan ısı kazançları,

c) İç ısı kazançları (insanlardan, aydınlatmadan ve ısı yayan ekipmanlardan).

Isı kazancı hesapları, ısı kaybında açıklanan adımlara benzer bir yöntemle ve ilgili standartlara uygun olarak yapılır. Camlardan güneş ısı kazançları ve iç ısı kazancı hesapları da yapılarak binanın toplam ısı kazancı hesaplanır. Havalandırma havasının soğutulması ve varsa başka prosesler için soğutma enerjisi ihtiyacı da hesaplanarak soğutma grubu kapasitesi belirlenir.

### 5.3.2.1 Cam Yüzeylerden Güneş Isı Kazançları

Cam yüzeylerden ısı kazançları, güneş ışınlamından kaynaklanır. Cam yüzeye düşen güneş ışınlamı varsa camların gölgeleme katsayısı ve dış gölgeleme azaltım katsayıları ile azaltılarak hesaplanır.

### 5.3.2.2 İç Isı Kazançları

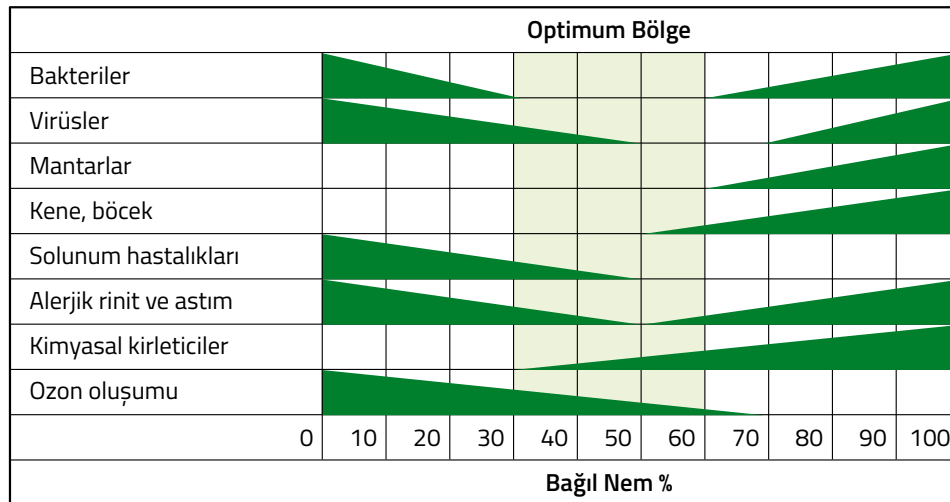
İç ısı kazançları;

- İnsanlardan kaynaklanan ısı kazançları,
- Aydınlatmadan kaynaklanan ısı kazançları,
- Makinalardan ve cihazlardan kaynaklanan ısı kazançları,

Şeklindeir. İç ısı kazançları; soğutmada dikkate alınır, ısıtmada dikkate alınmaz.

## 5.4 Nemlendirme, Nem Alma ve Yoğuşma

Mahâllerde bağıl nem oranı %30-%60 arasındadır. Ameliyathane, yoğun bakım gibi yerlerde hassas nem kontrolü yapılması gerekir. Ayrıca "düşük sıcaklıklı ısıtma/yüksek sıcaklıklı soğutma sistemlerinde" (döşemeden, tavandan, duvardan ışınlam ile ısıtma/soğutma) yoğuşmayı önlemek için nem almaya ihtiyaç duyulabilir. Mahâllerde bağıl nemnin etkileri Şekil 5-2'de görülmektedir.



Şekil 5-2: İnsan Konfor ve Sağlığı Yönünden Uygun Nemlilik Aralığı<sup>4</sup>

<sup>4</sup> ASHRAE Uygulama El Kitabı 2003, "Nemlendiriciler", bölüm 20, TTMD Yayınları, İstanbul.

## Nemlendirme

İklimlendirme sistemlerinde besleme havasına nem ilavesi yapılması gerektiği durumlarda; hava akımına buhar, ultrasonik (ses dalgaları ile) yöntemle su püskürme veya yüksek basınçla su püskürtme yoluyla gerçekleştirilebilir. En sağlıklı yöntem, buhar ile nemlendirmedir. İnsanların bulunduğu ortamlarda su püskürtülerek nemlendirme yapılması, bakteri oluşma riski nedeniyle çok iyi bir kontrol yapılarak gerçekleştirilmelidir.

Enerji verimliliği açısından eğer elektrik, yenilenebilir enerji veya kojenerasyon gibi cihazlardan elde ediliyor ise elektrikli buharlı nemlendirme yapılması uygun olur. Eğer binanın elektrigi şehir şebekesi elektrigidan sağlanıyor ise; pahalı olacağı için elektrikli buharlı nemlendiriciler yerine kapasiteye bağlı olarak buhar kazanları veya buhar jeneratörleri tercih edilebilir. Kazan sistemleriyle nemlendirme yapılacak yer arasındaki mesafe fazla ise buhar kayıpları ve yoğunlaşma kayıpları fazla olacağından, kullanım yerlerine yakın buhar jeneratörü veya büyük tesislerde ayrı bir kazan tesisat merkezi kurulabilir.

## Nem Alma

Su buharının havadan alınması için kullanılan en yaygın yöntem, havanın çığ noktasının altına kadar soğutulmasıdır. Hava, çığ noktasının altına kadar soğutulduğunda içerdiği nem yoğunlaşma yoluyla damlacıklar şeklinde havadan ayrılır. Bu süreç psikrometrik diyagramında çığ noktasına kadar duyulur soğutma ve sonrasında 100% bağıl nem çizgisi üzerinde daha düşük bir sıcaklığa kadar soğutulması şeklinde gösterilir. Ayrıca kimyasal nem alma yöntemi de vardır, ancak bu yöntem genellikle pahalıdır. Bu nedenle burada bir değerlendirme yapılmamıştır.

## Yoğuşma

### Bina Cepheğinde Yoğuşma

Bina kabuğunda eğer ısı yalıtımı zayıf bir yüzey (duvar, pencere, tavan, çıkma vb.) varsa, içerideki sıcak havadaki nem yoğunlaşır. Bu durumun etkileri duvarlarda küflenme, mantar oluşumu ve bina elemanlarının zamanla zarar görmesi şeklindedir. Yoğuşma olmaması için duvar içindeki sıcaklığın çığ noktası sıcaklığı ile kesişmemesi gerekir. Duvarda ısı yalıtımı varsa, duvar içinde bu sıcaklığa ulaşılmaz ve genelde yoğuşma olmaz. Ancak yağmur, ısı köprüleri, nem bariyeri olmaması gibi sebeplerle ısı yalıtımı olsa da bina içinde (özellikle havalandırılmayan kısımlarda); küf, nem gibi problemler oluşabilir. Bunun için bina cephesinde nem bariyeri uygulanması yapılmalıdır. Diğer yandan duş mahâlleri, kapalı havuz mahâlleri, soyunma odaları, mutfaklar vb. sıcaklığın ve nemin yüksek olduğu yerlerde içten yalıtım yapılması uygun olur. Ayrıca nem bariyeri de içten uygulanmalı ve ayrıca iyi bir havalandırma yapılmalıdır.

### Tesisat Sistemlerinde Yoğuşma

- Havalandırma sistemlerinde, kışın bina içindeki sıcak hava ısı geri kazanım ünitelerinin serpantin yüzeylerinde soğuk dış hava ile karşılaşır. Eğer dış hava sıcaklığı çığ noktasının altında ise yoğuşma olur. Örneğin, ısı geri kazanım ünitesi kanatçıkları arasında karlanma oluşur; ünite zamanla zarar görür.
- Soğutma serpantinleri ile nem alınması esnasında yoğuşma meydana gelir (Bu, olağan bir durumdur.).

- c) Yazın dış hava soğutularak şartlandırılırken veya fan coil gibi ekipmanlarda yoğunlaşma meydana gelir.

Bu sular borularla deşarj edilir.

Eğer burada yoğunlaşan suyun miktarı fazla ise bu su bir depoda toplandıktan sonra gri su olarak klozetlerde kullanılabilir. Bu durum özellikle sıcak ve nemli bölgelerde ve soğutma tesisatı bulunan büyük binalarda geçerlidir.



# 6

## Planlama ve Tadilat Projeleri

4. bölümde bina tadilatları için gerekli ön şartlar, değerlendirme ve belirleme sürecine yer verilmiştir. Bu bölümde ise, tadilat karar süreçleri özetlenmiştir.

Belirlenmiş bir enerji verimliliği önleminin uygulamaya geçilmesindeki gecikmenin; aslında hem teknik/mali anlamda tasarrufun hem de olumsuz çevresel etkinin azaltılmasının ötelenmesi anlamına geldiği dikkate alınarak olası en kısa sürede gerçekleştirilmesi hedeflenmelidir. Tadilatına karar verilen ve uygulanabilir olan önlemlerin bir plan çerçevesinde yıllara yayılı olarak mı, yoksa bir defada mı hayata geçirileceği belirlenmeli ve buna göre gerekli ödenek talep edilmeli, uygulama projeleri hazırlanarak hayata geçirilmelidir.

Bina tadilatları iki şekilde gerçekleştirilebilir:

- a) Binanın kullanım amacı değişmeden yapılacak tadilatlar,
- b) Binanın kullanım amacı değişerek yapılacak tadilatlar.

### 6.1 Binanın Mevcut Kullanım Amacı Değişmeden Yapılacak Tadilatlar

#### 6.1.1 Kısa Vadeli Önlemler

Geri ödeme süresi (GÖS) 3 yılın altında olan önlemler (örnekler için Tablo 4-5'e bakınız), cari bütçe kullanılarak kısa sürede hayata geçirilebilir. Çünkü bu tip önlemlerin alınmaması ile oluşacak "öteleme maliyetleri" (enerji verimli uygulaması yapılmadığından harcanan fazla enerji maliyetleri), yapılacak yatırım maliyetinin üzerine çıkabilmektedir. Örneğin kazan dairesindeki boruların yalıtımı, vana ceket yalıtımı, brülör ayarı, termostatik vana kullanımı, pompa-motor değişimi, yıllık kullanım saati 4000 saat üzeri olan aydınlatma lambalarının LED'e dönüşümü, ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi'nin kurulması, işletme personelinin eğitimi vb. (geri dönüş süresi 3 yılın altında) önlemlerin, en kısa sürede cari bütçeden hayata geçirilmesi gereklidir.

#### 6.1.2 Orta Vadeli Önlemler

Geri dönüş süresi 3-6 yıl arasında olan önlemlerin de (örnekler için Tablo 4-5'e bakınız), mümkün olan en kısa sürede hayata geçirilmesi önerilir. Bu tip önlemler de genellikle (çalışma saatine bağlı olarak) motor, hidrofor gibi cihaz yenilenmesi, aydınlatma otomasyonu, bina

otomasyonu, kazan otomasyonu, atık ısı geri kazanımı, güneş sıcak su sistemi kurulumu ve kojenerasyon-trijenerasyon sistemleri (bileşik ısı-güç üretimi) gibi enerji verimliliği uygulamaları olarak ortaya çıkmaktadır.

### 6.1.3 Uzun Vadeli Önlemler

Geri dönüş süresi 6 yılın üzerinde olan enerji verimli uygulamaları (örnekler için Tablo 4-5'e bakınız), ve projeleri bu kategoride değerlendirilebilir. Bu tip önlemler çoğunlukla yatırım gerektiren, bina kabuğu opak yüzeylerinin ısı yalıtımı, pencere değişimi, ısıtma/soğutma/havalandırma sistemleri değişimi, güneş elektrik (PV sistemi) sistemi kurulumu gibi projelerdir.

## 6.2 Bina Kullanım Amacının Değişmesi Durumunda Yapılacak Tadilatlar

Binanın kullanım amacının değişmesi durumunda, kullanım amacına uygun olarak projelendirme ve uygulamalar yapılır. Bu durumda yapılacak işler aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir.

### 6.2.1 Kullanıcı Görüşünün Alınması

Kısmi ya da esaslı tadilat sonrasında binanın kullanım amacı değişecek ise kullanıcıların öneri ve görüşlerinin alınması önemlidir. Öncelikle kullanıcılara tadilat kararı ve proje öncesinde bir anket dağıtılmalı, görüşleri alınmalı ve anket sonucundaki talep ve/veya öneriler değerlendirilmelidir. Kullanıcıların değerlendirmesini almak üzere düzenlenebilecek **Ek-6.2.1 Bina Kullanıcıları İçin Anket Formu Örneği** ekte verilmiştir.

### 6.2.2 Tadilat Projelendirmesi

Binada yapılacak tüm tadilatlar için öncelikle tadilat projesi hazırlanması gerekmektedir. "Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği"nin 4-y maddesinde, *"yapılarda taşıyıcı unsuru etkileyen veya yapı inşaat alanını veya emsale konu alanını veya taban alanını veya bağımsız bölüm sayısını veya ortak alanların veya bağımsız bölümlerin alanını veya kullanım amacını veya ruhsat eki projelerini değiştiren işlemler"* **esaslı tadilat** şeklinde tanımlanmış olup esaslı tadilat için "tadilat ruhsatı" alınması gerektiği belirtilmiştir. Aynı Yönetmeliğin 4-i maddesinde ise "yapılarda esaslı tadilat kapsamında olmayan, taşıyıcı sistemi, bağımsız bölümün dış cephesini, ıslak hacimlerin yerini ve sayısını değiştirmeyen; derz, iç ve dış sıva, boya, badana, oluk dere, doğrama, döşeme ve tavan kaplamaları, elektrik ve sıhhi tesisat tamirleri ile bahçe duvarı, duvar kaplamaları, baca, saçak, çatı onarımı ve kiremit aktarılması gibi her türlü tamir ve tadil işlemleri" **basit tamir ve tadil** olarak tanımlanmakta olup, bu işler için ruhsat alınması zorunluluğu olmadığı belirtilmektedir. Aynı şekilde, aynı yönetmeliğin 59-(2) maddesinde *"Taşıyıcı sistemi etkilemek ve 634 sayılı Kanun uyarınca muvafakat alınmak kaydıyla; binalarda enerji kimlik belgesi sınıfı en az "C" olacak şekilde mesleki yeterlilik sertifikalı uygulayıcılar tarafından yapılacak ısı yalıtımı uygulamaları ile binanın kendi ihtiyacı için yapılacak güneş kaynaklı yenilenebilir enerji sistemleri ruhsata tabi değildir. Bunlara ait uygulama projelerinin hazırlanması ve fenni mesuliyetin üstlenildi-*

ğine dair taahhütname ile birlikte ilgili idareye sunulması, binanın projesindeki mimari görünümlere bağlı kalınması ve idaresinden izin alınması zorunludur." denilmektedir.

Yapılacak tadilatla hedeflenen enerji verimliliğinin elde edilebilmesi için; mimari, mekanik, elektrik, inşaat, peyzaj vb. işlerinin tasarım ve projelendirilmesinde bütünlük tasarım ilkeleri ve proje yönetimi uygulanmalıdır. Projelendirme sırasında birbirini karşılıklı/çarpraz etkileyen sistemler dikkate alınmalıdır. (Örneğin; daha önce de belirtildiği üzere bina kabuğu iyileştirilmesi ile ısıtma/soğutma yükü azaltılır, ilk yatırım maliyeti ve enerji tüketimi düşer, işletme masrafları ve çevreye olan etkisi azalır veya aydınlatma tadilatında, daha verimli lamba-armatür kombinasyonu ile daha az sayıda armatür ile daha az tüketim ve daha iyi bir aydınlatma sağlanabilir.).

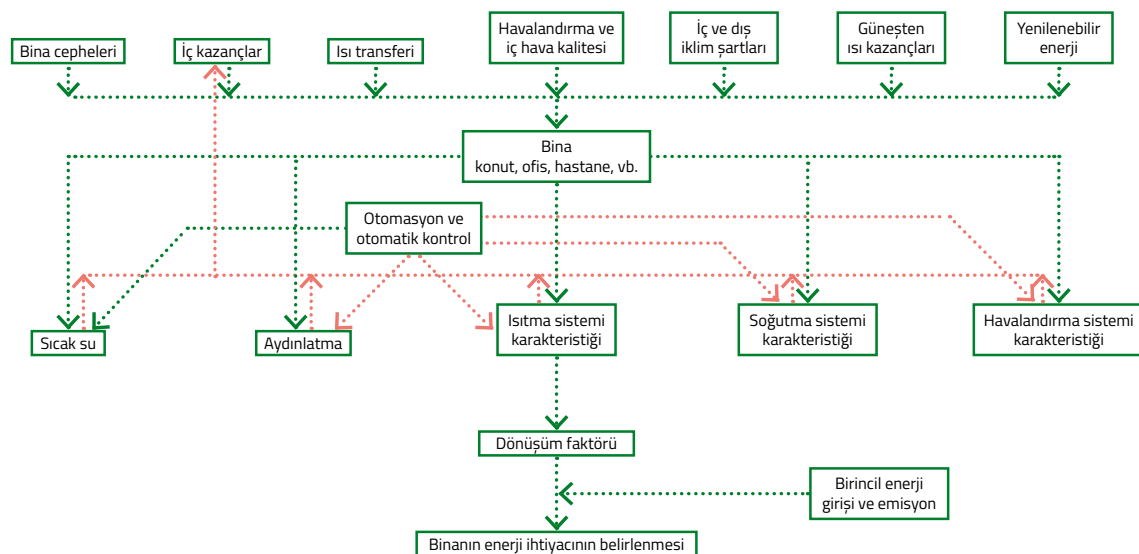
Tadilatlar esnasında mümkün olduğunca az malzeme çeşidi seçilerek toplu satın alma, toplu nakliye gibi önlemlere de yer verilmelidir.

### 6.2.3 Enerji Optimizasyonu / Modellemesi

Binalarda enerji, elektrik enerjisi ve ısı enerji şeklinde tüketilmektedir. Tasarım sürecinde binadaki çeşitli sistemlerin ne kadar enerji kullandıkları ve verimliliğin artırılması gibi çalışmalar enerji modelleme programları ile kolayca yapılabilmektedir. 5. bölümde belirtildiği üzere ısıtma/soğutma yüklerini, havalandırma yüklerini, aydınlatma ve elektrik sistem tasarımlarını, bina enerji ihtiyaçlarını, enerji tüketimlerini bir arada hesaplayabilen, bütünsel tasarım ve tasarım optimizasyonu (eniyleme) yapabilen enerji modelleme (enerji simülasyon) programları bulunmaktadır (Konu ile ilgili olarak daha detaylı bilgi 7.1.14. bölümde, optimizasyonda kullanılan ömür boyu maliyet analizleri ise 4. bölümde verilmiştir.).

#### Bina Enerji Tüketimlerinin Değerlendirilmesi

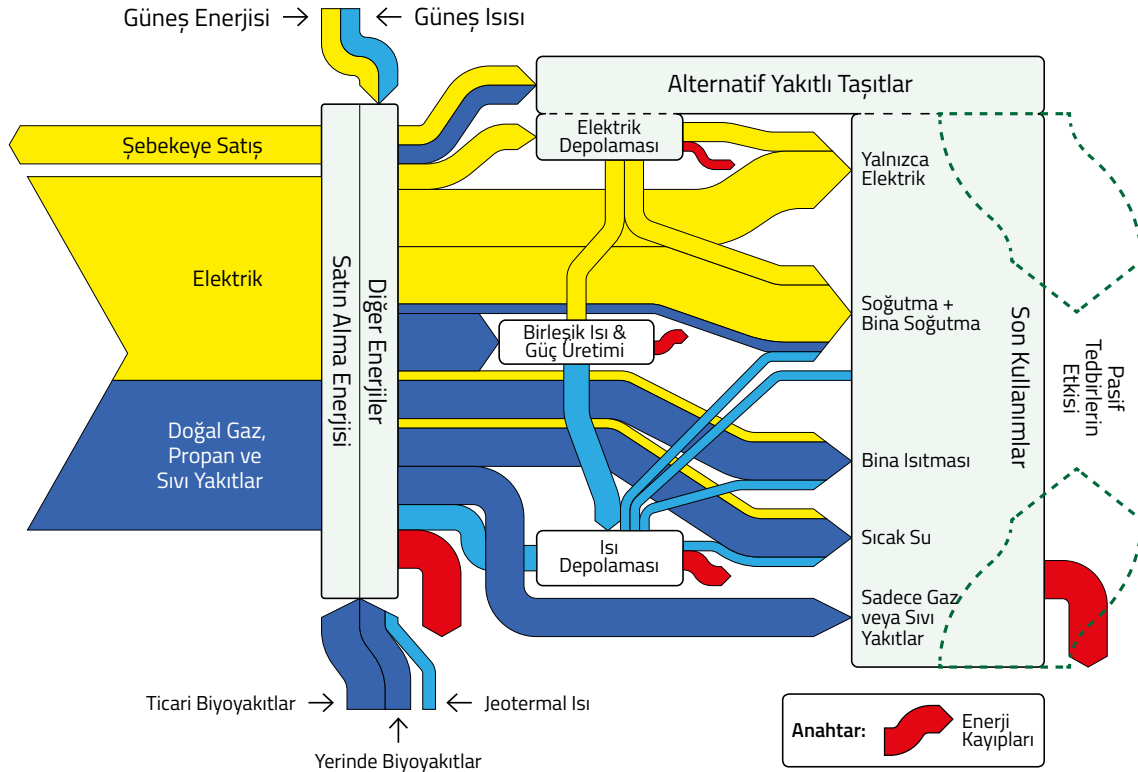
Bina tadilatlarında hedeflenen yenilemeler için mevcut durumdaki enerji tüketimleri analiz edilmelidir. Şekil 6-1'de, binalarda enerji tüketen sistemler ile aralarındaki ilişkileri gösterilmektedir.



Şekil 6-1: Binalarda Enerji Tüketim Odakları

Şekil 6-1'de görüldüğü üzere enerji ihtiyacı, bina içindeki ısıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su, aydınlatma, asansör, elektrikli cihazlar ve diğer tüketimlerin toplamından oluşur. Bu tüketimler yılın tüm saatleri boyunca değişkenlik gösterir (Örneğin, ısıtma ve soğutma yükleri 365 günün her saatinde değişiklik gösterir.).

Şekil 6-2'de ise bina enerji tüketim analizlerinde sıklıkla kullanılan Sankey Diyagramı (bina enerji akış diyagramı) örneği verilmiştir.



Şekil 6-2: Bina Enerji Analizleri İçin Sankey Diyagramı (Enerji Akış Diyagramı) Örneği<sup>1</sup>

"Sankey Diyagramı" yardımı ile binalarda hangi sistemlerde, ne kadar enerji tüketildiği analiz edilebilir. Bundan sonra enerji verimliliğinin artırılmasının olanaklı olup/olmadığı, olanaklı ise nelerin yapılabileceği değerlendirilir. Bu süreçlerde enerji ölçüm ve izleme sistemlerinden, enerji modelleme programlarından yararlanılabilir. Birinci bölümde açıklandığı üzere (Şekil 1-1.), enerji ihtiyacı azaltıldıktan sonra kalan ihtiyaç, ilk yatırım bedellerine ve binanın kullanım amacına uygun olarak seçilecek yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanabilir. Diğer yandan binaların enerji maliyetlerinin değerlendirilmesinde (4. bölümde açıklandığı üzere); bina ömür boyu maliyetleri ile yıllık CO<sub>2</sub> salımları da dikkate alınır. Çünkü binanın ömrü boyunca enerji tüketimi, yapılan ilk yatırım maliyetlerine göre yüksektir.

Bölüm 4.6'da ve aşağıda açıklandığı gibi binanın faturalarından spesifik enerji tüketimi hesaplanır. Enerji verimliliği potansiyeli olup olmadığının belirlenmesi için hesaplanan bu spesifik enerji tüketimi değeri:

<sup>1</sup> [www.researchgate.net/figure/Sankey-diagram-Energy-flows-in-a-building-scale-icogrid\\_fig2\\_224178929](http://www.researchgate.net/figure/Sankey-diagram-Energy-flows-in-a-building-scale-icogrid_fig2_224178929).

- A- Binanın Enerji Kimlik Belgesi(EKB) varsa belge üzerindeki değerler ile karşılaştırılır.
- B- Binanın EKB'si yoksa hızlı bir değerlendirme için bu rehber kapsamında düzenlenen Tablo 6-1'deki referans değerlerle karşılaştırılır.

**A- EKB Üzerinden Enerji Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi:**

Binanın BEP-TR yazılımı ile hazırlanmış olan EKB'si üzerindeki enerji tüketimleri ve binanın enerji sınıfı değerlendirilerek binada enerji verimliliği potansiyeli olup/olmadığına karar verilir. Örneğin binanın mevcut durumdaki enerji sınıfı E olarak hesaplandı ise; bunu C, B veya A sınıfına yükseltmek için farklı enerji verimliliği senaryoları çalışılabilir. Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ne göre tadilat sonrasında binanın enerji sınıfı en az C olmalıdır. Daha üst seviyeye çıkarma kararı, bütçe olanaklarına göre verilmelidir. Bu çalışmalar için Şekil 4-3'te belirtilen adımlar takip edilebilir.

**B- Bu Rehber Kapsamında Oluşturulan Referans Değerlerle Karşılaştırılarak Enerji Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi:**

Bu rehberin hazırlanması sürecinde (gerçek binalarda enerji modellemesi yapılarak) Antalya, İstanbul, Ankara ve Erzurum illeri ("TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı"nda tanımlanan iklim bölgelerini temsilen seçilen iller) ve farklı bina türleri için örnek toplam "spesifik enerji tüketim" değerleri belirlenmiştir. Hesaplanan örnek referans değerler Tablo 6-1'de verilmiştir.

Toplam Özgül (Spesifik) Enerji Tüketimi (kWh/m <sup>2</sup> yıl)								
SIRA NO	Bina Kategorisi	Bina Kabuğu Isıl Özellikleri	Senaryo	İklim Bölgeleri				Notlar
				ANTALYA (1. iklim bölgesi)	İSTANBUL (2. iklim bölgesi)	ANKARA (3. iklim bölgesi)	ERZURUM (4. iklim bölgesi)	
1	Spor Salonu	Yalıtımsız durum	I	327	365	458	384	Tek katlı, 600 m <sup>2</sup> spor salonu binası.
		TS825'e uygun durum	II	271	307	386	312	
		Yüksek performans	III	232	272	300	240	
2	Apartman (Konut)	Yalıtımsız durum	I	102	174	270	422	5 katlı, 16 daireli, 1000 m <sup>2</sup> konut bloğu.
		TS825'e uygun durum	II	74	108	145	192	
		Yüksek performans	III	54	85	116	155	
3	Ofis Binası	Yalıtımsız durum	I	203	265	354	468	3 katlı, 23000 m <sup>2</sup> , ofis binası.
		TS825'e uygun durum	II	163	194	234	278	
		Yüksek performans	III	114	133	154	171	

Toplam Özgül (Spesifik) Enerji Tüketimi (kWh/m <sup>2</sup> yıl)								
SIRA NO	Bina Kategorisi	Bina Kabuğu Isıl Özellikleri	Senaryo	İklim Bölgeleri				Notlar
				ANTALYA (1. iklim bölgesi)	İSTANBUL (2. iklim bölgesi)	ANKARA (3. iklim bölgesi)	ERZURUM (4. iklim bölgesi)	
4	İlköğretim okulu	Yalıtımsız durum	I	72	148	225	317	4 katlı, 3700 m <sup>2</sup> tipik ilköğretim okulu.
		TS825'e uygun durum	II	53	84	108	138	
		Yüksek performans	III	38	49	57	71	
5	Fakülte binası	Yalıtımsız durum	I	118	176	242	326	3 katlı, ofis alanları ve derslik- leri olan 19200 m <sup>2</sup> fakülte binası.
		TS825'e uygun durum	II	96	126	161	202	
		Yüksek performans	III	67	78	90	120	
6	Hastane binası	Yalıtımsız durum	I	313	371	481	608	5 katlı, 100000 m <sup>2</sup> tam teşekküllü hastane binası.
		TS825'e uygun durum	II	284	321	405	497	
		Yüksek performans	III	255	270	337	412	
7	Yüzme havuzu ve Sosyal tesis kompleksi	Yalıtımsız durum	I	320	403	523	519	2 katlı, yüzme havuz- larına ve sosyal alanlara sahip 5800 m <sup>2</sup> bina.
		TS825'e uygun durum	II	265	303	335	342	
		Yüksek performans	III	237	260	281	271	

**Tablo 6-1:** Farklı İklim Bölgeleri ve Farklı Bina Çeşitleri İçin Toplam “Spesifik Enerji Tüketim” Örneği

Tablo 6-1 ile ilgili açıklamalar:

1. Tabloda üç farklı bina kabuğu durumu (senaryo) için ısı yalıtım kalınlıkları ve karşılık gelen ısıl geçirgenlik katsayıları kullanılmıştır (ilgili tablo 7.1.6. bölümde verilmiştir).

Senaryo I-Yalıtımsız durum: Bina cephelerinde hiç ısı yalıtımı olmaması.

Senaryo II- TS825'e uygun durum: Bina cephelerinde “TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı”na uygun yalıtım bulunması.

Senaryo III- Yüksek performans durumu: Bina cephelerinde “TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı”nda belirlenen U değerinin yarısı.

2. Binaların kullanım şekli, mimarisi, zonlama, proses yükleri vb. her modelleme seçeneğinde kendi içlerinde aynı alınmıştır. (Örneğin hastane ekipmanları, havuz binasında havuz ısıtma tüm seçeneklerde aynı alınmıştır).
3. Her durum için binada ısı konforu ve iç hava kalitesinin tam sağlandığı (havalandırma yapıldığı) esas alınmıştır.
4. Bina kabuğu ısı yalıtımı tablo 7-7'de verildiği şekilde alınmıştır.
5. Bina kabuğu hava sızdırma değerleri; yalıtımsız durum için 1 ACH, TS825 durumu için 0,8 ACH ve yüksek performanslı durum için 0,4 ACH alınmıştır.
6. Isıtma/soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemleri aşağıdaki gibi alınmıştır.
  - TS825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı'na uygun durum ve yalıtımsız durum için kazan verimliliği %85, chiller EER 2,9; havalandırma sabit debili, aydınlatma sistemi floresan olarak alınmıştır.
  - Yüksek performans durumunda ( $U = U(TS825/2 \text{ durumu})$ ) kazan verimliliği %98, chiller EER değeri 4,5; havalandırma değişken debili (talep esaslı), aydınlatma LED alınmıştır.
  - Isıtma ve soğutma sistemi olarak 2 borulu fan coil sistemi alınmıştır.
  - Tüm seneryolar için merkezi havalandırma sistemi alınmıştır.
7. Tablonun kullanımı:
  - Faturalardan hareketle binanın elektrik ve doğalgaz spesifik enerji tüketimleri hesaplanır.
  - Binada ısıtma, havalandırma yoksa bunların etkilerini enerji modelleme yaptırarak veya mümkün olabilirse tahmin ile hesaplayıp faturalardan hesaplanan değerlere ekleyerek toplam spesifik enerji tüketimi belirlenir.
  - Belirlenen bu tüketim, bu tabloda binanın bulunduğu iklim bölgesi ve bina kategorisinde yer alan değerler ile karşılaştırılarak hangi senaryoya yakın olduğu belirlenir.
  - Bu şekilde incelenen binada, enerji verimliliği artış potansiyeli olup olmadığı değerlendirilebilir.
8. Tablo için seçilen mevcut binaların kullanım şekli, mimarisi, bölgelere ayırma (zonlama), üretim (proses) yükleri vb. her modelleme seçeneğinde kendi içlerinde aynı alınmıştır. Örneğin, hastane tüketimlerinde ameliyathane ekipmanları, yoğun bakım ekipmanları tüketimleri dikkate alınmıştır. Benzer şekilde, ofis binalarına ofis ekipmanları, havuz binaları tüketimlerine havuz ısıtması dahil edilmiştir. İlköğretim ve fakülte binalarının modellenmesinde yaz aylarında tatil olduğu dikkate alınmıştır.
9. Burada verilmemiş olmakla birlikte, enerji modelleme programları her durum için binanın CO<sub>2</sub> salımını da hesaplayabilmektedir.

#### Örnek 6.1:

Tadilatı yapılacak binaya ilişkin binaya ait bilgiler:

Binanın bulunduğu yer: Erzurum (4. iklim bölgesi)

Yapım yılı: 1997

Bina tipi: Ofis

Bina kullanım alanı: 4.200m<sup>2</sup>

Yıllık elektrik tüketimi: 400.000kWh/yıl

Yıllık doğal gaz tüketimi: 1.050.000kWh/yıl (98.684m<sup>3</sup>/yıl)

Elektrik spesifik tüketimi: 95.23kWh/m<sup>2</sup>yıl (400.000/4.200)

Doğalgaz spesifik tüketimi: 250kWh/m<sup>2</sup>yıl (1.050.000/4.200)

Toplam spesifik enerji tüketimi: 345kWh/m<sup>2</sup>yıl

Bina Tipi	Senaryo	Bina Kabuğu Isıl Özellikleri	ANTAL-YA (1. iklim bölgesi)	İSTAN-BUL (2. iklim bölgesi)	ANKA-RA (3. iklim bölgesi)	ERZURUM (4. iklim bölgesi), kWh/m <sup>2</sup> yıl
Ofis Binası	I	Yalıtımsız durum	203	265	354	468
	II	TS 825 Standart'ına uygun durum	163	194	234	278
	III	U=u (TS825) / 2 durumu	114	133	154	171

Binanın toplam "spesifik enerji tüketimi" 345 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak hesaplanmış olup bu değer Tablo 6-1'de yalıtımsız durum (468 kWh/m<sup>2</sup>yıl) ile TS825 Standart'ına uygun durum (278kWh/m<sup>2</sup>yıl) arasında kalmaktadır. Bu nedenle binanın enerji verimliliği artış potansiyelinin yüksek olduğu değerlendirilir. Yüksek performans durumundaki (171 kWh/m<sup>2</sup>yıl) değerine yaklaşmak veya arada bir yerlerde kalmak için daha fazla ısı yalıtımı yapılabilir, daha yüksek performanslı camlar seçilebilir. Bunun için Şekil 4-3'te belirtilen adımlar takip edilebilir.



**Örnek 6.2:**

Daha önce detaylı enerji etütleri yapılmış bulunan bazı binaların faturaları kullanılarak hesaplanan “toplam spesifik enerji tüketimleri” aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu tüketimler, enerji verimliliği potansiyeli olup/olmadığını değerlendirmek amacıyla Tablo 6-1’de verilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu potansiyel olup olmadığı yönündeki değerlendirmeler, tablonun notlar kısmında belirtilmiştir.

Sıra No	Binanın Adı	Binanın Bulunduğu İl	Bina Alanı (m <sup>2</sup> )	Yapım Yılı	Gerçek Özgü (Spesifik) Enerji Tüketimi (Faturalardan)			Notlar
					Elektrik (kWh/m <sup>2</sup> .yıl)	Doğalgaz (kWh/m <sup>2</sup> .yıl)	Toplam (kWh/m <sup>2</sup> .yıl)	
1	Ofis Binası	Ankara	142000	2015	64	78	142	Tüketimler normal, enerji verimliliği artış potansiyeli düşük.
2	Ofis Binası	Ankara	7500	1998	83	153	236	Tüketim fazla, enerji verimliliği artış potansiyeli yüksek.
3	Ofis Binası	Ankara	28000	1981	74	142	216	Tüketim fazla, enerji verimliliği artış potansiyeli yüksek. Ayrıca havalandırma yok.
4	Hastane	Trabzon	18000	2000	110	193	303	Tüketimler kabul edilebilir düzeyde ancak enerji verimliliği artış potansiyeli var.
5	Üniversite Binaları	Ankara	70000	2016	174	200	374	Tüketim fazla, enerji verimliliği artış potansiyeli yüksek.
6	Sağlık Ocağı	Urfa	460	1985	40	55	95	Sadece ısıtma ve aydınlatma var. Enerji verimliliği artış potansiyeli var.
7	Ofis Binası	İstanbul	16000		69	65	134	Tüketimler normal ancak havalandırma yok.

Sıra No	Binanın Adı	Binanın Bulunduğu İl	Bina Alanı (m <sup>2</sup> )	Yapım Yılı	Gerçek Özgü (Spesifik) Enerji Tüketimi (Faturalardan)			Notlar
					Elektrik (kWh/m <sup>2</sup> .yıl)	Doğalgaz (kWh/m <sup>2</sup> .yıl)	Toplam (kWh/m <sup>2</sup> .yıl)	
8	Spor Salonu Komp- leksi	İstanbul	23200		90	140	230	Tüketimler normal, enerji verimliliği artış potansiyeli düşük.
9	Spor Salonu Komp- leksi	İstanbul	14000	2007	127	304	431	Tüketim fazla, enerji verimliliği artış potansiyeli yüksek.
10	Ofis Binası	İstanbul	24000	2000	190	117	307	Tüketim fazla, enerji verimliliği artış potansiyeli yüksek.
11	Yurt Binası	Ankara	8000	1989	131	209	340	Sadece ısıtma ve aydınlatma var. Enerji verimliliği artış potansiyeli yüksek.
12	Endüstri Meslek Lisesi Binası	Samsun	12700	1973	15	63	78	Sadece ısıtma ve aydınlatma var. Enerji verimliliği artış potansiyeli var.
13	Endüstri Meslek Lisesi Binası	Bolu	10500	1964	13	102	115	Sadece ısıtma ve aydınlatma var. Enerji verimliliği artış potansiyeli var.
14	İlköğretim Okulu	Ankara	4000	1995	15	54	69	Sadece ısıtma ve aydınlatma var. Enerji verimliliği artış potansiyeli düşük.

Sıra No	Binanın Adı	Binanın Bulunduğu İl	Bina Alanı (m <sup>2</sup> )	Yapım Yılı	Gerçek Özgü (Spesifik) Enerji Tüketimi (Faturalardan)			Notlar
					Elektrik (kWh/m <sup>2</sup> .yıl)	Doğalgaz (kWh/m <sup>2</sup> .yıl)	Toplam (kWh/m <sup>2</sup> .yıl)	
15	Müze Binası	İstanbul	7000	1983	44	39	83	Sadece ısıtma ve aydınlatma var. Enerji verimliliği artış potansiyeli düşük.
16	Kütüphane Binası	KKTC	3500	2005	71	0	71	Sadece ısıtma ve aydınlatma var. Enerji verimliliği artış potansiyeli düşük.
17	Ofis Binası	Ankara	10000	2014	85	55	140	Tüketimler normal, enerji verimliliği artış potansiyeli düşük.
18	Ofis Binası	Ankara	32000	2015	184	172	356	Tüketim fazla, enerji verimliliği artış potansiyeli yüksek.
19	Ofis Binası	Ankara	20500	2010	158	92	250	Tüketim fazla, enerji verimliliği artış potansiyeli var.

Tablo ile ilgili açıklamalar:

- Hazırlanan etüt raporlarında enerji tüketiminin azaltılması potansiyeli olan binalar için enerji "iyileştirme önerileri" mevcuttur.
- Buradaki değerlendirmelerle enerji verimliliği potansiyeli olup olmadığına karar verilebilir.
- Enerji verimliliği potansiyeli olsun olmasın, her zaman yenilenebilir enerji teknolojileri uygulamaları yapılabilir.

## 6.2.4 Önlemlerden Uygun Olanların Uygulanması

Bina tadilat kapsamının belirlenmesinde aşağıdaki ve/veya benzeri bir yol izlenebilir.

### Hazırlık Süreci

- Tadilat yapılacak binanın son 2-3 yıllık enerji tüketimleri incelenip, yukarıda açıklandığı üzere enerji verimliliği uygulama potansiyeli olup/olmadığı belirlenir.
- Enerji verimliliği potansiyelinin belirlenmesinin ardından, konut-lojman-sağlık ocakları gibi binalarda "ön etüt", konut dışı büyük binalarda "detaylı etüt" yapılması uygun olur.
- Yapılacak etütler sonucunda enerji verimliliği potansiyeli olduğu belirlenen bina:
  - 7.1.Ortak Uygulamalar bölümü çerçevesinde değerlendirilir.
  - Eğer binanın mevcut durumunda soğutma, havalandırma sistemleri, bina otomasyon sistemleri vb. yoksa ve tadilat sürecinde eklenecekse bu sistemler en uygun teknolojiler dikkate alınarak seçilir.
  - Binanın enerji verimli uygulama ve dönüşümünün yanısıra "İç Mekân Kalitesi"nin sağlanmasına dikkat edilir (5. bölüme bakınız.).
  - Gerekirse enerji modellemesi yapılır ve hedefler revize edilir (Enerji modellemesi, değişik enerji verimliliği projeleri için yapılır, bunlara ait ilk yatırım maliyetleri de hesaplanarak en uygun enerji verimliliği uygulama projelerine karar verilir.).
- Enerji verimliliği çalışmalarında akış süreci Şekil 4-3'te verilmiştir.
- Mevzuat referans alınarak iyileştirmeler belirlenir. Örneğin, binadaki yangın sistemleri eksiklikleri, engellilerin ulaşımına ilişkin eksiklikler, elektrik tesisat alt yapı eksiklikleri giderilmek üzere çalışma yaptırılır.
- Enerji etütleri sonucunda öneriliyorsa ve bütçe olanakları elveriyorsa; yenilenebilir enerji teknolojileri uygulamaları tadilat paketine eklenebilir (güneş sıcak su kolektörü, güneş elektrik üretimi, güneş hava kolektör sistemleri, ısı depolama ve pasif sistemler vb.).
- Tüm tadilat içeriği kesinleştirildikten sonra ihale dökümanları (projeler, şartnameler vb.) hazırlanır.

### Tadilat Uygulama (İnşaat) Süreci

1. Bina tadilatlarının özelliği gereği, genel uygulama projelerine ilave olarak rölöve alma, (1/20, 1/10, 1/5) ölçekli detay ve sahaya uygunluk projelerinin de çizimi gerekmektedir. Bu itibarla tadilat işlerini yapacak firmalardan ihale aşamasında aranması tavsiye edilen asgari özellikler aşağıda özetlenmiştir:

- Firmanın mevcut bina tadilatları ile ilgili deneyimlerinin olması.
- Tadilat konusunda deneyimli personele sahip olması.
- Şantiyede detay geliştirilmesi (shop drawings) için yeterli ve deneyimli personel bulunması.

Bu bağlamda sözleşmeye "ihale dökümanlarında gösterilen ve belirtilen tüm cihazlar ve malzemelerin temin edilerek tekniğine uygun olarak, ilave bedel talep edilmeden, şantiyede gerekirse detay çözümler üreterek, fen ve sanat kurallarına uygun olarak yapılacağı" yönünde hükümler konulmalıdır.

Bu şekilde iş ihale edildikten sonra uygulama sırasında gerekli kontroller yapılmalı, seçilen ürünlerin ihale dosyasındaki şartları sağlayıp sağlamadığı; atık yönetimi, çevreye uyumlu inşaat süreci, ihalede istenilen sayı ve kalitede personel bulundurulması vb. kontrol edilmelidir.

Tadilat inşaatı esnasında binada korunması gereken sistem ve ekipmanların zarar görmemesine özen gösterilmelidir. Benzer şekilde yüklenici iş güvenliği ve çalışma sahasının düzenli ve temiz tutulmasına dikkat etmelidir.

Uygulamada kirletici malzeme (uçucu organik bileşikler-VOC) kullanımının engellenmesi için gerekli imalat tariflerinin yapılması ve inşaat sürecinde malzeme seçiminde katalogların incelenip onaylanması gerekir.

Uygulamanın bitiminde, geçici kabul öncesinde "Test Ayar Dengeleme (TAD)" kontrolleri bir TAD firmasına yaptırılmalıdır. Bu bağlamda özellikle esaslı tadilatlarda (örneğin ısıtma/sogutma sistemleri kurulması, bina kabuğu ısı yalıtımları, birleşik ısı-güç sistemleri kurulumu) performans ölçümleri yaptırılmalı, eksiklikler veya hatalar varsa kabul öncesi düzeltilmelidir (Bu konu ile ilgili olarak 8.5. bölüme bakınız.).

### **İşletme Süreci**

Bina işletmeye açıldıktan sonra, planlanan/hedeflenen enerji verimliliği ve konfor şartlarına ulaşıp ulaşılamadığının kontrolü yapılmalıdır. Eğer hedeflenen sonuçlar alınamadı ise; bunların sebeplerinin ortaya konulması ve ilave iyileştirmeler yapılması uygun olur. Bu çerçevede büyük binalarda mümkünse "ölçme ve doğrulama (Ö&D)" süreci planlanmalı ve uygulanmalıdır. İşletme süreci ile ilgili olarak geniş bilgi 9. bölümde verilmiştir.

# 7

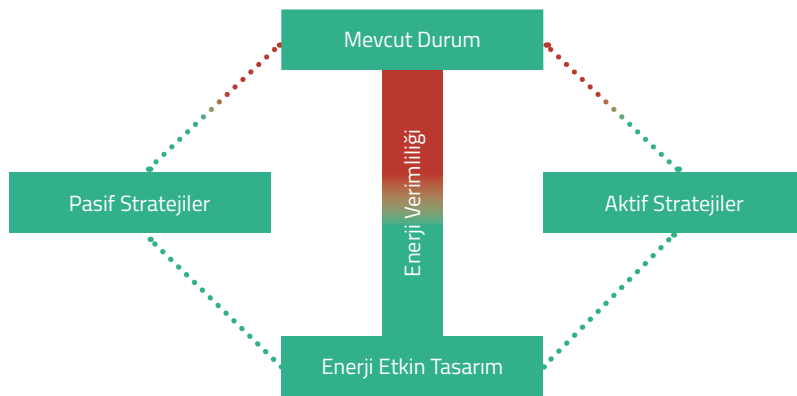
## Bina Kullanım Amacına Göre Uygulanabilecek Enerji Verimliliği Çalışmaları ve İnşaat Süreci

### 7.1 Ortak Uygulamalar

Mevcut binaların tadilat çalışmalarında, teknik ve ekonomik yöntemlerle enerji performansının artırılması, iç mekân kalitesinin sağlanması ve güncel mevzuata uyum (daha önce belirtildiği üzere deprem yönetmeliği, yangın yönetmeliği, engelli ulaşımı vb.) sağlanması hedeflenir. Enerji tüketimi bağlamında bina tadilatı sürecinde uygulanabilecek enerji verimliliği artırıcı stratejileri, pasif ve aktif stratejiler olarak ikiye ayrılabilir.

Pasif stratejiler; doğal havalandırma, doğal aydınlatma gibi olanaklardan (herhangi bir yapay unsur kullanılmadan) yararlanılabilmektedir. Pasif sistemler, genellikle enerji tüketimini azaltmaya yönelik yardımcı sistemlerdir (Detaylı bilgi için 7.1.9. bölüme bakınız).

Aktif stratejiler; benzer amacın elde edilmesi için kullanılan mekanik tesisat sistemleri, elektrik aydınlatma sistemleri, yenilebilir enerji sistemleri vb.'dir. Şekil 7-1'de gösterildiği üzere enerji verimli bina tadilatları için her iki stratejinin optimum düzeyde kullanılması hedeflenmelidir.



Şekil 7-1: Binalarda Enerji Verimliliği Bileşenleri

Bu bölümde, bina tadilatlarına karar verme ve uygulama sürecinde bina teknik sistemlerine ait konular açıklanmıştır. Bu açıklamalar tüm bina tipolojileri ve tüm iklim bölgeleri için genel olarak geçerlidir. Ancak farklı bina tipolojilerinde, her tipolojiye uygun farklı sistemler de bulunabilmektedir. Bu konular 7.2., 7.3., 7.4., 7.5., 7.6. ve 7.7. bölümlerde verilmiştir.

### 7.1.1 Yıkım/Söküm Sırasında Alınacak Önlemler/Tehlikeli Malzemeler (Yakıt Deposu, Asbest Vb.), Moloz Nakliyesi

Yıkım/söküm; ekonomik ömrünü doldurmuş veya doğal afetler sebebiyle farklı düzeylerde hasar almış binaların, mühendislik ölçütleri doğrultusunda belirli araçlar kullanılarak ortadan kaldırılması işlemi olarak tanımlanabilir. Bununla birlikte yıkım/söküm denildiğinde yapıların yıkımı/sökümü öncesinde ve sırasında içindeki yabancı maddelerden güvenli bir şekilde ayıklanması, ayıklanan malzemelerin güvenlik çerçevesinde geçici olarak biriktirilmesi ya da geri kazanımı ile yıkımın/sökümün kontrollü bir şekilde yapılması ve iş yerinden uzaklaştırılması prosesleri de anlaşılmalıdır. Bir yapının yıkım/söküm sebepleri genel olarak aşağıdaki gibidir:

- Binanın ekonomik ömrünü doldurmuş olması.
- Binanın mevcut amacına hizmet edemeyecek şekilde yetersiz kalması.
- Binanın kullanım amaçlarının değişmesi ile istenilen yeni amaca uygun hizmet verememesi.
- Binanın doğal afetlerden (heyelan, hortum, sel, fırtına, deprem vb.) dolayı ciddi biçimde hasar görerek kullanılamayacak hâle gelmesi veya binayı kurtarmak için yapılması gereken onarım maliyetinin yüksek olması.
- Binanın yangın, patlama, terör saldırısı gibi dış etkilere maruz kalması.
- Planlanan tadilatlar esnasında binanın yenilenecek kısımlarının sökülmesi.

Yıkım, söküm sırasında alınacak önlemler ile ilgili detaylı bilgi **Ek-7.1.1 Yıkım, Söküm Kontrol Formu Örnekleri**'nde verilmiştir.

Kazı, inşaat ve yıkım faaliyetlerinden kaynaklanan döküntülerin yönetimine ait teknik konular ve idari prosedürler, "Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği"nde düzenlenmiştir. İhale dosyası bu Yönetmelik dikkate alınarak hazırlanmalıdır.

### 7.1.2 Projelendirme

Planlama, deprem etütleri, enerji etütleri ve diğer çalışmaların sonucunda karar verilecek tadilatların niteliği ve kapsamı, proje ve ihale dokümanları "4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu" hükümlerine uygun olarak hazırlanır. Projeler, yetkili "Serbest Mühendislik ve Müşavirlik Firmalarına (SMM)" yaptırılmalıdır. Yapılan projelerin kontrol sürecinde ilgili kamu kurumlarının (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Millî Savunma Bakanlığı, İller Bankası vb.) ve meslek odalarının (İnşaat Mühendisleri Odası, Makine Mühendisleri Odası, Elektrik Mühendisleri Odası, Çevre Mühendisleri Odası vb.) kontrol listelerinden yararlanılabilir. Hazırlanacak ihale dosyasında asgari aşağıdaki dokümanlar bulunmalıdır:

- a) Arsa bilgileri.
- b) İhtiyaç programına uygun olarak hazırlanan mimari projeler.
- c) Enerji verimliliği uygulama projeleri (yalıtım, mekanik tesisat sistemleri, elektrik tesisat sistemleri, otomasyon tesisatı vb.).
- d) Yenilenebilir enerji sistemlerine ait projeler (varsa).

- e) Yönetmelikler ve mevzuat gereği yapılması gereken işlere ait projeler (deprem güçlendirme, yangın tesisatı, engellilerin erişimi vb.).
  - f) Hesap raporları (statik, mekanik, elektrik, alt yapı vb.).
  - g) Mahâl listeleri.
  - h) Hazırlanan projelere ait yaklaşık maliyetler (metraj, tutarlar ve pursantajlar).
  - i) Teknik şartnameler ve imalat tarifleri.
- İhale dosyası ile ilgili olarak ilave bilgi için **Ek-7.1.2 İhale Dosyası Kontrol Formu Örneği**'ne bakılabilir.

### 7.1.2.1 Statik Yapının İncelenmesi

Binada ilave yangın merdiveni yapılması, yeni asansör yapılması, yeni tesisat sistemleri için ilave shaft yapılması, döşemelerde ve perdelerde delik delinmesi gibi binaya ilave yük getiren ve/veya binanın statik yapısını etkileyen durumlarda, yapının statik incelemesi yapılmalıdır.

Mevcut bir binada, deprem incelemelerinin yapılabilmesi için **Ek-4.1 Betonarme ve Çelik Yapı İnceleme Formu Örneği**'nde belirtilen verilerin toplanması, toplanan bu verilere göre binanın deprem performans analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu analizler sonucuna göre binanın güçlendirme ihtiyacı olup olmadığı tespit edilir ve ihtiyaç olması durumunda ilgili proje ve şartnameler hazırlanır.

Deprem incelemesi sürecinde bina statik yapısında, demirlerde korozyona sebep olabileceğinden su yalıtımı da dikkate alınmalıdır.

### 7.1.2.2 Çevre Düzeni, Peyzaj

Binalarda ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistemlerinin enerji tüketimlerinin azaltılmasında peyzaj tasarımı da etkili olabilmektedir. Eğer doğru analizlerle uygun peyzaj tasarımı yapılırsa bina çevresinde oluşan mikroklima koşulları iyileştirilebilir ve ısıtma/soğutma yüklerinde verimlilik sağlanabilir. Ayrıca ağaçların doğru konumlandırılması ile gün ışığından faydalanma arttırılabilir. Bu çerçevede Tablo 7-1'de örnek bir öneri listesi verilmiştir.

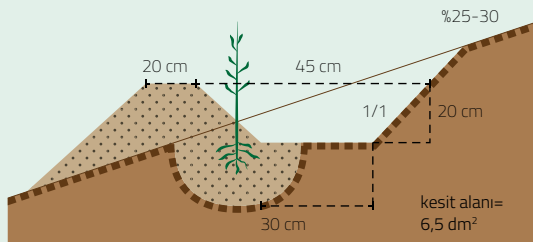


Genel Konular	Öneriler
Çevre Düzeni ve Peyzaj Değerlendirmesi	Peyzaj tasarımı; arazi organizasyonu ile verimli alan kullanımı, iklimlendirme ile konfor kazanımlarının yanı sıra, görsel, psikolojik ve ekolojik kazanım sağlanması gibi konularda önemli etkiye sahiptir. Bu nedenle, mevcut binalarda yenileme çalışmaları yapılırken cephe, çatı ve zemin kaplama malzemelerinin ve mevcut peyzajın performans değerleri dikkate alınmalıdır.
İklim Etkisi	Ilıman bölgelerde bulunan binalarda, yaz aylarında gölge ve buharlaşma ile soğutma sağlanabilmesi amacıyla peyzaj düzenlemesi yapılabilir. Sıcak ve kuru bölgelerde bulunan binalarda, kışın güneşten kazanılan enerji fazlası depolanabilir. Ayrıca, yenilemesi yapılan bina bahçesinin durumu, kendi iklim koşullarına ve oturma mekânları, oyun alanları, tören alanları gibi işlevsel ihtiyaçlara göre değerlendirilerek tasarım prensipleri doğrultusunda, yerine özgü tasarımlarla çözümlenmelidir.
Bina Çevresi Duvar ve Çitler	Bina çevresinde bulunan mevcut duvar ve çit gibi yapay peyzaj öğelerinin durumu değerlendirilebilir ve iklimlendirmeye faydalı olma konusunda işlevsiz kalıyorsa peyzaj tasarımı doğrultusunda yenilenebilir.
Çatılar	Çatı alanlarında “yaşayan çatılar” olarak adlandırılan yeşil çatı sistemleri tercih edilebilir. Yeşil çatılar; “ekstensif” ve “intensif olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilirler. Intensif çatılar: Park gibi düzenlenen çatı bahçeleri olarak nitelendirilebilir. Nispeten daha pahalı bir sistemdir. Yeşil çatılar hem doğal hayatın devamlılığını sağlarlar hem de ısı yalıtımı özellikleri ile ısıtma-soğutma harcamalarını düşürerek enerji verimliliğine katkıda bulunurlar. Yeşil çatıların, ısı yalıtımı özelliklerinin yanı sıra diğer avantajları, ses yalıtımı yapabilmeleri ve yağmur sularını tutabilmeleridir.
Sert Zemin İlişkisi	Peyzaj ile oluşturulan gölge alanlar ile binaların ve sert zeminlerin depolandığı ve yaydığı ısıнын etkisini azaltılarak yansıtma kontrolü sağlanabilir (ısı adası etkisi). Isı adası etkisi, çatılar için de geçerlidir ve mümkün olduğunca açık renkli malzemelerin tercih edilmesi uygun olmaktadır. Yenilenecek sert zemin, bina yapısının temeli vb. sorunlar sebebiyle kırılması mümkün değilse veya kırmadan yenileme yapılmak isteniyorsa var olan zeminin uygun bir malzemeyle kaplanarak veya boyanarak iyileştirilmesi sağlanabilir. Ek olarak bitki dikimi için de yine sert zemin kırılmıyor ise saksı vb. taşınabilir elemanlarla tasarım kararları doğrultusunda peyzaj düzenlemesi yapılabilir. Ayrıca, tören vb. kullanım ihtiyacına yönelik sert zemin durumu değerlendirilmeli ve bu doğrultuda peyzaj tasarımı yapılmalıdır.
Gölgeleme	Özellikle batı ve doğu güneşinden korunmak için bu cephelerde gölgeleme ihtiyacı olacağından, mevcut ağaçların durumu değerlendirilmeli ve yeni ağaç ihtiyacı belirlenmelidir. Tasarım girdisi olarak güneşiği ve gölgeleme simülasyonunun, ilgili programlarla yapılması önerilmektedir.

Yerel Malzeme ve Bitkiler	Peyzaj tasarımında kullanılacak mobilyaların seçiminde, elemanların yeniden kullanılabilen malzemeler olması ya da geri dönüşümlü malzemelerden üretilmesinin, sürdürülebilirliğe katkısı büyüktür. Yağışlı günlerde, yağmur suyu akışının engellenmesi ve toprağın altına alınması için suyu geçirebilen malzemelerin kullanılması da sürdürülebilir peyzaja dair malzeme önlemleri arasında yer alır. Aydınlatma elemanlarında ise ışık kirliliğine neden olmaması için ışığı sadece aşağı doğru yönlendiren armatürler seçilmelidir. Bina yenileme çalışmalarında, peyzaj tasarımında kullanılmak üzere seçilen bitkilerin yerel türlerden tercih edilmesi, bakım, sürdürülebilirlik ve kaynak tüketimi açısından verimli sonuçlar verecektir. Hem bulunabilirlik kolaylığı hem de iklim şartlarına uyum sağlayabilmesi gibi parametreler sebebiyle yerel türler tercih edilebilir. Ayrıca, bitkilerin mekânsal konfora etkisi göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir.
Bakım	Bina tadilatı doğrultusunda peyzaj düzenlemesi ve bakımı konularında, bina personelinin eğitimi ve iş tanımı güncellemesi önemli bir konudur. Peyzaj öğelerinin budama, tamirat vb. periyodik bakımlarının yapılması gibi konuların belirlenerek düzenli takibinin sağlanması gerekmektedir.

**Tablo 7-1:** Mimari ve Peyzaj Değerlendirmesi İçin Öneri Listesi

Tespitler ve Buna Bağlı Olarak Alınabilecek Önlemler
Arazide öncelikle coğrafi ve topografik bir inceleme yapılarak; toprağın geçirgenliği, arazinin eğimi, sulak alanların oranı, yüzey suyu akışı yolları ve yeraltı suyu seviyesi gibi bilgiler derlenmelidir.
Yağış kapasitesi tespit edilmelidir.
Özellikle yamaçlarda, toprağı yüzeyde tutmak ve yağmur suyunun yüzeysel akışa geçmesini önlemek amacıyla arazi yüzeyine teraslar yapılmalıdır. Terasların aralık veya en kesitlerinin hesaplanmasında, azami yağış miktarı, eğim, bitki örtüsü, toprak yapısı gibi unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır. Yağışların yoğun olduğu ancak toprağın geçirimsiz olduğu, %1-5 eğimli bölgelerde, ani sel baskınlarını, toprak erozyonunun ve yağmur sularının yüzey akışına geçmesini önlemek amacıyla eğimli (akıtıcı) teras uygulaması yapılmalıdır. Bu tür teraslar, akışın hızını düşürüp yağış sularını kısa mesafelerde tutarak yamaç dışına akıtmak için kullanılır.



Çevre düzenlemesinde uygun yerlere bahçeler ve yeşil alanlar önerilmelidir.

Otoparklarda, yaya yollarında ve bahçe düzenlemelerinde yağmur suyunun yeraltı suyuyla karışabilmesini sağlamak için geçirgenliği yüksek kaplama sistemleri önerilmektedir.



Sürdürülebilir peyzaj tasarımı yapılırken öncelikle dikkat edilmesi gereken konu, yerel ve uyum sağlamış bitkilerin kullanımıdır. Yerel bitkiler, o bölgede doğal olarak yetişebilen bitkilerdir. Uyum sağlamış bitkiler ise köken olarak farklı bir bölgeden gelse de o bölgenin iklimine uyum sağlayarak yaşayan bitkilerdir. Bu sayede, bölgede yetişen bitki türleri korunmaktadır.

Fazla su gereksinimi olan bitkilerin binalara en yakın bölgelere, yani yağmur suyu iniş boruları ve çatılardan yağmur suyunun aktığı bölgelere dikilmesi tercih edilmelidir.

Aşırı su talebi nedeniyle geniş çim yüzeylerden kaçınılması, yerine yer örtücü türlerin tercih edilmesi gerekir.

Peyzajda kullanılan bitkilerin türüne ve su gereksinim miktarlarına göre; fiske sulama, damlama sulama veya toprak altı sulama sistemlerinden biri tercih edilmeli ancak tüm sistemler, avantaj (suyun kontrolü, zaman kazandırma, su verimliliği sağlama vb.) ve dezavantajlarına (buharlaşma, su yolunun tıkanması, kontrol eksikliği nedeniyle aynı bölgenin sürekli sulanması veya bazı bölgelerin sulanmaması, köklü bitkilerin sisteme zarar vermesi, görünür olmayan sistemlerdeki arızaların geç fark edilmesi, kurulumdaki zorluklar vb.) göre değerlendirilip su etkinliği yüksek olan sulama sistemi seçilmelidir.

Peyzajda iklime uygun, yerel ve az su ihtiyacı olan bitkiler seçilmelidir. Değişik önlemlerle peyzajda su tüketim ihtiyacı azaltılmalıdır.

**Tablo 7-2:** Peyzaj Kapsamında Alınabilecek Önlemlere Örnekler

Mevcut binalardaki peyzaj uygulamaları için **Ek-10 Vaka Örnekleri V-7.1.2.2 Bina Çevresi ve Peyzaj Uygulama Örnekleri** bölümüne bakınız.

### 7.1.3 Malzeme Yönetimi

Binalarda dayanıklılık ve yüksek enerji performansı açısından malzeme yönetimi, önemli unsurlardan biridir. Yapı malzemesinin enerji etkin olabilmesi için kendi yaşam döngüsünü oluşturan her aşamada, enerjiyi az ve verimli kullanması gerekmektedir. Hammaddesinin doğadan elde edilışinden başlayarak üretilmesi, taşınması, kullanılması ve yok edildikleri aşamaya kadar geçen süreçte, enerjiyi etkin kullanan ve sertifikalı yapı malzemelerinin tercih edilmesi, yapılarda sürdürülebilirliği artırmaktadır.

#### 7.1.3.1 Malzeme Seçimi (Yapı Malzemesi Mevzuatı, Yerli/Yerel Malzeme)

Hammaddenin üretim yerine, malzemelerin de inşaat alanına taşınması sırasında ortaya çıkan çevre sorunlarının azaltılması, taşıma için harcanan enerjinin azaltılması, ürünün kayıp vermeden taşınması, kirlетici atıkların oluşumunun engellenmesi için yerel-yakın yerlerde üretilmiş olan ürünlerin ve geleneksel/doğal malzemelerin kullanımı incelenmelidir.

Bu nedenle, tasarım ve proje aşamasında öncelikli olarak yerel malzemelerin seçilmesi önerilir. Buna bağlı olarak yerel ve geleneksel malzemelerin üretimleri sırasında çevreye atık gaz vermemeleri, üretimleri için az enerji kullanılması, kirlenme ve kaynak kullanımı açısından çevreci olması yerel malzeme seçiminin önemini ortaya koymaktadır.

Ayrıca seçilen malzemelerin ekonomik ömürleri sonunda mümkün olduğunca geri dönüştürülebilir-kullanılabilir olmasına dikkat edilmelidir. Kamu binalarında yapılacak enerji verimli tadilat kapsamında yürürlükte olan "Yapı Malzemeleri Yönetmeliğı"ne ve "TSE Standartları"na uygun malzeme seçimi dikkate alınmalıdır (Detaylar için 8.2. bölüme bakınız). "Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik" ve "Yapı Malzemeleri Yönetmeliğı" kapsamında, "Yapı Malzemelerinin Yangına Tepki Sınıflarına, Yapı Elemanlarının Yangına Dayanıklılığına, Çatı ve Çatı Kaplamalarının Dış Yangın Performansına Dair Tebliğ (Mhg/2017/13)"e göre malzeme seçimi yapılmalıdır.

#### 7.1.3.2 Malzeme İçeriğı (Uçucu Organik Malzemeler, Gazlar vb.)

##### Uçucu Organik Bileşikler (VOC) <sup>1</sup>

Bina kullanıcılarının sağlığı açısından, malzemelerin üretimi sırasında zararlı kimyasal işlemin uygulanmamış olması, herhangi bir tehdit içermeyen bileşenlerden oluşan malzemelerin seçilmesi gerekmektedir. Özellikle kompozit ahşapların, boya-ların, yapıştırıcıların üretiminde kullanılan "uçucu organik bileşikler VOC" (benzen, formaldehit, ksilen, tolüen gibi) bina içi hava kalitesinin düşmesine, dolayısıyla çeşitli sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir.

Yapıştırıcılar, dolgu malzemeleri, boyalar, incelticiler vb. nin ortama saldığı gazlarla ilgili örnek referans değerler **Ek-7.1.3.2 Uçucu Bileşenler ve Kirlетiciler Kontrol Formu Örneğı**'nde verilmiştir.

<sup>1</sup> [www3.epa.gov/region1/airquality/voc.html](http://www3.epa.gov/region1/airquality/voc.html)

## Radon Gazı <sup>2</sup>

Genelde insanlar zamanlarının büyük bir kısmını kapalı mekânlarda geçirdikleri için radona maruz kalmaları, önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Radon gazı binalara zemindeki çatlaklar, yapı bağlantı noktaları, duvar çatlakları, tesisat boşlukları, duvar arası boşluklarından girmekte, ayrıca yapı malzemeleri, mutfakta veya ısınma amaçlı kullanılan yakıtlarda radon da bina içi konsantrasyonu artırmaktadır. Binalardaki radon kaynağının büyük bir kısmı, binanın temelindeki toprak ve kayalardır. Radon gazı, toprak boyunca yükselerek binanın altında hapsolmakta ve basınç oluşturmaktadır. Binanın altındaki bu yüksek basınç nedeniyle gazlar yerden ve duvarlardan, özellikle çatlak ve boşluklardan, bina içlerine sızarlar. Topraktaki ve yapı malzemelerindeki radon gazı miktarı, toprak ve yapı malzemelerinin nem oranı ve geçişi (difüzyonu) potansiyeli, toprakla temasta olan binanın yüzey alanı ve yalıtım niteliği, bina zemini, binadaki havalandırma kapasitesi, binalardaki radon konsantrasyonunu etkileyen temel unsurlardır. Bu bağlamda radon ve bozunma ürünlerinin solunması, önemli bir sağlık riski oluşturmaktadır. Solunum sisteminde ortaya çıkan bozunma sonucunda, bronşal epiteldeki radyasyon dozu artmakta, bozunma ürünleri kararlı hâle gelinceye kadar bozunma devam etmekte ve bu sürecin her aşamasında radyasyona maruz kalınmaktadır. Bu ise akciğer dokusunda hasara, dolayısıyla zaman içinde kansere sebep olabilmektedir. Solunum sistemindeki radyasyon dozu solunmuş havadaki radon gazı konsantrasyonuna bağlıdır.

### Radon Gazı Riskinin Azaltılması İçin Alınması Gerekli Tedbirler

- Yapı malzemelerinin radyoaktivite analizleri ve doz değerlendirmeleri yapılarak değerlendirme sonuçları tavsiye edilen radyoaktivite düzeylerinin üzerinde olan malzemeler, bina yapımında kullanılmamalıdır.
- Binaların toprak ile temas eden yüzeyleri ve birleşim yerleri, sızıntıya imkân vermeyecek şekilde izole edilmelidir.
- Binaların duvarlarında, su ve kanalizasyon borularının geçtiği yerlerde bulunan çatlaklar, açıklıklar onarılmalı ve kapatılmalıdır.
- Yerden ve duvarlardan bina içine sızan radon gazı bina dışına kaçamazsa bina içindeki konsantrasyonu artıracaktır. Bu nedenle, kapalı ortamların ve özellikle bodrum katların havalandırılmasına özen gösterilmelidir.

## Asbest <sup>3</sup>

Asbest, yirminci yüzyılın başına kadar çimentoya karıştırılarak ısı yalıtımı malzemesi olarak kullanılmıştır. Ancak insan sağlığına zararlı ve kanserojen olduğu belirlenerek 2010 yılında Türkiye’de kullanımı yasaklanmıştır. Tadilat yapılacak yapılarla ilgili tasarım ve proje aşamasında asbest içerikli malzemelerin bulunup/bulunmadığı ve hangi asbest türleri olduğu belirlenmelidir. Bunun için numune alma işlemleri yapılır, asbest olup/olmadığı laboratuvar analizleri ile anlaşılabilir. Asbestli malzemeye rastlanması durumunda ortamdaki lif sınır değerinin aşılıp/

<sup>2</sup> [www.taek.gov.tr/ogrenci/bolum4\\_02.html](http://www.taek.gov.tr/ogrenci/bolum4_02.html)

<sup>3</sup> [www.hsa.ie/eng/Your\\_Industry/Chemical/Asbestos/](http://www.hsa.ie/eng/Your_Industry/Chemical/Asbestos/)

aşılmadığının belirlenmesi ve inşaat esnasında asbestli malzemelerin tehlikeli atık tesislerine bertarafı gerekir. Tüm bu araştırmalardan sonra önlem alınması gerekirse bunlar ihale dosyasına konulmalıdır. Analiz sonuçlarına göre asbest içerikli malzeme bulunması durumunda "Asbestle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik" tebelirtildiği şekilde asbest söküm uzmanları ve asbestle çalışma konusunda eğitilmiş personel tarafından yapılmalıdır.

### 7.1.3.3 Malzeme Temini/Nakliyesi/Depolaması

Malzeme temininin mümkün olduğu kadar binanın bulunduğu yere yakın bölgelerden yapılması karbondioksit salımının azaltılması ve nakliye maliyeti açısından uygun olur.

Kullanılacak malzemeler; toz, nem, fiziksel darbeler gibi yönlerden üreticilerin önerdiği şartlarda depolanmalıdır. Özellikle okul, hastane, lojman, spor tesisi gibi kamu binalarında tadilat esnasında gelişigüzel malzeme stoklanması hem bina kullanıcıları hem de işçiler açısından, iş güvenliği ve işçi sağlığı açısından büyük risk taşıdığından kaçınılmalıdır. Bu imkânlar yok ise ve/veya yetersiz ise uygun bir alana geçici/kapalı bir konteyner ve/veya depo yapılmalıdır. Tadilat esnasında kullanılacak olan malzemelerin, eğer uygun koşullarda depolama imkânı yok ise inşaat uygulama planına, süresine ve kullanılacak miktara göre malzeme temini uygun olur.

### 7.1.3.4 Tadilattan Çıkan Malzemenin Geri Dönüşümü

İnşaat uygulamaları (yapı malzemesi üretimi, binaların yapım, tadilat, onarım ve yıkım uygulamaları) sonucunda ortaya çıkan beton, metal, ahşap, seramik, plastik, cam gibi yapı malzemeleri/bileşenleri yapısal atık olarak nitelendirilmektedir. Ortaya çıkan katı atıklardan geri dönüştürülebilir olanlar "Katı Atık Yönetimi Yönetmeliği" referans alınarak değerlendirilmelidir. Tablo 7-3'te yapı malzemeleri/bileşenlerinin geri kazanım işlemleri ve kullanım alanları verilmiştir.

Yapı Malzemeleri/ Bileşenleri	Geri Dönüşüm İşlemi	Geri Dönüştürülmüş Ürün
Beton	Kırma, ufalama	Geri dönüştürülmüş agrega (kırmataş) Dolgu malzemesi, düşük dayanımlı beton bileşiminde agrega (grobeton) Yol yapımında altyapı malzemesi Parke taşı, sıva ve peyzaj elemanlarında
Tuğla/kiremit	Harç artıklarının temizlenmesi Kırma, ufalama Yakılarak uçucu küle dönüş- türme	Yeniden kullanılacak tuğla Dolgu malzemesi Tuğla/kiremit üretiminde hammadde
Doğal taş	Kırma, ufalama	Geri dönüştürülmüş agrega Dolgu malzemesi

Mermer	Kırma Toz hâline getirme	Beton ve asfalt uygulamalarında agrega Dolgu malzemesi Asfalt, çimento-beton harcında ve zemin iyileştirmede dolgu katkı malzemesi
Metaller, inşaat demiri vb.	Doğrudan kullanım Eritme	Yeniden kullanılacak metal Yeni metal üretimi
Kâğıt/karton	Temizleme	Geri dönüştürülmüş kâğıt
Plastik esaslı malzeme	Yıkama, kurutma, eritme Kırpma, kesme Kırma, ufalama Toz hâline getirme	Panel, geri dönüştürülmüş plastik Geri dönüştürülmüş agrega Alan drenajı, Asfalt, Sentetik toprak
Cam	Doğrudan kullanım İkinci kalite cam üretimi Öğütme, ezme, eritme	Yeniden kullanılacak cam Geri dönüştürülmüş cam Cam lifli yalıtım malzemesi (cam yünü, cam elyaf) Seramik, yol döşeme bloğu Yol kenarlarındaki yansıtıcı boya üreti- minde
Seramik	Kırma / öğütme	Camlarla birlikte geri dönüştürülerek tezgâh üretiminde Beton ve tuğla üretiminde katkı olarak
Ahşap	Doğrudan kullanım Temizleme/kesme/yeniden boyutlandırma Yüksek su buharı altında şekil verme Rendelenerek lif, talaş ve yonga hâline getirme Yakma	Yeniden kullanılacak ahşap Mobilya ve mutfak elemanları Enerji kaynağı Ahşap kökenli malzemeler Yalıtım levhası, hafif yalıtım ve dolgu malzemesi Kâğıt
Yalıtım malzemeleri	Yıkama, kurutma, öğütme ve ezme Yakma	Yeniden üretilecek yalıtım malzemesi Asfalt yapımında
Kapı/pencere Mutfak ekipmanları	Doğrudan kullanım Temizleme/boyutlandırma	Yeniden kullanım
Elektrik malzemeleri	Doğrudan kullanım, eritme	Yeniden kullanım
Elektrik kabloları	Eritme	Yeniden kullanım

Tablo 7-3: Yapı Malzemeleri/Bileşenlerinin Geri Kazanım İşlemleri ve Kullanım Alanları



## 7.1.4 Bina Kabuğu ve Cephe Düzenlemeleri

### 7.1.4.1 Bina Kabuğu

Bina kabuğu; duvar, çatı, toprakla temaslı yüzeyler, pencereler, kapılar gibi binaların dış ortam ile ilişki kurduğu yüzeyler olup, binalarda konforun sağlanmasında ve enerji verimliliğinde çok önemli rol oynamaktadır. Enerji verimliliği ve konfor açısından bina kabuğu aşağıdaki fonksiyonları yerine getirebilmektedir:

- Gün ışığı (uygun pencerelerle gün ışığın kontrollu olarak içeri alınması vb.).
- Güneş radyasyonundan koruma (güneş kontrollu camlar, içte ve dıştan gölgeleme).
- Isı yalıtım özelliği (opak yüzeylerde ısı yalıtımı, çift camlar, üçlü camlar, çift kabuk cepheler vb.).
- Havalandırma (doğal havalandırma, cepheye güneş hava kolektörü entegrasyonu vb.).
- Gürültü sönümlleme (ısı yalıtımının sönümlleme etkisi, sızdırmaz pencereler vb.).
- Elektrik üretimi (cephelerde güneş elektrik sistemleri kullanımı).
- Bina gövdesinde pasif ısı depolama (yazın gece serbest soğutma yapılarak dışarısının serinliğinin bina kütleğinde depolanması vb.).
- Hava sızdırmazlığı (binaya kontrolsüz hava girişinin önlenmesi).
- Su yalıtımı (bina yapısındaki beton ve çelik malzemenin özelliğini bozan suyun bina içine girmesinin önlenmesi için kabukta su yalıtımı).

Yukarıdaki fonksiyonlar genel olarak dış ve iç iklimsel şartlara bağlıdır. Bu bağlamda buradaki hususların hepsinin bir arada sağlanması beklenemez.

Konut, yurt, lojman gibi binalarda toplam ısıtma ve soğutma yüklerinin belirlenmesinde, bina cepheleri ağırlıktadır. Buna karşın hastane, ofis gibi binalarda; diğer enerji tüketimleri de (havalandırma, proses yükleri) önemli olmaktadır.

Diğer yandan bina dış yüzey alanı, bina kullanım alanına oranı arttıkça, bina dış gövdesinden ısı kayıp ve kazançları artar. Ancak bina tadilatlarında bina dış cephe alanları ile kullanım alanlarına müdahale etmek mümkün değildir. Bu nedenle bina biçiminin etkisi tadilatlarda dikkate alınmayabilir. Sadece cephelerdeki saydam/opak yüzey oranları değiştirilebilir. Örneğin daha fazla gün ışığı almak için pencereler büyütülebilir vb.

Mevcut binalarda ısı kaybı; bina cephesinde, duvar, döşeme, çatı, pencere gibi yüzeylerden gerçekleşmektedir. Binanın mimarisi, konumu, saydam/opak cephe oranları ve kullanılan yapı malzemelerinin özelliklerine göre, ısı yalıtım önerileri ve bu bağlamda da mimari kararlar önem arz etmektedir. Öte yandan tadilat yapılan binalarda mekânsal tasarım sürecinde pasif enerji stratejileri de dikkate alınarak binanın yıllık enerji tüketimi azaltılabilir.

Binalarda kabuk ve cephe uygulamaları için **Ek-10 Vaka Örnekleri V-7.1.4 Bina Kabuğu Uygulama Örnekleri** bölümüne bakınız.

Bina kabuğu aşağıdaki bileşenlerden oluşur:

- a) Opak Yüzeyler
- b) Saydam (şeffaf) Yüzeyler



**a) Opak Yüzeyler**

Bina kabuğunun; duvar, teras, çatı, zemin, kapı gibi saydam olmayan yapı elemanlarıdır. Bina ısı performansının artırılması için eğer mevcutta yoksa opak yüzeylere ısı yalıtımı uygulanmalıdır. Bu elemanların ısı performansı ile ilgili geniş bilgi 7.1.6. bölümde verilmiştir. Ayrıca bu elemanların ısı yalıtım uygulamalarına ilişkin detaylı bilgiye T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı "Isı Yalıtım Uygulama Kılavuzu"ndan ulaşılabılır.

**b) Saydam Yüzeyler**

Bina kabuğunun; pencere, giydirme cephe, çatı ışıklığı gibi saydam olan yapı elemanlarıdır. Saydam yüzeyler aşağıda açıklanmıştır.

**Pencereler**

Binaların enerji performansının arttırılmasında, pencerelerde kullanılan camların ve çerçeve-lerin ısı yalıtım özelliğinin yüksek olması ve ayrıca sıcak iklim bölgelerinde camların gölgeleme özelliği olması gerekir. Camlarda aranan diğer bir özellik de ışık geçirgenliği olup doğal aydınlatma açısından önemlidir. Bina tadilat planlaması sürecinde pencere yerleşimi ile ilgili olarak aşağıdaki ve benzeri hususlar da değerlendirilebilir:

- Deprem güçlendirmesi, gün ışığının yeterince alınamaması, manzara, estetik vb. sebeplerle cephe tadilatı yapılması gerektiğinde, saydam yüzey/opak yüzey oranları analiz edilmelidir.
- Cephe değişiklik kararları ya da mevcut malzemelerin iyileştirilmesi kararları cephenin yönü ve saydam/opak yüzey oranı, ısı kayıp/kazancı hesaplaması dikkate alınarak en uygun çözüm bulunmalıdır.
- Pencereler dikey yerine yatay konumlandığında gün ışığı daha düzenli dağılır.
- Mümkünse, pencereler birden fazla duvara yerleştirilmelidir. Bitişik duvarlardaki pencereler parlamayı azaltmada etkilidir.
- Soğuk iklim bölgelerinde (örneğin 4. iklim bölgesinde) kuzey cephede saydam yüzeyler azaltılabilir.
- Yaz aylarında aşırı güneş ışığına maruz kalan pencereler gölgelendirilmelidir. İdeal olarak yazın pencerelerden daha az, kışın ise maksimum miktarda güneş ışığı alınmalı, mahalle alınan ışık mümkün olduğunca tavandan yansıyarak yayılmalıdır. Güney cephedeki pencerelere konulacak güneş kırıcılar ısı ve ışık kontrolü sağlayabilir. Örneğin, güneş ışığının yansımalarını ortadan kaldırabilir, parlamayı azaltabilir ve mahâldeki ışık düzgünlüğü sağlayabilir.

**Giydirme (Cam) Cepheler**

Giydirme cepheler kısa sürede uygulanabilmeleri, hafifliği, montaj kolaylığı ve uzun ömürlü olmaları nedenleriyle özellikle yüksek binalarda tercih edilen bina cephesi hâline gelmiştir. Ancak binanın mekanik tesisatına getirdiği ilave yükler, enerji maliyetlerine getirdiği artış, kullanıcılarda "hasta bina sendromu" olarak adlandırılan rahatsızlıkların ortaya çıkması, ışık kamaşması, vb. olumsuzlukları da beraberinde getirmiştir.

Giydirme cepheler, yapay aydınlatma amacıyla tüketilen enerjiyi azaltmaktadır. Ancak burada aşırı ısı kazancına dikkat edilmeli, gerekli durumlarda gölgeleme elemanlarından faydalanılmalı ve/veya aşırı ısı kazancını engelleyen camlar kullanılmalıdır.

### Çatı Işıklıkları

Çatı ışıklıkları, binalarda gün ışığından maksimum faydalanmak amacıyla kullanılan saydam yüzeylerdir. Tadilatı yapılacak binalarda, bina cephelerinin saydam yüzeylerinden alınan gün ışığının yetersiz kaldığı durumlarda; galeri boşluğu (atrium), merdiven boşluğu, koridor, spor salonu gibi mahâllerin çatısının tamamı veya bir bölümü, yapının statik durumu dikkate alınmak suretiyle saydam yüzeylerden oluşturulabilir.

Çatı ışıklıklarında aşağıdakilerin sağlanması gerekir;

- Darbe dayanımı (örneğin temperli veya lamine cam kullanılması veya cam alanların doğramalarla küçük alanlara bölünmesi),
- Kar yükü dayanımı (örneğin Erzurum gibi fazla kar yağan yerlerde bu durum önemlidir),
- Yüksek performanslı ısı yalıtımı özelliği,
- Su sızdırmazlığı,
- Yoğuşmanın önlenmesi (soğuk iklimler için önemlidir),
- Güneş ışıınının (radyasyon) doğrudan insanlara ulaşmasının engellenmesi (Özellikle sıcak iklim bölgelerinde güneşin ulaştığı mahallerde sıcaklık artışı ve parlama problemleri oluşabilmektedir, bu nedenle gölgeleme yapılması/gölgeleme özellikli camlar kullanılması gerekmektedir.).

Çatı ışıklıkları düz, eğimli, bombeli, tek veya çift yönlü testere dişi şeklinde olabilmektedir. Ayrıca bir bölümü açılır yapılarak, duman tahliyesi ve doğal havalandırma için kullanılabilir. Otomatik açma kapama duman sensörü, sıcaklık sensörü, iç hava kalitesi sensörü (CO<sub>2</sub> sensörü) ve bunların bağlı olduğu kontrol panelleri kullanılarak yapılabilmektedir.

Şekil 7-2'de çatı ışıklığı örnekleri verilmiştir.



a) Dar açılı ve yatay açıklığı geniş olan bir çatı ışıklığı

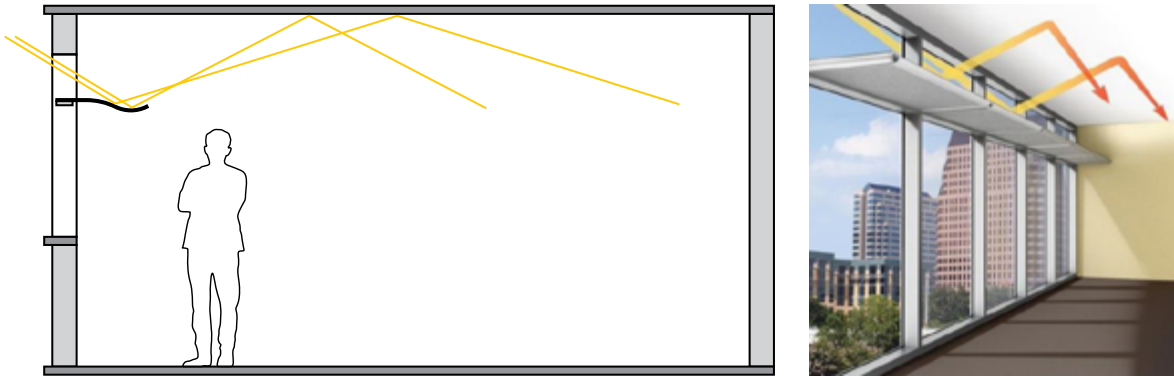


b) Geniş yatay ve dikey açıklığa sahip çatı ışıklığı

Şekil 7-2: Çatı Işıklığı Örnekleri

### Işık Rafları

Işık rafları; ofis, derslik gibi mahâllerde günışığını tavana yönlendirerek ışığın doğrudan girmesini engellemek amacıyla tasarlanan, pencerenin iç veya dış yüzeyinde bulunan yatay veya yataya yakın elemanlardır. Cepheyle bütünlemiş bir eleman olabileceği gibi sonradan monte edilen bir eleman da olabilir. Işık rafı genellikle pencerelerin üst kısımlarına yakın yerleştirilir (Bakınız Şekil 7-3). Pencerenin alt kısmı dış görünüş sağlarken, üst pencere alanı ışığın içeri alınmasına hizmet eder. Işık rafları mahâlde pencereye yakın bölgeyi güneş ışığından korurken, yansımış ışık tavanı aydınlatmaktadır. Kışın ışık rafının altında ve üstünde kalan pencere bölümlerinden mahâlde güneş ışığı girebilmektedir.



Şekil 7-3: Işık Rafları Örnekleri<sup>5</sup>

### Cam türleri ve ışık geçirgenlikleri:

Camların ısı performansı ve ışık geçirgenliği temel seçim kriterleridir. Burada bütçe imkanları, piyasada bulunabilirlik, dayanıklılık gibi faktörler de dikkate alınarak uygun cam/pencere sistemi seçilebilir. Yüksek performanslı binalar için, dış iklimsel şartlara bağlı olarak ısı geçirgenlik katsayısı ve gölgeleme katsayısı uygun camların kullanılması önerilir. Isıl geçirgenliğe etki eden temel parametreler; Low-E kaplama (cam yüzeyinin ısıyı yansıtabilme kabiliyetidir, dış camın iç yüzeyine metal veya metal oksit tabaka kaplanarak yapılır), ikili/üçlü cam, camlar arasındaki mesafe (12mm, 16 mm), camlar arasındaki gaz (hava, argon), iklime uygun gölgeleme katsayısı (cama eklenen katkı veya film kaplaması ile) şeklindedir. Camların ısı özelliklerine ilişkin ilave bilgi için bölüm 7.1.6'ya bakınız.

Camlarda istenen önemli özelliklerden birisi de dayanıklılıktır. Çoğu uygulamalar için standart tavanmış camlar yeterli olmaktadır. Buna karşın özellikle yüksek binalarda ve giydirme cephelelerde temperli camlar kullanılır (Bu camlar tavanmış camlara göre 4-5 kat daha mukavemet sağlar). Kırıldığında insana zarar verme riski olan yerlerde lamine camlar kullanılır (Lamine camlar iki veya daha fazla plaka camın, polivinilbutral (PVB) denilen özel bir tabaka yardımıyla, ısı ve basınç altında preslenmesinden oluşan cam çeşididir, camın kırılması durumunda dağılmaz, ayrıca gürültü azaltımı da sağlar). Bunun yanında ek olarak, cam filmi ile güçlendirmek de mümkündür.

<sup>5</sup> <https://efficiencymatrix.com/the-evolution-of-heating-the-home/>

#### 7.1.4.2 Bina Cephelerinde Gölgeleme

Binanın saydam cephesindeki ısı kazanımlarını azaltmak için gölgelemeden faydalanılır. Özellikle güneş enerjisinin fazla olduğu 1. ve 2. iklim bölgelerinde bina tadilatlarında, gölgelelendirmeye öncelik verilmesi uygun olur, büyük yüzeyli camlara sahip binalarda güneş ısı kazançlarının azaltılması için gölgeleme yapılması gerekmektedir, çünkü güneş radyasyonunun iç mahâllere gereğinden fazla ulaşması;

a) Isı kazançlarını artırması,

b) Parlama,

c) Konforun bozulması,

gibi olumsuzluklara sebep olur.

Bina cephesindeki ısı kazanımları;

a) Isı ve ışık kontrollü camlar seçerek,

b) Dış gölgeleme elemanları kullanarak,

c) İç gölgeleme elemanları kullanarak,

sağlanabilir.

Enerji modellemesi ile güneş kırıcı gibi gölgeleme elemanlarının parlama kontrolüne, ısıtma/soğutma yüklerine etkisi analiz edilebilir. Gölgeleme yalnızca enerji verimliliği adına değil, aynı zamanda da mekânsal konfor adına da yapılmalıdır.

**Dış gölgeleme:** Eğer binaya dış gölgeleme eklenebilirse gölgeleme elemanının yapısına göre ısı kazançları belli bir faktör kadar azalacaktır. Açık çıkmalar, güneş kırıcılar dış gölgeleme elemanlarına örnek olarak gösterilebilir. Dış gölgeleme elemanlarının malzeme seçiminde binanın mimarisiyle uyumu dikkate alınmalıdır. Gölgeleme elemanının yönüne, büyüklüğüne, uygulama açısına binanın konumuna göre karar verilmelidir. Dış gölgeleme elemanları örnekleri aşağıda Şekil 7-4'te gösterilmektedir.



Şekil 7-4: Uygulanmış Dıştan Gölgeleme Elemanları Örnekleri

Ayrıca ağaçlar, çalılar ve sarmaşıklar gibi bitkilendirme çalışmalarıyla da dış gölgeleme etkileri sağlanabilmektedir. Yazın ve kışın bitkilerin gölgeleme etkisi farklı iklimlere göre farklı olacağından, bitkilerin seçimi peyzaj mimarları tarafından yapılmalıdır. Örneğin, yaprak döken bitkiler yalnızca yazın gölgelelendirmeye katkıda bulunurken yaprak dökmeyen bitkiler yıl boyunca gölgelelendirmede etkili olabilir.

**İç gölgelendirme:** Maliyeti genel olarak dış gölgelemeden daha uygun olsa da parlama ve ısı kazancı problemlerini bina cephesinde, yani iç mekâna girmeden çözmek hem mekânsal konfor açısından hem de enerji verimliliği açısından daha doğrudur. Bu nedenle iç gölgeleme ikincil olarak tercih edilmektedir. Dış gölgelendirmenin yapılamadığı ya da yetersiz kaldığı durumlarda iç gölgeleme elemanlarının kullanımı işletmede konfor, parlamanın önlenmesi ve güneş radyasyonunun insanlara ulaşmasının engellenmesi bakımından faydalıdır. İç gölgeleme elemanlarına jaluzi ve perdeleri örnek olarak gösterebiliriz (bakınız Şekil 7-5.).



Şekil 7-5: Uygulanmış içten Gölgeleme Elemanları Örnekleri

#### 7.1.4.3 Bina Cepheğinde Cam/Duvar Alanı Oranları

Binalarda ısı konforu, gün ışığını ve enerji tüketimini etkileyen unsurlardan birisi de cephe-lerdeki saydam yüzey/opak yüzey (window/wall ratio – WWR) oranıdır. Bu oran binanın ısı performansını, binaya alınan doğal ışığı, gölgeleme ve manzara gibi hususları etkilemektedir. Eğer tadilat sırasında pencereler değişecek ise yeni durum için uygun pencere oranları yeniden değerlendirilmelidir. Cephe-lerde duvar alanları fazla olursa ısı kaybı ve kazancı azalır. Buna karşın gün ışığı, aydınlık seviyesi ve manzara olanakları bozulur. Bu nedenle mevcut kısıtlar da dikkate alınarak ve gerekirse enerji modellemesi ve gün ışığı modellemesi de yapılarak uygun saydam/opak yüzey oranları belirlenmelidir. ASHRAE 90.1 -2019 Standardında bu oranın %40 civarında olması tavsiye edilmektedir<sup>6</sup>. Bu bağlamda aşağıdaki hususlara da dikkat edilmelidir.

- Soğuk iklim bölgelerinde saydam yüzey alanının azaltılması (özellikle kuzey cephe-lerde) uygun olur.
- Ilıman iklim bölgelerinde gün ışığı ve manzara için saydam alanlar artırılabilir.
- Sıcak iklim bölgelerinde özellikle güney cephe- de saydam alanların azaltılması ve/veya dıştan gölgelendirme yapılması uygun olur.

<sup>6</sup> ASHRAE Standard 90.1, 2019, "Energy Standard for Buildings Except Low Rise Buildings.

**Örnek 7.1.4.3:**

Saydam yüzey tasarımında iklim bölgesine göre dikkat edilmesi gereken parametreler<sup>7</sup>

İklim bölgele-ri-pilot şehirler:	Saydam yüzey tasarımında dikkat edilmesi gereken parametreler:
Ilımlı-kuru (Ankara)	Görsel, iklimsel ve işitsel konfor açılarından optimize edilmiş, ısıtmanın istendiği dönemdeki rüzgarı almayacak şekilde yönlendirilmiş ve gerekli yönlerde güneş kontrolüne sahip saydam yüzey tasarımı
Sıcak-nemli (Antalya)	Görsel, iklimsel ve işitsel konfor açılarından optimize edilmiş, hakim rüzgar doğrultusunda yönlendirilmiş ve hava hareketlerine izin verecek şekilde tasarlanmış, gerekli yönlerde gölgeleme amaçlı güneş kontrolüne sahip saydam yüzey tasarımı
Sıcak-kuru (Diyarbakır)	Görsel, iklimsel ve işitsel konfor açılarından optimize edilmiş, dış cephe için daha küçük, iç avlu yönünde daha büyük açıklıklara sahip ve gerekli yönlerde gölgeleme amaçlı güneş kontrol elemanlarına sahip saydam yüzey tasarımı
Soğuk (Erzurum)	Görsel, iklimsel ve işitsel konfor açılarından optimize edilmiş, rüzgara az yüzey veren cephelere yönlendirilmiş, dış cephe için küçük açıklıklara sahip ve gerekli yönlerde gölgeleme amaçlı güneş kontrol elemanlarına sahip saydam yüzey tasarımı
Ilımlı- nemli (İstanbul)	Görsel, iklimsel ve işitsel konfor açılarından optimize edilmiş, ısıtmanın istenmediği dönemdeki rüzgara doğru yönlendirilmiş ve gerekli yönlerde güneş kontrolüne sahip saydam yüzey tasarımı

#### 7.1.4.4 Bina Cephelerinde Hava Sızdırmazlığı

Sızıntı, dış alandaki havanın bina cephe elemanlarından, (kapı ve pencere kenarlarındaki boşluklardan, pencerelerin açılan kanatlarından, duvarlardaki çatlaklardan vb.) bina içine kontrolsüz girişi olarak tanımlanabilir. Sızıntı miktarı; cephelerin tasarımına, inşaat kalitesine, iç ve dış ortamlar arasındaki sıcaklık ve basınç farklılıklarına bağlıdır. Sızdırmanın azaltılması için bina cephesinin mümkün olduğunca sızdırmaz olması (ısı yalıtımı yapılması, buhar bariyeri kullanılması, ısı köprülerinin azaltılması vb.), bina girişine döner kapı yapılması (bu olamıyor ise rüzgârlıklı çift kayar kapı yapılması), hava perdeleri uygulanması veya içerideki basıncın dışarıdan daha fazla olması gibi önlemler alınabilir. Tablo 7-4.'te binaların tipik hava sızdırma değerleri verilmiştir.

<sup>7</sup> ETKB-ÇŞB 2016, "Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı – Bina Performansına Yönelik Öncelik ve Hedefler", Ankara.



Koşul	Kışın Saatlik Ortalama Hava Değişimi (ACH)
TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı'na Uygun Binalar	0,8
Sızdırmazlığı Düşük Binalar	0,2 – 0,6
Orta Sızdırmaz Binalar	0,6 – 1,0
Geçirgen Binalar (Sızdırması Yüksek Binalar)	>1,0

**Tablo 7-4:** Binaların Tipik Hava Sızma Değerleri

Bina inşaatı sürecinde cephe sızdırmazlığını kontrol etmek için numune odalar yaparak “sızdırmazlık-blower door” testleri yapmak, en uygun yoldur. Numune odada bina yapı elemanlarının temsil edecek pencere, iç kapı, dış kapı gibi elemanların da bulunması; kablo, kanal, boru vb. geçişlerin sıkı biçimde kapatılması gerekir. Bu testlerden elde edilecek verilerden cephe sızdırmazlığının proje değerlerinde olması sağlandıktan sonra, inşaatı devam edilmelidir. Bu testi yapma imkânı yok ise özellikle kapı ve pencerelerin duvarlara oturduğu yerlerde yalıtım detayları ve sızdırmazlık detayları projelere konulmalıdır.

- Yüksek ısı performanslı camlar kullanılmalıdır (yüksek ısı yalıtım özelliği, güneş ışığı geçirgenliği, düşük güneş radyasyon ısı kazancı katsayısı vb.).
- Büyük pencereli ve güneş ışınımı fazla olan binalarda soğutma yüklerini düşürmek için mimari grup ile mümkün olduğunca dış gölgeleme elemanları kullanımı değerlendirilmelidir.
- Sıcak iklim (1. derece) bölgelerinde ofisler, derslikler kuzey cepheye yerleştirilebilir.
- Termal kamera çekimleri ile bina cepheleri zaman zaman kontrol edilmelidir.
- Sıcak iklimlerde duvar ve çatılarda açık renk boyalar kullanılmalıdır.
- Pencere sızdırmazlıkları sağlanmalı, ısı yalıtım eksiklik ve bozuklukları giderilmelidir.
- Şaft, baca ve diğer hava girişlerindeki olası açıklıklar kapatılmalıdır.
- Opak yüzeylerde binanın bulunduğu iklime uygun kalınlıkta ısı yalıtımı yapılmalıdır (7.1.6. bölümüne bakınız).
- Nemin duvarlardan çıkışı için dış katmanda bir drenaj planı hazırlanmalıdır.
- Bina cepheleri opak iç yüzeylerinde mümkünse ısı kütlesi oluşturacak yapı elemanları kullanılmalıdır (örneğin beton, dolu tuğla).
- Konfor ve enerji verimliliği için hava sızdırmazlık bariyeri oluşturulmalıdır (Bu bağlamda mekânların havalandırılması ayrıca ele alınmalıdır).
- Hava bariyerleri binanın duvarlarını, bina temelini ve çatıyı kapsamalıdır.
- Eğer pencereler yenilenmeyecekse özellikle güney ve batı cephelerdekilere güneş kontrolü için film kaplanabilir, ayrıca sızdırmazlık için fitiller değiştirilebilir.

- n) Bina ısı yalıtımında ve pencere yenilemelerinde (özellikle pencere kör kasa kenarlarında) hava ve su sızdırmalığı için gerekli önlemler alınmalıdır.
- o) Bina cephelerinin ısı yalıtımı ve ısı performans, ısıtmada su sıcaklık rejiminin düşürülmesi ve soğutmada yükseltilmesi açısından önemlidir. Örneğin yalıtımı zayıf bir binada dönüş suyu sıcaklığı 50°C altına düşürülemeyebilir. Buna karşın iyi ısı yalıtımı yapılmış aynı binada 30°C'ye düşürülebilir. Böylece (iyi bir cephe ısı yalıtımı ile) kazanlarda yoğunlaşmadan, güneş ısı enerjisinden, ısı pompalarından, jeotermal kaynaklardan daha kolay yararlanılır.
- p) Binanın sızdırmazlığı mümkünse "sızdırmazlık- (Blower Door)" testi ile doğrulanmalıdır. Sızdırmazlığı azaltılan binalarda, iç hava kalitesi için havalandırma yapılmalıdır. Bunun için tadilat bütçesine ölçüm bedeli konulması, bir adet tipik pencere ve kapıları olan bir odada bu testin yapılacağı ihale belgelerine yazılabilir.
- q) 1. ve 2. iklim bölgelerinde güneye ve batıya bakan ofisler, derslikler vb. de dış gölgeleme elemanları kullanımı uygun olur. Ayrıca mimari olanak varsa insanların yoğun olarak bulunduğu mahaller daha çok kuzey ve doğu cephelere yerleştirilebilir.
- r) 4. iklim bölgesinde saydam yüzeylerin azaltılması (özellikle kuzey cephede) uygun olur. Bu iklim bölgelerinde binanın mimari yapısı uygun ise cephelere güneş hava kollektörleri (solar duvar) entegre edilebilir, üçlü camlar yapılabilir, çift cam cepheler yapılabilir
- s) Opak yüzeylerin ısı yalıtımında estetik kaygılar varsa, fuga, söve gibi cepheye hareket getiren elemanlar kullanılabilir (enerji verimliliği ile ilgili değildir).
- t) Cam cephe alanlarının fazla olan binalarda (özellikle 1. ve 2. iklim bölgelerinde) sera etkisi ile aşırı ısınmanın (soğutma yüklerinin artması) önlenmesi için gölgeleme, açılabilir çatı pencereleri, çapraz havalandırma gibi iyileştirmeler yapılabilir.
- u) Bina cephelerinde doğal havalandırma, serbest soğutma sistemleri ve olanakları entegre edilebilir.
- v) Soğuk iklim bölgelerinde bina cephelerinde trombe duvarı, güneş hava kollektörleri, sera gibi pasif ısıtma sistemleri kullanılabilir.

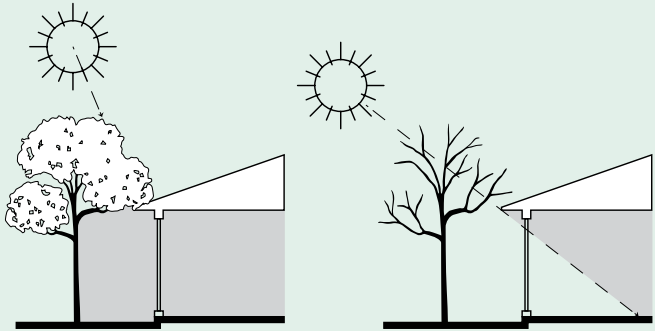
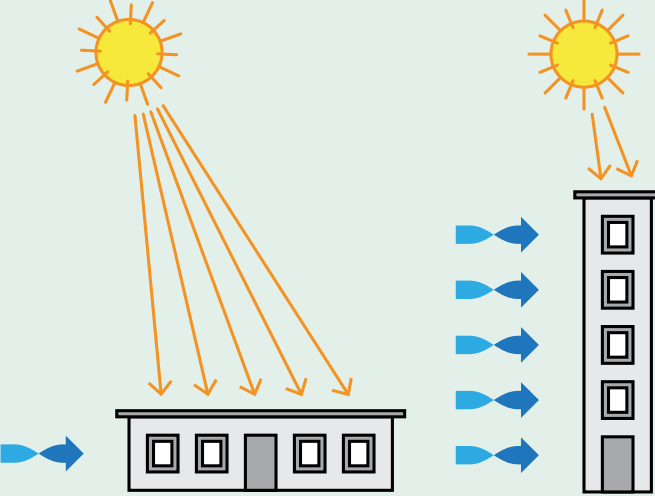
### 7.1.5 Çevre ile Uyum

Bir binanın temel işlevleri, kapalı mekân aktiviteleri üzerine kurulmaktadır. Bu nedenle bir kapalı mekânın birincil işlevi, insanları dış hava koşullarından korumak ve dış çevrenin iç mekân koşulları üzerindeki etkisini istenen düzeyde tutmaktır<sup>8</sup>. Yani iç mekân kalitesini sağlayabilmektir. İç konfor koşullarını dış çevre koşullarının üzerine çıkarmak üzere kapalı alanlar ve çevresel sistemler tasarlarken tasarımcının genel stratejisi, aşamalı ve ardışık bir düzen içinde, önce bölgenin iklim koşullarına göre olası tüm stratejileri tanımlamak, sonra da bunları binayı yeniden düzenlerken iyi şekilde değerlendirmektir.

<sup>8</sup> Yeang, K., 2012, "Ekotasarım Ekolojik Tasarım Rehberi (Çev. D. Eryıldız, S. Eryıldız). İstanbul: YEM Yayınları.



Herhangi bir tasarım stratejisini uygulamaya geçmeden önce, en iyi şekilde bina cephesini, planını yapılandırma ve bölge iklimiyle bağlantılı olarak iç konfor koşulları geliştirilmiş düşük enerjili sistem tasarlama adımlarının atılması gerekir<sup>9</sup>. Tablo 7-5'te, sıcaklık, nem ve rüzgâr girdileri bilgilendirme ve önerilerle verilmiştir.

Tasarım Stratejileri		
Yerel İklim	Yıl boyunca güneş açısı ve güneşlenme, rüzgâr hızı ve yönü, hava sıcaklığı ve nemlilik	 <p>Tadilat yapılan binalarda enerji etkin tasarım kararları, yerel iklim koşullarına ve buna bağlı analizlere dayandırılmalıdır.</p>
Bina En Boy Oranı	Bina eninin boyuna oranı	 <p>En-boy oranı güneş ışınlarının etkilediği yüzey açısından önemlidir. Yatay bir bina, güneş ışınlarından daha fazla etkilendirilirken, dikey bir bina, aynı derecede etkilenmez. Yukarıdaki şekilde, bu durum açıklanmaktadır. Bir binaya enerji verimli tadilat tasarımı yapmadan önce bu husus gözden geçirilmelidir. Örneğin, enerji verimliliği adına yeşil çatı yapılması ön görülen bir binanın yatay ya da dikey olması, çatı yüzeyi ve doğrudan alınan güneş ışınları oranı nedeniyle önemlidir. Yatay bir binada yeşil çatı daha çok enerji verimliliği sağlayabilir.</p>

<sup>9</sup> Yeang, K., 2012, "Ekotasarım Ekolojik Tasarım Rehberi (Çev. D. Eryıldız, S. Eryıldız). İstanbul: YEM Yayınları.

Bina Kütlesi	Maddelerin enerji depolama potansiyeli, pencere düzeni, renk	Detaylı bilgi ve önerileri 7.1.9. Bölüm’de verilmiştir.
Bina Kullanımı	Doluluk durumu ve kullanım profili	Simülasyon/hesaplama programlarında karşılaştırılabilir sonuçlar üretmek için bina kullanıcı sayısı, kullanım saatleri, doluluk oranı gibi parametreler kullanılmaktadır. Bu nedenle, tadilat yapılan binalarda enerji verimli bir çalışma öncesinde bina kullanımı bilgilerinin ve analizlerinin elde edilmesi önerilmektedir. Bu bağlamda Ek-4.5’teki kontrol formları kullanılabilir.
Güneşiği ile Aydınlatma Stratejisi	Pencere düzeni, güneşiği ile aydınlatma gereçleri	Saydam/opak yüzey oranları, cam özellikleri, dış gölgelemeler, güneşiği, çatı ışıklıkları, ışık tüpleri vb. dikkate alınmalıdır. Detaylı bilgi ve önerileri 7.1.17. Bölüm’de verilmiştir.
Bina Cepheleri	Geometri, yalıtım, havalandırma, gölgeleme, termal kütle, renk	Mevcut binalarda enerji kaybını oluşturan önemli unsurlar olarak ısı kaybı/ısı kazancı; bina cephelerinde duvar, döşeme, çatı, pencere gibi elemanlardan ve ısı köprülerinden gerçekleşmektedir. Bu nedenle, mevcut binanın mimarisi, saydam/opak yüzey oranları ve kullanılan yapı malzemelerinin özelliklerine göre bu girdilere dayanarak ısı yalıtım önerileri ve bu kapsamda da mimari kararlar önem arz etmektedir. Dolayısıyla tadilat yapılan binalarda bu gibi faktörlerin analizleri de yapılmalı ve sonraki süreçte bu stratejiler tasarımcı danışmanlığında enerji verimliliğine uygun hâle getirilmelidir. Detaylı bilgi ve öneriler 7.1.4’üncü bölümde verilmiştir.
İç Yükler	Aydınlatma, donanım, âletler, insanlar	Aydınlatma sistemi, bilgisayarlar, kullanıcılardan kaynaklanan ısı yükleri vb. olup, daha detaylı bilgi 5. bölümde verilmiştir.
Havalandırma Stratejisi	Çapraz havalandırma potansiyeli, doğal havalandırma yolları, baca etki potansiyeli.	Mümkün olduğunca doğal havalandırma yapılması önerilmektedir. Detaylı bilgi ve önerileri 7.1.7. bölümde verilmiştir.

**Tablo 7-5:** Tasarım Stratejileri Faktörleri

Daha önce de belirtildiği üzere pasif mimari tasarım önlemleri; ısı yüklerinin ve böylece yıllık enerji tüketiminin azalmasına yardımcı olurlar ancak tüm yıl boyunca binadaki konforu garanti edemezler. Bu nedenle tüm yıl boyunca iç mekân kalitesinin garanti edilmesinin yolu, aktif sistemler kullanmaktır. Bunlar; ısıtma/soğutma sistemleri, havalandırma sistemleri, aydınlatma sistemleri ve diğer sistemlerdir.

Tadilat esnasında çevre ile uyum konusunda dikkat edilmesi gereken diğer hususlar aşağıda sıralanmıştır:

- İnşaat gürültüsü ve görüntü kirliliği ile ilgili önlemler alınmalıdır.
- Özellikle malzeme giriş/çıkışlarında, şantiyede araçların tekerleklerinin çevreyi kirletmesine müsaade edilmemeli, şantiyede tekerleri yıkanarak yola çıkartılmalıdır.
- Varsa hafriyat kamyonlarının üzerinin branda ile örtülmesine dikkat edilmelidir.
- Tadilat kapsamında ek bir bina yapılacak ise onun diğer binalara etkisi incelenmelidir (güneş, gölge, ışık, rüzgâr, görüntü-manzara kirliliği vb.).
- Tadilat esnasında varsa ağaçlandırma, doğal bitki, tarım arazisi, sulak alan vb. yerlere inşaat-tadilat yapılmamasına dikkat edilmeli, buralara zarar verici hafriyat dökülmemelidir.
- Üzerinde tesisat olmayan yürünebilir çatılar yeşil çatı olarak düzenlenerek hem enerji verimliliği hem de görsellik açısından çevre ile uyum sağlanabilir.

#### Çevre ile Uyum Öneri Listesi

- a) Yerel malzeme kullanımı, bina çevresinin ağaçlandırılması dikkate alınmalıdır.
- b) Çevreye zararlı "uçucu organik bileşenler (VOC)" gibi kimyasallar içeren ürünlerin kullanımından kaçınılmalıdır. Uygulamada sertifika aranmalıdır.
- c) Ozon tabakasına zarar veren "kloroflorkarbon (CFCs)" ve "hidroflorkarbon (HCFCs)" tabanlı soğutucu gazlı soğutma sistemleri mümkünse kullanılmamalıdır.
- d) Suyu ve diğer doğal kaynakları kirleten taş ocağı ürünleri, büyümesi uzun zaman alan ağaç ürünleri gibi malzemelerin kullanımından kaçınılmalıdır.
- e) İnşaat sürecinde atık yönetimi ve saha koruma planları oluşturulmalıdır.
- f) Bina tadilatları sebebiyle zarar görmüş doğal kaynaklar onarılmalıdır.
- g) Otoparklarda servis, toplu taşıma, engelli park yeri ve elektrikli araçlar için özel yerler ayrılmalıdır.
- h) Bisiklet kullanımının özendirilmesi için bisiklet park yeri ayrılması (mümkünse) değerlendirilmelidir.
- i) Yazın güneş ısı kazançlarının azaltılması için özellikle sıcak iklimlerde ve/veya büyük camlara sahip binalarda gölgeleme yapılmalıdır.
- j) Tadilat sırasında eğer gerekiyorsa arazideki ağaçlar kesilmeden, başka bir alana dikilmek üzere itinalı bir şekilde sökülmalıdır.

### 7.1.6 Yalıtım (Isı, Ses, Su, Yangın)

Binalarda konforun sağlanması ve enerji verimliliğinde yalıtım çok önemli rol oynamaktadır. Yalıtım konusu aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Binanın ısı kayıplarının ve ısı kazançlarının azaltılmasında bina cephelerinde (çatılar, duvarlar, zeminler, ısıtılmayan mahallere bakan yerler vb.) ısı yalıtımı,
- Binaların su ve nem gibi etkilerden korunması için su ve nem yalıtımı,
- Bina dışından ve tesisat sistemlerinden yayılan gürültü etkilerini azaltmak için akustik yalıtım,
- Binada yangın dayanımının sağlanması için yangına dayanıklı malzeme kullanımı ve yangına karşı yalıtım,
- Binaya kontrolsüz hava girişini azaltmak için sızdırmazlık yalıtımı yapılması.

Tablo 7-6'da bina cephelerinde ve tesisat sistemlerinde yalıtımın etkileri özetlenmiştir.

Yalıtımın Uygulandığı Yer	Sağlık	Enerji Tüketiminin Azaltılması	Gürültünün Azaltılması	Su Sızdırmazlığı Sağlanması	Yangın Riskinin Azaltılması	Hava Sızdırmazlığının Artırılması	Yoğuşmanın Önlenmesi
Duvarlar	■	■	■	■	■	■	■
Zemine Oturan Döşemeler	■	■		■	■		■
Kat Arası Döşemeler	■		■	■	■	■	
Çatılar	■	■	■	■	■	■	■
Pencereler ve Kapılar	■	■	■	■	■	■	■
Mekanik Tesisat ve Havalandırma Sistemleri	■	■	■		■		■
Jeneratörler, Kojenerasyon Üniteleri	■	■	■		■		

Tablo 7-6: Binalarda Yalıtımın Etkileri

Tabloda görüldüğü üzere bina cephelerinde yalıtım yapılması ısıtma ve soğutma ihtiyacını, işletme maliyetlerini, CO<sub>2</sub> salımını ve gürültüyü azaltır.

Binalarda ısı yalıtımı uygulamaları için **Ek-10 Vaka Örnekleri V-7.1.6 Binalarda Isı Yalıtımı İnceleme ve Uygulama Örnekleri** bölümüne bakınız.

### A-Isı Yalıtımı

Binalarda ısı yalıtımı;

- Bina kabuğunda,
- Isıtma, soğutma ve havalandırma tesisat sistemlerinde, yapılır.

#### Bina Kabuğunda Isı Yalıtımı

Isı yalıtımında binanın bulunduğu iklim bölgesine ve binanın kabuğunda kullanılan yapı malzemesine (betonarme, cam, taş vb.), bağlı olarak uygulama detaylarında farklılıklar olabilir. Tablo 7-7'de örnek üç farklı bina kabuğu için ısıl geçirgenlik katsayıları ve bunlara karşılık gelen ısı yalıtım kalınlıkları verilmiştir.

Yalıtım Durumu	Yapı Elemanı	1. İklim Bölgesi		2. İklim Bölgesi		3. İklim Bölgesi		4. İklim Bölgesi	
		Yalıtım Kalınlığı (mm)	U değeri (W/m <sup>2</sup> K)	Yalıtım Kalınlığı (mm)	U değeri (W/m <sup>2</sup> K)	Yalıtım Kalınlığı (mm)	U değeri (W/m <sup>2</sup> K)	Yalıtım Kalınlığı (mm)	U değeri (W/m <sup>2</sup> K)
Yalıtımsız Durum	Duvarlar	0	1,35	0	1,35	0	1,35	0	1,35
	Tavanlar	0	3,46	0	3,46	0	3,46	0	3,46
	Döşemeler	0	4,00	0	4,00	0	4,00	0	4,00
	Camlar (SC=0,6)	-	2,40	-	2,40	-	2,40	-	2,40
TS825'e Uygun U Değerleri Durumu	Duvarlar	30	0,7	40	0,6	50	0,5	65	0,4
	Tavanlar	70	0,45	75	0,4	100	0,3	130	0,25
	Döşemeler	40	0,7	50	0,6	70	0,45	80	0,4
	Camlar (SC=0,6)	-	2,4	-	2,4	-	2,4	-	2,4

Yüksek Performans U Değeri Durumu (TS825'in yarısı)	Duvarlar	75	0,35	100	0,3	120	0,25	150	0,2
	Tavanlar	150	0,225	170	0,2	220	0,15	270	0,125
	Döşemeler	90	0,35	110	0,3	150	0,225	160	0,2
	Camlar (SC=0,35)	-	1,2	-	1,2	-	1,2	-	1,2

**Tablo 7-7:** Bina Kabuğu İçin (Örnek) Isıl Geçirgenlik Katsayıları ve Bunlara Karşılık Gelen Isı Yalıtım Kalınlıkları

Tablo 7-7 ile ilgili açıklamalar:

a) Bu tablodaki değerler, Tablo 6.1'deki örnek referans değerlerin hesaplanmasında kullanılmıştır.

b) Tablodaki yüksek bir performans hedefi olarak seçilen değerler (c maddesindeki durum) uç bir örnek olarak "TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı"ndaki ısı geçirgenlik katsayılarının (U değerleri) ikiye bölünmesi ile oluşturulmuştur. Ancak uygulamada hangi düzeyde ısı yalıtımı yapılacağı enerji modellemesi ve maliyet analizleri yapılarak belirlenmelidir.

Bina kabuğunda ısı yalıtım maliyetleri yalıtım kalınlığına bağlı olarak doğrusal (lineer) olarak artmamaktadır, çünkü iskele, işçilik, file, sıva, dübel gibi maliyetler yalıtım kalınlığından bağımsızdır. En uygun yalıtım kalınlığının belirlenmesi ve maliyetlerle ilgili olarak örnek 1.1'e ve örnek 4.1'e bakılabilir.

Havalandırma ile yapılan serbest soğutma (örneğin gece soğutması) etkilerinden yararlanmak, yoğunlaşma gibi olumsuzlukları azaltmak için ısı yalıtımının cephe elemanlarının dış yüzeyine uygulanması gerekir, ancak tarihi yapılarda ve benzeri zorunlu durumlarda içten yalıtım yapılabilir.

#### Isı Yalıtım Malzemeleri:

Bina kabuğunun ısı yalıtımında kullanılan malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları, yoğunlukları ve su buharı difüzyon direnç faktörleri "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Ek-E"de verilmiştir. Söz konusu malzemelerin yanıcılık sınıfı "Binaların Yangınlardan Korunması Yönetmeliği"nin ilgili kısımlarına uygun olmalıdır.

Ayrıca aşağıdaki hususlar da dikkate alınmalıdır:

- Detaylı bilgi için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğünce yayımlanan "Isı Yalıtım Uygulama Kılavuzu"na bakılmalıdır.
- Çatı ve duvar ısı yalıtımında yangın tehlikesi dikkate alınmalıdır.
- İskele kurulması durumunda "Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği"ne uyulmalıdır.
- Yalıtım malzemelerinin stoklama, uygulama ve işletme sırasında ıslanmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Eğer tadilatı yapılacak binada ısıtılan mahaller toprağa basıyor (bodrumsuz zemin katlar veya ısıtılan bodrum katlar) ise ısı kayıplarının azaltılması için soğuk iklimlerde zeminde de basma dayanımı yüksek ısı yalıtım malzemesi ile ısı yalıtımı yapılması uygun olur. Zeminde içten ısı yalıtımı yapıldığında zemin kotu 8-20 cm yükseleceğinden bina kat yüksekliğinin düşeceği ve kapıların alttan kesilmesi (veya yenilenmesi) gerekebileceği dikkate alınmalıdır. Isıtılmayan bodrum kat üstündeki mahallerde ısı yalıtımı bodrum kat tavanından yapılabilir. Yangın merdiveni veya başka bir ısıtılmayan hacim ile temasta olan mahallerin duvarlarına da ısı yalıtımı yapılmalıdır.

Bodrum katlarda toprak temaslı duvarlarda ısı kayıplarının azaltılması için içten ısı yalıtımı yapılması uygun olur.

Çatılarda ısı yalıtımı için aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- Açık teraslarda, zemine basma dayanımı olan bir malzemeden ısı yalıtımı yapıp üzerine şap atılabilir veya çakıl serilebilir.
  - Kırma (beşik) çatılarda zemine serbest olarak cam yünü veya taş yünü döşemek mümkündür. Eğer yapı uygun ise çatının iç yüzeyine de ısı yalıtımı uygulanabilir.
  - Kubbe, kule, tonoz vb. çatılarda ise durum değerlendirilerek içten/dıştan ısı yalıtımı yapılabilir.
  - Isı yalıtımı sırasında çatı aralarının havalandırması da dikkate alınmalıdır
- Isı yalıtımlarında dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan birisi de ısı köprülerinin minimize edilmesidir.

### **Bina Cephelerinde Saydam Yüzeylerin (Pencere, Giydirme Cephe, Çatı Işıklıkları) Isıl Performansı**

Binalarda kullanılan pencerelerin (cam ve çevçeveller)in minimum ısıl performans (pencerenin bileşke ısıl geçirgenlik katsayısı ve camların gölgeleme katsayısı) "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları"nda verilmiştir. Bina tadilatlarında maliyet araştırması yapılarak, olabildiğince yüksek performanslı cam seçimi enerji tüketimlerinin azaltılması için yararlı olur.

**Örnek 7.1.6:**

Binalarda kullanılan muhtelif cam ve pencerelere ait ısı geçirgenlik ve gölgeleme katsayısı mertebeleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Cam tipi	U (W/m <sup>2</sup> K)		Cam gölgeleme Katsayısı, (SHGC)
	Sadece Cam	Komple Pencere	
Tekli Cam	5,5	4,8	1,0
Düşük Performanslı Çift Cam	2,7	3,2	0,8
Yüksek Performanslı Çift Cam (Low-E Kaplamalı, Argon Dolgulu)	1,1	1,5	0,2 - 0,5
Yüksek Performanslı Üçlü Cam (Low-E Kaplamalı, Argon Dolgulu)	0,5	1,1	0,2 - 0,5

Tablo ile ilgili öneriler:

- a) "TS825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standartı"nda 1 ve 2. iklim bölgelerinde yüksek performanslı çift cam kullanımı ve  $SC=0,25-0,35$  arasında gölgeleme katsayısı seçilmesi uygun olur.
- b) 3. iklim bölgesinde yüksek performanslı çift cam veya üçlü cam kullanılabilir. Tercih, maliyetlere bağlı olup, mümkünse enerji modelleme ve maliyet analizleri ile karar verilmelidir. Bu bölge için gölgeleme katsayısı  $SC=0,3-0,4$  arasında seçilebilir.
- c) 4. iklim bölgesinde yüksek performanslı üçlü cam kullanılması uygun olabilir. Burada da seçim, maliyetlere bağlı olup, mümkünse enerji modelleme ile karar verilmelidir. Bu bölgede "gölgeleme katsayısı  $SC=0,35-0,5$ " arasında seçilebilir. Yüksek SHGC değeri, yazın tatil olan okullar vb. için daha uygundur.

Not: Eğer ayrıca dıştan gölgeleme yapıldıysa pencerenin toplam gölgeleme katsayısı SHGC, camın gölgeleme katsayısı ve dış gölgelemekatsayısının çarpımı ile hesaplanır ( $SHGC = SC * PF$ ).

**Bina Cephelerinde Isı Yalıtımı Öneri Listesi**

- a) Bina cepheleri opak yüzeylerinde ısı yalıtımı yapılması, pencerelerin iyileştirilmesi ve hava sızdırmazlığının sağlanması ısı konfor, hava hareketlerinin azaltılması ve enerji tüketiminin azaltılması için istenen bir durumdur. Ancak eğer binada soğutma sistemi bulunmuyor ise ısı yalıtımı, bina içinde yazın aşırı ısınma (termos etkisi) problemlerine sebep olabilir. Bu durum özellikle 1. ve 2. iklim bölgelerinde geçerlidir. Bunun temel sebebi, gündüz güneş ışınımı sebebiyle bina içinde biriken ısının geceleri atmosfere atılamamasıdır. Bu bağlamda bina türü ve büyüklüğü ne olursa olsun soğutma sistemi kullanımı gereksinimi ortaya çıkabilir. Bu nedenle tasarımda bu konu dikkate alınmalıdır.
- b) Eğer tadilat yapılacak bina cephelerinde mevcutta bir ısı yalıtımı var ise bu yalıtımın kalınlıkları Tablo 7-5'teki değerlerle karşılaştırılıp (mümkünse enerji modellemesi yapılarak) ilave ısı yalıtımı yapılması konusunun değerlendirmesi uygun olur. Benzer değerlendirmeler, cam cephe yüzeyleri (örneğin pencereler) için de yapılabilir.



- c) Mevcut binalarda ısı köprülerinin mümkün olduğunca azaltılmasına dikkat edilmelidir. Aşağıda ısı köprüsü noktalarına örnekler verilmiştir:
- Isı yalıtımı yapılamayan toprağa oturan döşemelerde,
  - Merdivenlerin kenarlarında,
  - Çatılardaki saçak ve duvar birleşim yerlerinde,
  - Balkon, sahanlık ve binanın dışı doğru çıkıntı yapan kısımlarında,
  - Pencere kenarlarında,
  - Çatı kirişleri, ahsap kafesler, ankraj elemanları vb. içinde.
- d) Isı yalıtımının kesintiye uğradığı bölgelerde ısı köprüleri oluşur. Bu bölgelerde ısı kayıpları, yoğuşma, küf ve mantar oluşumu gibi olumsuzluklar meydana gelir. Mevcut binalarda duvarların zemin ile birleştiği yerler, pencere kenarları, içten yalıtımlarda duvar, döşeme ve tavan birleşim bölgeleri ısı köprülerinin olabileceği yerlerdir. Bu gibi noktalarda özel detaylar geliştirilerek ısı köprüsü riski azaltılmalıdır.
- e) Detaylı bilgi için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğünce yayımlanan "Isı Yalıtım Uygulama Kılavuzu"na bakılmalıdır.
- f) Çatı arası ısı köprüsü minimum olacak şekilde projedeki kalınlıklarda ısı yalıtım malzemesi ile yalıtılmalıdır. Çatı araları mümkün olduğunca havalandırılmalıdır. Eğer binada mevcut bir ısı yalıtımı var ise ve binanın ısı performansının artırılması için ilave yalıtım yapılması gerekiyorsa ve mevcut yalıtım sağlam ise uygun bir montaj detayı ile mevcut yalıtımın üzerine yeni yalıtım yapılabilir (Yapılamamasına yönelik engel varsa, mevcut yalıtım sökülebilir.).
- g) Bina kabuğunun ısı yalıtımında "Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik" hükümlerine uyulmalıdır.
- h) Uygulamada buhar difüzyonu ve yoğuşma konusuna da dikkate edilmelidir.
- i) Çatıda ve su alabilecek başka noktalarda su yalıtımına da dikkat edilmelidir.

### Mekanik Tesisat Sistemlerinde Isı Yalıtımı

Isıtma, soğutma sistemlerinde borularda, vanalarda, eşanjörlerde, boylerlerde, ısıl depolarda vb. en az "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"nde tanımlandığı şekilde ısı yalıtımı yapılmalıdır. Benzer şekilde, hava kanallarında ısı yalıtımı yapılmalı, sızdırmazlığı ve ısı yalıtımı özelliği yüksek klima santralleri ve havalandırma cihazları kullanılmalıdır.

### B-Gürültü Yalıtımı

5. bölümde belirtildiği üzere binalarda temel gürültü kaynakları;

- a) Bina dışından kaynaklanan gürültü,
- b) Bina tesisat sistemlerinden kaynaklanan gürültü,
- c) Müzik odası, toplantı salonları gibi sessizlik istenen yerlerde yakın odalardan kaynaklanabilecek gürültü,

şeklinde özetlenebilir. Bina dışından kaynaklanan gürültü, bina kabuğunda yapılan ısı yalıtımı ve pencerelerde sızdırmazlık sağlanması ile azaltılabilir. Tadilat planlaması esnasında

gürültüye duyarlı mekânlar, bina cephelerinden uzak kısımlara yerleştirilebilir. Ayrıca böylesi mekânların duvarlarına ilave akustik yalıtım yapılabilir. Çok katlı binalarda kat aralarındaki tabliye betonlarına gerekirse ısı ve gürültü için yalıtım yapılabilir. Açık ofis gibi mahâllerde ses yutucu ve sesi daha az yansıtan duvar, zemin, tavan malzemeleri (ahşap, kumaş, sünger malzeme, akustik paneller, vinily kaplama vb.) kullanılması tavsiye edilir. Katlar arasında boru ve kanal geçişleri, yangın dayanımı ve gürültüyü azaltma özelliği olan mastik türü malzemelerle kapatılması gibi önlemler alınmalıdır. Mekanik tesisat sistemlerinde gürültüye karşı alınabilecek önlemler; mümkün olduğunca gürültü düzeyi düşük ekipmanlar seçilmesi, jeneratör, kojenerasyon gibi gürültü yayan cihazların kabin içine alınması veya akustik yalıtım yapılması, cihazlarda susturucu kullanımı, akustik perdeler kullanımı vb. şeklinde özetlenebilir. Tüm bu hususlar tadilat planlaması ve tasarım sürecinde değerlendirilmeli ve “Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği” çerçevesinde gerekli önlemler alınmalıdır.

### C-Su ve Neme Karşı Yalıtım

Su yalıtımının, binada yaşayanların konforunun sağlanması ve beton içindeki çeliğin korozyona uğramasını önleyerek bina ömrünün uzatılması şeklinde iki temel fonksiyonu vardır. Bina tadilat planlamalarında çatılardan, duvarlardan, zeminden, toprak temaslı duvarlardan bina içine girebilecek su ve nemin önlenmesi için “Binalarda Su Yalıtımı Yönetmeliği” de dikkate alınarak gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Bu bağlamda;

- Yapı elemanlarının maruz kalabileceği basınçlı veya basınçsız su etkilerini önlemek için, suyun yapıdan uzaklaştırılmasına ilişkin yönlendirme ve tahliye sistemleri düzenlenir.
- Proje detaylarında yer alan ve kullanılması öngörülen su yalıtım malzemelerinin “Binalarda Su Yalıtımı Yönetmeliği”nin öngördüğü asgari performans karakteristiklerini sağlaması gerekir.
- Su yalıtım malzemeleri belirlenirken üretici talimatları dikkate alınarak birbirlerinin performans özelliklerini olumsuz etkilemeyecek malzemelerin kullanımına özen gösterilmelidir.
- Suyun tahliyesi için çatılarda, balkonlarda, duvarlarda, zeminde vb. drenaj önlemleri alınmalıdır. Isı yalıtımı ile su yalıtımı uyumlu olmalı ve gerekirse buhar kesici malzemeler de kullanılmalıdır.
- Bina içinde ıslak mekânlarda, su depolarında, tesisat mahâllerinde suyun toplanması ve tahliyesi için gerekli önlemler alınmalıdır.
- Zemin-duvar, duvar-duvar gibi elemanların birleştiği hatlar boyunca fiziksel hareketlere karşı su geçirimsizlik katmanı ile taşıyıcısı uygun malzemeden teşkil edilmiş su yalıtım bantları ve derzlerle gerekli önlemler alınmalıdır.

### 7.1.7 Havalandırma Sistemleri

Bölüm 5'te de belirtildiği üzere; binalarda yaşayan insanlar açısından iç hava kalitesi en önemli konfor ve sağlık unsurlarındandır ve bunu sağlamanın temel yolu havalandırma sistemi yapılmasıdır. Bu bölümde havalandırma sistemleri özetlenmiştir.

Binalarda havalandırma sistemlerinin uygulamaları için **Ek-10 Vaka Örnekleri V-7.1.7 Binalarda Havalandırma Sistemleri Uygulama Örnekleri** bölümüne bakınız.

#### A-Gerekli Dış Hava Miktarının Belirlenmesi

Havalandırma sistemleri tasarımı için öncelikle dış hava (taze hava) ihtiyacı belirlenir. Burada;

- Binada bulunan insanların dış hava ihtiyacı, (sandalye başına dış hava miktarı, binanın toplam dış hava ihtiyacı),
- Binanın bulunduğu yerdeki dış havanın özellikleri (niteliği),
- Binada var olabilecek kirlitici kaynakları (tuvaletler, yazıcılar, mutfak, laboratuvar mahâller vb.),
- Binanın cinsi (ofis, hastane vb.),

Dikkate alınır.

#### Örnek 7.1.7.1:

Dış Havanın (ODA) Sınıflandırılması (EN 16798-3).

Kategori	Açıklama
ODA 1	Temiz (saf) hava (Polen vb. nedenlerle geçici tozlu olabilir.)
ODA 2	Yüksek konsantrasyonlu partikül olan hava
ODA 3	Yüksek konsantrasyonlu gaz formunda kirlilik ihtiva eden hava
ODA 4	Yüksek konsantrasyonlu gaz formunda kirlilik ve toz ihtiva eden hava
ODA 5	Yüksek konsantrasyonlu gaz formunda kirlilik veya partikül ihtiva eden hava

Konsantrasyon Seviyesine Göre Dış Hava Örnekleri (EN 16798-3).

Hava Kalitesi Açıklaması	Dış Hava Kategorisi	Konsantrasyon Seviyesi					
		CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Toplam Toz	PM10
Belirli bir kirlitici kaynağı olmayan kırsal kesim	ODA 1	350	<1	5-35	<5	<0,1	<20
Toplanma yerleri ve küçük beldeler	ODA2 veya ODA 3	400	1-3	15-40	5-15	0,1-0,3	10-30
Şehir merkezleri	ODA 3 veya ODA 4	450	2-6	30-80	10-50	0,2-1	20-50

Not: Verilen değerler hava kirliliğine sebep olan yıllık değerler olup sistem tasarımında kullanılmaz.

İç Hava (IDA) Sınıflandırılması (EN 16798-3).

Kategori	Açıklama
IDA 1	Yüksek iç hava kalitesi
IDA 2	Orta iç hava kalitesi
IDA 3	Vasat iç hava kalitesi
IDA 4	Düşük iç hava kalitesi

Kabul Edilebilir İç Mekân CO<sub>2</sub> Seviyeleri (EN 16798-3).

Kategori	Dış Hava CO <sub>2</sub> seviyesi – ppm	
	Tipik Değer Aralığı	Olağan Değer
IDA 1	≤ 400	350
IDA 2	400-600	500
IDA 3	600-1000	800
IDA 4	> 1000	1200

Not: Genel olarak IDA3 standardı yeterli kabul edilmektedir.

Kişi Başına Dış Hava Oranları (EN 16798-3).

Kategori	Ünite	Kişi başına taze hava oranı			
		Sigara içilmeyen alan		Sigara içilen alan	
		Tipik Değer Aralığı	Olağan Değer	Tipik Değer Aralığı	Olağan Değer
IDA 1	m <sup>3</sup> /kişi-h	> 54	72	> 108	144
	L/ kişi-h	> 15	20	> 30	40
IDA 2	m <sup>3</sup> /kişi-h	36-54	45	72-108	90
	L/ kişi-h	10-15	12,5	20-30	25
IDA 3	m <sup>3</sup> /kişi-h	22-36	29	43-72	58
	L/ kişi-h	6-10	8	12-20	16
IDA 4	m <sup>3</sup> /kişi-h	<22	18	<43	36
	L/ kişi-h	< 6	5	<12	10

Dışarı Atılan Kirli Hava Miktarları Tasarım Değerleri (EN 16798-3).

Kullanım Amacı	Birim	Tipik Değerler	Tasarım için Önerilen
Mutfak			
-Basit mutfak (konut, lojman vb. mutfak)	m <sup>3</sup> /h/kişi	> 72	108
	L/s/kişi	> 20	30
-Profesyonel mutfak (ofis, hastane, üniversite vb. mutfak)	*	*	*
Tuvalet/Banyo			
-Kişi başına	m <sup>3</sup> /h/kişi	> 24	36
	L/s/kişi	> 6,7	10
-Mahal başına	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	> 5,0	7,2
-Alan başına	L/sm <sup>2</sup>	> 1,4	2

\* Profesyonel mutfakların cinsine göre tasarımcı tarafından belirlenecek.

Tadilat yapılacak binada mevcut bir havalandırma sistemi bulunabilir veya ilk defa bir sistem yapılabilir.

- a) Mevcut bir havalandırma sistemi olması durumu: Tadilat sonrasında gerekli havalandırma ihtiyacının mevcut sistem ile sağlanıp sağlanamayacağı incelenir. Eğer mevcut sistem yeni durumdaki ihtiyacı karşılamıyor ise mevcut havalandırma tesisatında revizyon yapılabilir. Bunun için:
- Mahâllerde menfez eksiklikleri varsa tamamlanır.
  - Hava kanalları tadilatları yapılır.
  - Havalandırma sistemi temizlenir.
  - Klima santrallerinin yeterliliği, ısı geri kazanım özellikleri, verimlilik durumu kontrol edilir, gerekiyorsa klima santralleri değiştirilir.
- b) Havalandırma sistemi olmaması durumu: Bu durumda yeni bir havalandırma sistemi planlanır. Burada mümkünse merkezi sistemler, mümkün değilse merkezi olmayan sistemler seçilir. Bu seçimde tavan yükseklikleri, şaft imkânları, klima santralı vb. yerleştirmek için gerekli alan ihtiyaçları dikkate alınır.

Havalandırma prensipleri bina tiplerine göre çok fazla değişmez. Buna karşın konutlarda, küçük binalarda, hastanelerde ameliyathanelerde, laboratuvarlarda farklı uygulamalar söz konusudur.

## B- Binalarda Havalandırma Yöntemleri

Binalarda iki şekilde havalandırma yapılabilir:

- a) Doğal Havalandırma,  
b) Mekanik Havalandırma.

## B.1- Doğal Havalandırma

Doğal havalandırma en geleneksel ve maliyetsiz havalandırma şeklidir. İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farklılıkları sonucu oluşan basınç farkı, doğal havalandırmayı yaratır. Hava, pozitif basınç olan yüzeydeki açıklıklardan içeri girer, negatif basınç olan yüzeydeki açıklıklardan dışarı çıkar.

Doğal havalandırma, dış hava sıcaklığı ile etraftaki gürültü düzeyi ve hava kirliliğinin düşük olduğu dönemlerde yapılabilecek pasif havalandırma şeklidir.

Doğal havalandırma pencereler açılarak, duvarlarda havalandırma için açıklıklar bırakılarak veya fan desteği ile yapılabilir. Doğal havalandırma aşağıdaki şartların hepsinin sağlandığı binalarda yapılabilir:

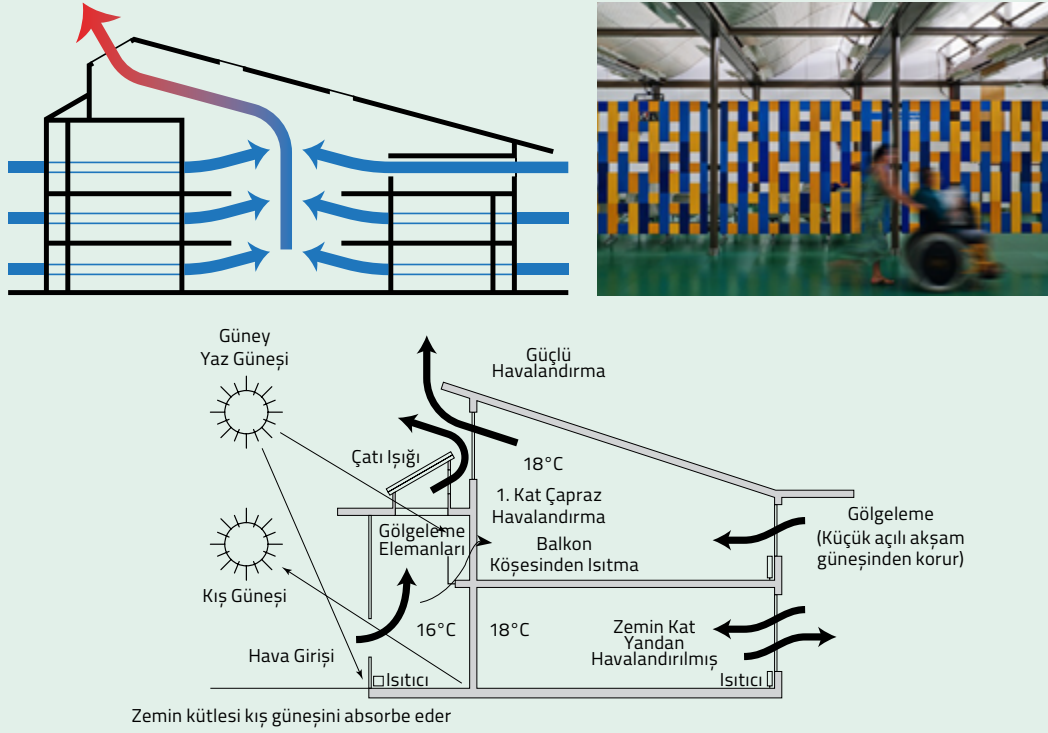
- a) Binanın yaklaşık 2000 m<sup>2</sup>'den küçük ve mimari yapısının uygun olması ("Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" ne göre; kullanım alanı 2000 m<sup>2</sup>'den büyük olan binalarda merkezi ısıtma sistemi kurulması zorunludur).
- b) Bina çevresindeki trafik vb. kaynaklı gürültünün yüksek olmaması (Bina içine yansıtılabilecek gürültü düzeyleri "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliğindeki" sınırları geçmemelidir).
- c) Bina çevresinde kirlenici salımlarının (egzos gazları, toz partikülleri vb.) fazla olmaması gerekir.
- d) Cephe açıklıklarının doğal havalandırma yapılacak mahâllerdeki insanların ihtiyacına yetecek kadar taze hava sağlayabilecek ölçülerde olması.
- e) Binanın bulunduğu yerin iklim şartlarının uygun olması (soğuk veya sıcak iklimlerde pencereler vb. açılarak doğal havalandırma yapılırsa; hem ısı konfor bozulur hem de enerji tüketimi artar. Ilıman iklim bölgelerinde yılın büyük bölümünde doğal havalandırma yapılarak soğutma ihtiyacı da azaltılabilir. Mevsim geçişleri gibi dönemlerde bazen enerji tüketimini azaltmak ve mekanik havalandırmaya destek için doğal havalandırma yapılabilir).

Eğer yukarıdaki koşullar sağlanıyor ise; açılacak pencerelerde güvenlik ve sineklik kullanımı gibi önlemler alınır.

Doğal havalandırma mekanizmasının çalışıp çalışmayacağının (yeterli hava miktarı sağlayıp sağlayamayacağı, içerideki hava sıcaklığı ve/veya hava hız dağılımının rahatsız edici olup olmayacağı vb.) tasarım aşamasında "hava akış simülasyon programları (Computational Fluid Dynamic – CFD)" ile kontrol edilmesi mümkündür.

**Örnek 7.1.7.2:**

Doğal havalandırma örnekleri



Doğal havalandırma için cephedeki açıklıkların kontrolü elle veya otomasyon sistemi ile (motorlu damperler, dış sıcaklık sensörleri ve/veya iç hava kalitesi sensörleri, kontrol paneli vb) yapılabilir.

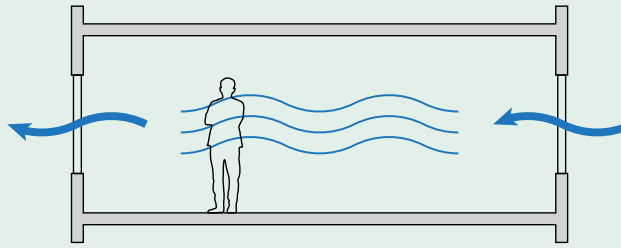
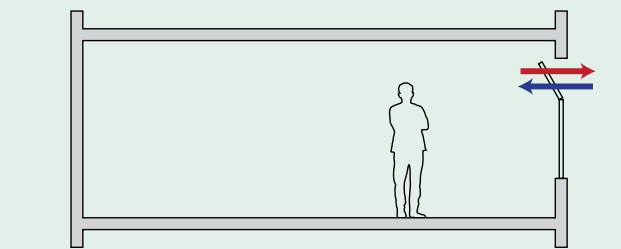
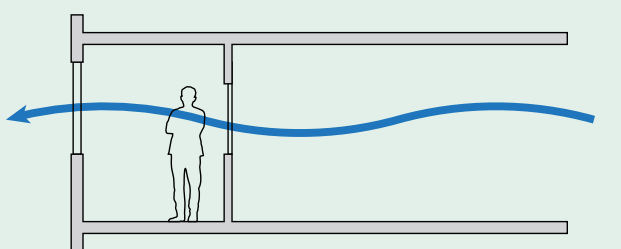

Doğal havalandırmanın avantajları aşağıdaki gibidir:

- Havalandırma işletme maliyetlerinde düşüş sağlar.
- Fosil tabanlı enerji tüketimini azalttığı için çevre kirliliğini ve sera etkisini azaltır.
- Bakım maliyetleri düşüktür.
- Tesisat yeri ve enerji dağıtım yönlerinden daha az alan gerektirir.
- Dış hava şartları uygun olduğu durumlarda kullanıcılar için kontrol edilebilir ve konforlu mekânlar sağlayabilir.
- Yazın gece havalandırması şeklinde kullanılırsa soğutma ve havalandırma enerjisi tüketimleri azalır.

Dezavantajları:

- Yılın tüm mevsimlerinde ve her iklim koşulunda uygulanabilecek bir yöntem değildir. Örneğin kışın soğuk bir iklimde veya yazın sıcak bir iklimde doğal havalandırma ile konfor sağlanamaz. Bu nedenle çoğu iklim için mekanik havalandırma sistemlerine destek şeklinde düşünülmelidir.
- Dış havadaki kirliliğin kontrolü daha zordur.
- Gürültü, hırsızlık gibi olumsuzluklara sebep olabilir.

Temel doğal havalandırma stratejileri Tablo 7-8'de verilmiştir.

<p>Cephede tasarlanan karşılıklı açıklıklar, doğal havalandırma ile soğutma etkisini arttıracaktır.</p>	 <p>Şekil A</p>
<p>Hâkim rüzgârın olduğu cephede açıklıkların daha küçük olması rüzgâr hızını arttırarak daha etkili soğutma sağlamaktadır.</p>	 <p>Şekil B</p>
<p>Doğal havalandırma, mekanik sistem ön yatırımı ve enerji tüketim masraflarını azalttığı için bir enerji verimliliği stratejisi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bazı bölgelerde soğutma amaçlı da kullanılabilir.</p>	 <p>Şekil C</p>
<p>Doğal havalandırma yapılabilmesi için iklim koşullarının konfor koşullarına yakın olması gerekir. Aksi takdirde doğal havalandırma binanın kontrolsüz soğuması ya da ısınmasına sebep olabilir. Doğal havalandırma; hava alanı, gar binaları gibi yüksek tavanlı atriumlarda yazın ısı birikimlerinin dışarı atılması için de kullanılan bir havalandırma yöntemidir. Burada çatı ışıklıklarına konulan açıklıklardan biriken ısı tahliye edilebilir.</p>	

Tablo 7-8: Binalarda Doğal Havalandırma Stratejileri Örnekleri



## B.2- Mekanik Havalandırma

### B.2.1.- Genel

Doğal havalandırmanın yapılamadığı durumlarda ve büyük binalarda mekanik havalandırma sistemleri yapılmalıdır. Mekanik havalandırma dış hava şartlarından bağımsızdır; binaya alınan dış havanın filtrasyonu ve hava şartlandırma olanakları ile konfor düzeyi yüksektir, iç hava kalitesi tüm yıl boyunca sağlanabilir. Mekanik havalandırma sistemleri;

- a) Merkezi sistemler,
- b) Merkezi olmayan (mahâl bazlı) sistemler,

olmak üzere ikiye ayrılır. Bazı durumlarda her iki sistem birlikte kullanılabilir. Her durumda tadilat sonrası, binanın elektrik altyapısının yeni duruma uygun hâle getirilmesi gerekir.

#### Merkezi Mekanik Havalandırma

Bina tadilatlarında; tavan yüksekliği yeterli ise, hava kanallarının geçirilmesi için şaft imkânı varsa (örneğin karotla şaftlar açılabilirse), klima santrali kurulumu için yeterli alan var ise, ısıtma ve soğutma altyapısı yeterli ise merkezi mekanik havalandırma sistemleri kullanılabilir.

Mahâl Bazlı Mekanik Havalandırma Sistemleri (Isı Geri Kazanımlı Mekanik Havalandırma)

Merkezi havalandırma sistemi yapılamıyor ise konut dışı binalarda sınıflar, açık ofisler, toplantı odaları, yurtlarda çalışma alanlarında, bekleme hollerinde (kirlenme ihtimali yüksek mahâllerde) ve konutlarda ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemleri kullanılabilir. Bu sistemlerle binadaki kirli havadışı atılır, dışarıdan taze hava alınır, bu yapılırken ısı geri kazanımı sağlanır. Bu sistemler maliyetleri karşılanabilirse kalabalık mahâllerin dışındaki (bir veya iki kişinin bulunduğu) mahâllerde de yapılabilir.

#### Egzos Havalandırması

Mutfaklar, WC'ler, kantin, laboratuvar gibi kirleticilerin fazla olduğu yerlerde egzos havalandırması yapılır. Burada atılan kirli havanın yerine, tamamlama havası verilmelidir. Örneğin WC gibi yerlerde koridorlara açılan kapılara hava transfer menzfezleri konulabilir, mutfak ve laboratuvar gibi daha fazla hava debisi gerektiren yerlerde şartlandırılmış tamamlama taze havası verilebilir.

### B.2.2.- Mekanik Havalandırmada Enerji Verimliliği

Mekanik havalandırmada enerji verimliliğine ilişkin hususlar aşağıda özetlenmiştir:

- Uygun havalandırma miktarlarının seçimi, kirliliğe sebep olan kaynağa bağlıdır. Kirli hava emişi ne kadar kaynağa yakın yapılabilirse bu sistemler için hava debisi ve dolayısıyla sistemler o kadar küçük olur ve enerji verimliliği artar.
- Havalandırmada enerji tüketimi havanın mahâllere dağıtılması, ısıtılması ve soğutulması ile ilgili olup; debi ve ısı (entalpi) farkı en etken öğelerdir.
- Havalandırma, talebe göre yapılarak anlık hava debileri azaltılabilir (eş zaman faktörü). Örneğin insanlar ofislerinde iken toplantı odaları genelde boştur veya tersine, toplantıda iken çalıştıkları ofisler boş olur. Bu nedenle hava miktarlarının; aynı anda tüm mahâlleri kapsayacak şekilde seçilmesine gerek yoktur. Böylece klima santrali gibi ekipmanlar kü-

çülür, enerji tüketimi azalır. Bu çerçevede ilave olarak kalabalık mahâllere iç hava kalite sensörü ve kanallara “değişken debi kutuları (VAV)” konulmalı, kalabalık olmayan yerlerin hava kanallarına “sabit debi kutuları (CAV)” konulmalı ve klima santralleri fanları değişken devirli yapılmalıdır.

- Isı geri kazanım sistemleri uygulamaları, enerji tüketimini azaltır.
- Hava kanallarının sızdırmazlığı, balanslaması ve temizliği ile enerji verimliliği artar.
- Mahâllerde uygun tipte menfezler ve difüzörler kullanılarak mahâl içinde havalandırma etkinliği artırılabilir.
- Yazın gece havalandırması yapılarak ertesi gün binada soğutma ihtiyacı azaltılabilir.

### B.2.3.- Mekanik Havalandırma Sistemleri Temel Bileşenleri

Mekanik havalandırma sistemleri çok sayıda bileşenden oluşmaktadır. Bu kısımda ana havalandırma sistem bileşenleri özetlenmiştir.

#### Klima Santralleri

Klima santralleri, mekanik havalandırma sistemlerinin temel cihazıdır ve aşağıdaki işlevleri yerine getirir:

- a) Hava, mevsime göre ısıtılır veya soğutulur.
  - b) Hava, filtre edilir (tozdan temizlenir).
  - c) Gerekmesi hâlinde, nem alma ve nemlendirme işlemleri yapılır.
- Klima santrallerinin enerji verimliliği ile bağlantısı aşağıdaki gibidir:

- a) Fanların enerji gereksinimleri (yüksek verimli motor ve fanlar kullanılması).
- b) Fan sistemlerinin toplam enerji verimliliği (fan, motor, sürücü, enerji kaynağı).
- c) Düşük hava alın hızı (2,0 m/s altında olması).
- d) Statik ve dinamik basınç.
- e) Gövde sızdırmazlığı.
- f) Gövde ısı yalıtımı ve ısı köprüleri.
- g) Klima santralinde ısı geri kazanım ünitesi kullanımı.
- h) Kirliliği azaltma amaçlı olarak, hava giriş/emiş yerlerinin belirlenmesi.
- i) Klima santrallerinin ısı kaybı, kazancı hesapları yapılarak ortaya konulmadan, dış ortamlara (bina çatılarına, bahçeye vb.) konulmaması.

#### Ne Zaman Yenilenmelidir?

Santral, 20 yıldan daha eskiyse ve ayrıca ısı geri kazanım ünitesi yoksa yapılacak ölçümlerde fanların verimsiz olduğu belirlenirse veya arızalıysa yenilenir.

#### Fanlar

Fanlar havalandırma sistemlerinde tasarlanan debideki havayı mahâllere dağıtacak veya mahâllerden toplayacak hidrolik enerjiyi sağlayan sistemlerdir. Enerji maliyetlerinin ve salımların azaltılması için hava kanalı sistemindeki basınç kayıpları yüksek olmamalı, fanlar yüksek verimli olmalı ve değişken devir kontrolü yapılmalıdır. Elektronik kontrollü (EC) motorlu fanlar

günümüzde en verimli fanlar olarak değerlendirilir. Enerji tüketimi yönünden spesifik fan gücü 1000 W/(m<sup>3</sup>/s) değerini aşmamalıdır. Havalandırma sistemindeki ve klima santralindeki basınç kayıpları bu kriteri sağlayacak şekilde seçilmelidir.

### Ne Zaman Yenilenmelidir?

Fanlarda kapasite (debi, basınç) arttıkça verimlilik de artar. Ayrıca şebekeden çekilen elektrik enerjisi devir sayısının küpü ile değiştiği için yenilemelerde bu husus göz önünde tutulmalıdır. Bu bağlamda (ölçüm cihazları ile yapılacak ölçümler ve buna dayalı hesaplar sonucu) mevcut fan sisteminin (motor dahil) verimliliği, piyasadaki güncel teknolojik ürünlerden (bakınız Tablo 4-6) yaklaşık %20'den daha düşük ise fan-motor komple yenilenebilir. Yeni sistemin yüksek verimli fanlı ve EC motorlu olması tercih edilmelidir.

### Filtreler

Havalandırma sistemlerinde toz vb. kirleticileri tutmak için filtreler kullanılır. Havalandırma sisteminde basınç kaybını fazla artırmayacak filtreler seçilmelidir. Filtreler kirlendiğinde sinyal verecek fark basınç anahtarı kullanımı hem konfor artışı hem de verimlilik artışı sağlayacaktır.

#### Örnek 7.1.7.3:

N 779'a Göre Her Filtreleme Grubu İçin Filtre Sınıflandırması.

Dış Hava Kalitesi	İç Hava Kalitesi			
	IDA 1 (Yüksek)	IDA 2 (Orta)	IDA 3 (Kabul edilebilir)	IDA 4 (Düşük)
ODA 1	F9	F8	F7	F6
ODA 2	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 3	F7/F9	F8	F7	F6
ODA 4	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 5	F6/GF/F9*)	F6/GF/F9*)	F6/F7	G4/F6

\*) GF=Gaz Filtre (Karbon Filtre) veya Kimyasal Filtre

Filtre Sınıflarına Göre Toz Tutma Kapasiteleri

Filtre Sınıfı (TS EN 779)	Nihai Basınç Düşümü (Pa)	ASHRAE Testlerine Göre Tutma Verimliliği (Am, %)	ISO16890'a Göre Ortalama Verimlilik, (Em, %)		
			ePM1	ePM2,5	ePM10
G1	250	50%≤Am≤65			
G2	250	65%≤Am≤80			
G3	250	80%≤Am≤90			
G4	250	90%≤Am			
M5	450		5% - 35%	10% - 45%	40% - 70%
M6	450		10% - 40%	20% - 50%	60% - 80%
F6	450		40% - 60%	60% - 70%	75% - 85%
F7	450		40% - 65%	65% - 75%	80% - 90%
F8	450		65% - 90%	75% - 95%	90% - 100%
F9	450		80% - 90%	85% - 95%	90% - 100%

### Ne Zaman Yenilenmelidir?

Filtreler sarf malzemeleridir. İçinden geçen havanın özelliklerine bağlı olarak kirlendiğinde temizlenmeli, temizleme özelliği kaybolduğunda ve basınç kaybı yukarıdaki örnekteki değerlerin üzerine çıkarsa değiştirilmelidir. Kullanım süresine, hava kalitesine bağlı olarak bu süre 2-4 yıl civarındadır.

### Klima Santralı Isı Geri Kazanım Üniteleri (IGK Üniteleri)

Isı geri kazanım üniteleri, genellikle klima santrallerinin içinde havadan ısı geri kazanımı amacıyla kullanılır. Bu üniteler mekanik havalandırma sistemlerinde ısı enerji verimliliği için en önemli ekipmanlardır. Bu sistemler aşağıdaki tipte ve verimlilikte olabilmektedir:

- Isı tekerleği, verimlilik>%75.
- Çapraz ısı geri kazanım bataryası, verimlilik>%50.
- Sudan havaya ve havadan suya ısı geri kazanım sistemi (pompalı, kapalı boru devreli ve çift serpantinli ısı geri kazanım sistemleri), verimlilik>%25-40.

Eğer mevcut havalandırma sistemi kullanılacaksa ve santral içinde ısı geri kazanım için yer yok ise klima santralı mahâl dönüş ve taze hava emiş kanallarına (c) maddesinde belirtilen ısı geri kazanım sistemi konulabilir.

Yeni klima santralleri kurulacak ise:

- Dönüş havası temiz ise; ısı tekerleği kullanılır.
- Hava nemli ise; çapraz ısı geri kazanım ünitesi kullanılır.

- c) Ameliyathane, laboratuvar gibi havası kirli veya mikrobik olan sistemlerde; havadan-su-ya, sudan-havaya ısı geri kazanım sistemleri kullanılır.

#### **Ne Zaman Yenilenmelidir?**

Isı geri kazanım ünitesinde verimlilik ölçümü yapılarak (giriş çıkış ve dış hava sıcaklıkları ölçümü ile) ve cihazın genel durumu inceleme sonucundaveya arızalıysa yenilenmelidir.

#### **Hava Kanalları**

Klima santrallerinde şartlandırılan havanın ihtiyaç duyulan mahâllere taşınması için kullanılırlar. Mevcutta bir havalandırma sistemi varsa ve tadilat sonucu kullanılabilecek ise, gerekli revizyonlar ve temizlikler yapılarak kullanılabilir. Mevcut durumda bir havalandırma sistemi yoksa gerekli havalandırma ihtiyacını karşılayacak hava kanallarının yerleşimi için tavan yüksekliği, kanalların mahâllerden santrale ulaşımı, klima santralleri için yer imkânları vb. etüdü edilmelidir. Hava kanalları ile ilgili olarak aşağıdaki hususların da dikkate alınması uygun olur:

- Kanalların içinin temiz olması, besleme havası ile sağlanan iç hava kalitesini artırarak gerekli havalandırma oranının azalması sağlanabilir.
- Kanal sızdırmazlık sınıfına bağlı olarak istenilen sızdırmazlık değeri, inşaat esnasında basınç testine tabi tutularak sağlanmalıdır. Ayrıca sistem devreye alındıktan sonra kaba filtreler takılarak çalıştırılıp kanallar temizlenmeli ve bu filtreler yenilenmelidir.
- Kanal sisteminden etrafa ısı geçişini önlemek amacıyla ısı yalıtımı yapılmalıdır.

#### **Ne Zaman Yenilenmelidir?**

- a) Hava kanalları 20 yıldan eskiyse ve binada esaslı/önemli tadilat yapılacaksa komple yenilenebilir.
- b) 30 yıldan daha eski hava kanallarının yenilenmesi her halükarda faydalı olur.
- c) Mahâllerde kullanım şekli ve insan sayısı değişirse ihtiyaca göre hava kanallarında tadilat yapılabilir veya yenilenebilir.
- d) Yapılacak hava balanslama ölçümleri sonucu hava kaçakları fazla ise yenilenebilir.

#### **Damperler-Menfezler**

Mahâllere gereken miktarda taze hava verilmesini veya mahâllerden kirli havanın egzoz edilmesini sağlayan mahâl içi sistemlerdir. Konfor ve enerji verimliliği yönlerinden dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda özetlenmiştir:

- a) İç hava kalitesinin, insanların bulunduğu bölgede sağlanması yeterlidir. Bunun için;
- Yüksek tavanlı mahâllerde (havaalanları yolcu holü, atriumlar vb.) hava; insan yaşam bölgesine kadar indirilebilmelidir (yüksek atışlı difüzörler vb. kullanımı).
  - Normal ofis mahâllerinde (yaklaşık 3 m tavan yüksekliği olan yerler) uygun üfleme hızı olmalıdır (Hava insan bölgesine kadar indirilmelidir).
  - Tiyatro, konser salonları gibi yerlerde taze hava, zemin seviyesine yakın yerlerden verilip tavandan egzoz edilebilir.
- b) Bina tadilatlarında eğer binada havalandırma sistemi var ise ve binanın fonksiyonu değişiyor ise yeni duruma uygun menfez yerleşimleri yeniden yapılır (Hava kanallarında ve menfezlerde gerekli revizyonlar yapılır).

- c) Hava balansını sağlamak için gerekli yerlere manual damperler konulur, devreye alma esnasında ölçümler ve balanslama yapılır.

#### Ne Zaman Yenilenmelidir?

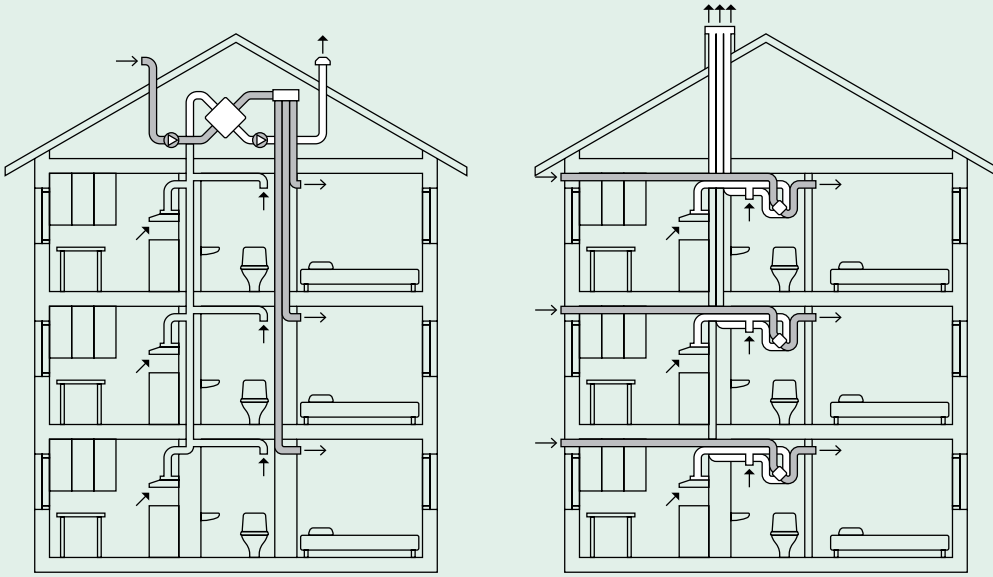
- a) Hava kanalları yenilenirse bu ekipmanlar da yenilenebilir.  
b) Mekânlarda fonksiyon, iç mimari, asma tavan gibi değişiklikler yapıldığında yenilenebilir.  
c) Mahâllerde kullanım şekli ve insan sayısı değişirse ihtiyaca göre bu ekipmanlar da yenilenebilir.

#### Isı Geri Kazanımlı Mekanik Havalandırma Cihazları (HRMV)

Bu cihazlar merkezi olmayan havalandırma sistemlerinde kullanılır. Mevcut durumda havalandırma yoksa ve merkezi havalandırma yapılamıyor ise kalabalık mahâllere ve konutlara, lojmanlara, sınıflara, yurtlara bu cihazlardan konulabilir. Konut ve benzeri binalar için HRMV cihaz örnekler aşağıda verilmiştir.

##### Örnek 7.1.7.4.a:

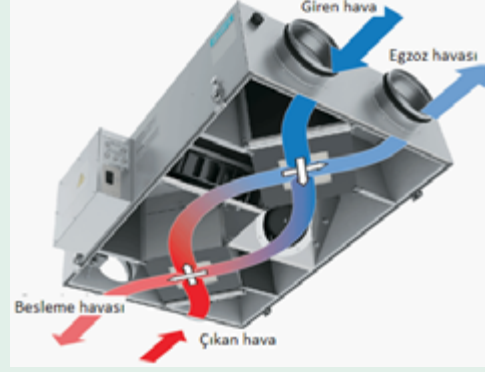
Konutlarda, lojmanlarda ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma uygulamaları.



Merkezi ısı geri kazanımlı sistem. Konut bazlı havalandırma sistemi.



Konutlar, lojmanlar, sınıflar vb. için duvardan oda bazlı havalandırma.

**Örnek 7.1.7.4.b:****Merkezi Olmayan HRMV Çözümü**

Bu cihazlar mahâlin durumuna göre tavana asılabilir veya pencere önlerine yerleştirilebilir. Hava kanalı kullanılarak veya kullanmadan kurulumlar gerçekleştirilebilir. İlk yatırım ve işletme maliyetleri seçilecek cihazın özelliklerine göre değişir. Örneğin ısı geri kazanım ünitesi verimliliği, değişken debi özelliği, drenaj gereksinimi, müsadde edilen gürültü düzeyi, elektronik kontrollü (EC) fanlar, kontrol paneli özellikleri, donma koruma önlemleri, son ısıtma ve/veya soğutma ünitesi gereksinimi, filtre kirlilik alarmları alınması vb. özellikler ilk yatırım maliyetlerini artırabilir. Buna karşın bu özellikteki bir cihazın enerji tüketimi ve gürültü seviyesi düşüktür ve konforu daha iyi sağlarlar.

**Ne Zaman Yenilenmelidir?**

Cihazın fanlarında (yukarıda fanlar bölümünde açıklanmıştır) ve ısı geri kazanım ünitesinde verimlilik ölçümü yapılarak ve cihazın genel durumu inceleme sonucunda (örneğin, piyasadaki güncel cihazlarla karşılaştırılarak) veya arızalıysa yenilenmelidir.

**B.2.4.- Mekanik Havalandırma Sistemlerinde Kontrol**

Merkezi mekanik havalandırma sistemleri, otomatik kontrol veya bina otomasyon sistemleri ile kontrol edilir. Bu durumda iç mekân kalitesi ve enerji verimliliği daha iyi sağlanabilir.

**Sabit Debili Havalandırmada Kontrol**

Mevcut havalandırma sistemi varsa santraller programlanan süre içinde sürekli çalıştırılabilir ancak bu durumda enerji tüketimi fazla olur. Bu olumsuzluğu azaltmak için kalabalık mahâllere CO<sub>2</sub> sensörleri konularak alınan bilgiye göre, gün içinde belli aralıklarla çalıştırma/durdurma şeklinde kontrol yapılabilir. Ancak ameliyathaneler, yoğun bakım alanları gibi yerler için bu yapılmaz.

**Değişken Debili Havalandırmada Kontrol**

Yeni bir merkezi havalandırma sistemi yapılacak ise sistemin değişken debili olması uygun olur. Bu sistemlerde toplantı odaları, sınıflar, açık ofisler gibi mahâllere CO<sub>2</sub> sensörleri, bu mahâllere giden ve dönen hava kanallarına değişken debi kontrol üniteleri konulur. Küçük odalara hitap eden mahâllerin hava kanallarına ise; sabit debi kutuları konulur. Böylece:

- Mekânlarda hava kalitesi garanti edilir.
- Enerji ekonomisi sağlanır.
- Hava balansı kolaylaşır. Tablo 7-9'da görüldüğü üzere bu sistemlerdeki enerji tüketimi sabit debili havalandırma sistemlere göre daha düşüktür.

Uygulama Yeri	Enerji Verimliliği Artış Oranı (%)
Restoran, Kantin	20-50
Üniversite Amfileri	20-50
Açık Ofisler	
%40 Doluluk Halinde	20-30
%90 Doluluk Halinde	3-5
Giriş Holleri, Havaalanları Yolcu Bekleme Salonları	20-60
Sergi, Fuar, Kapalı Spor Salonları	40-70
Toplantı, Sinema, Tiyatro Salonları	20-60

**Tablo 7-9:** Değişken Debili Havalandırma Sistemlerinde Sabit Debili Sistemlere Nazaran Enerji Verimliliği Oranları<sup>10</sup>

#### Örnek 7.1.7.5:

Manisa'daki bir ofis binasında sabit debili ve değişken debili havalandırma sistemi enerji tüketimi karşılaştırması.

Ofis Binası Havalandırma Debisi Hesabı Örneği							
Mahal No	Kat No	Mahal Adı	Mahal Alanı (m <sup>2</sup> )	Mahaldeki Sandalye Sayısı	ASHRAE'ye Göre Olabilecek İnsan Sayısı (Kişi)	Taze Hava Debisi (m <sup>3</sup> /h)	Egzos Havası Debisi (m <sup>3</sup> /h)
Z01	Z	GİRİŞ HOLÜ-reception area	65,8	10	20	300	270
Z02	Z	GİRİŞ HOLÜ-reception area	26	2	8	80	72

<sup>10</sup> Wouters, P., 2006, "Building Ventilation, The State of the Art", Earthscan, London



Z03	Z	SERĞİ SALONU showroom	86,8	12	35	420	380
Z04	Z	TOPLANTI SALONU meeting room	45,7	15	23	450	410
Z05	Z	TOPLANTI SALONU conference room	100	96	50	2880	2600
213a	2	MUTFAK-kitchen	11	1	2	40	40
213b	2	BAYAN WC- restroom women	10,5	1	0	0	100
214	2	BAY WC- restroom men	12,1	2	0	0	100
215	2	YÖNETİM ODASI.1- director room	32	5	2	150	140
216	2	HOL- corridor	14,6	0	0	30	30
217	2	GENEL MÜDÜR ODASI- factory director room	49	6	2	180	170
218	2	TOPLANTI ODASI meeting room	40,4	12	20	360	330
Merdiven - K2	Z	Merdiven ve asansör	25,4	0	0	0	0
Sabit debili havalandırma sistemi için toplam değerler			1485	296	327	9400	9285

Bu örnekte görüldüğü üzere, “sabit debili bir sistemde” binadaki sandalye sayısı 296 ve binaya verilmesi gereken hava debisi 9400 m<sup>3</sup>/h’dır. Halbuki bu örnekteki binada gerçekte çalışan ve ziyaretçi sayısı 75’tir. Ayrıca insanlar ofislerinde ise; toplantı odaları boştur, toplantı odaları dolu iken ofisleri boştur. Bu nedenle sistem “değişken debili” olarak tasarlanırsa 9400 m<sup>3</sup>/h hava vermeye gerek yoktur. Bu örnekteki binanın klima santrali dış hava debisi 6500 m<sup>3</sup>/h, egzoz debisi 5800 m<sup>3</sup>/h ve havalandırma sistemi “değişken debili” seçilmiş ve böylece havalandırma sisteminde yaklaşık %40 enerji verimliliği sağlanmıştır.

### Havalandırma Sistemleri Enerji Verimliliği Öneri Listesi

- İlk tesis sürecinde Eurovent A veya B class verimli klima santrali seçilmelidir (düşük alın hızları, EC fan, yüksek verimli IGK ekipmanı vb.).
- Zorunlu değilse klima santralleri kapatılabilir. Bunun için zaman zaman mahâllerde iç hava kalitesi ölçümleri yapılmalıdır, personel görüşünün alınması uygun olur.
- Kalabalık mekânlara CO<sub>2</sub> sensörü + değişken debi kutusu (VAV), diğer yerlere sabit debi kutusu (CAV) konulup santral fanları elektronik kontrollü (EC) motorlu fan veya değişken hız sürücü (VSD) kontrollü direk-akuple (plug) fanlı yapılmalıdır. Kullanılmayan veya az kullanılan mahâllere olan hava akışları azaltılarak enerji verimliliği sağlanır.
- Hava ile ısıtma/soğutma, sulu sistemlere göre hem ilk yatırım hem de işletme maliyetleri yönünden pahalıdır. Bu nedenle bina yenilemelerinde havalandırma sadece taze hava amaçlı olarak kullanılmalıdır.
- Tümüyle hava kullanılarak şartlandırılan (all-air) sistemlerde ısıtma/soğutma üfleme sıcaklıkları kışın 32°C'den fazla, yazın 16°C'den düşük olmamalıdır.
- Sadece temiz hava sağlayan (primer) havalandırma sistemlerinde mahâl üfleme sıcaklıkları kışın 24°C'den yüksek, yazın 23°C'den düşük ayarlanmamalıdır.
- Santrallerden sağlanan hava çok az kayıplarla mahâllere ulaşmalıdır. Bunun için kanal basınç ve kaçak testleri yapılmalıdır, ayar damperleri kullanılmalıdır, ölçüm ve balanslama yapılmalıdır.
- Santrallerde taze hava; binanın üst kotlarından alınmaya çalışılmalıdır (sessizlik, havanın daha temiz olması, daha iyi iç hava kalitesi).
- Tüm hava kanallarında ısı yalıtımı yapılmalıdır.
- Santrallerde dış hava giriş ağzında hava debisi ölçümü için pitot tüpü ve CO<sub>2</sub> sensörleri kullanılmalıdır. (Böylece alınan hava miktarı ile havanın kalitesi sürekli olarak bina yönetim sistemi (BMS) ile ölçülüp kontrol altında tutulabilir, duman veya kirli hava algılamalarında santral durdurulup damperleri kapatılabilir).
- Seyrek kullanılan toplantı ve konferans salonlarının ısıtma/soğutma ve havalandırma sistemleri toplantıdan birkaç saat önce çalıştırılıp toplantı bitince kapatılmalıdır.
- Toz emisyonunun yüksek olduğu bölgelerde taze hava alış kanallarına motorlu damper konulmalıdır, bunlar santral çalışmadığında kapatılmalıdır.
- Santrallerde (özellikle karasal iklimlerde) yazın dış hava kullanılarak "gece soğutması" yapılması enerji verimliliği sağlayabilir.
- Santrale dönen hava miktarı, nemi, sıcaklığı ve CO<sub>2</sub> seviyesi ölçülmelidir (Ancak çoklu mahâllerden dönüş yapılıyorsa, bu değerlerin mahâlleri ne kadar doğru temsil ettiğine dikkat edilmelidir.).
- Santrallerde serpantinlerin donmasını önlemek için (santrali kapatmadan, tüm sisteme antifriz koymadan) küçük bir eşanjör ile kapalı bir devre teşkil edilmelidir (Tüm sisteme antifriz konulması pahalıdır, ayrıca 5°C gibi sıcaklıkların altında santralin kapatılması iç hava kalitesi açısından, elektrikli ön ısıtıcı kullanmak ise hem ilk yatırım hem de işletme verimliliği açısından uygun değildir.).
- WC fanlarında zaman ayarı, varlık sensörü kullanılmalıdır.
- Mutfak fanlarında zaman ayarı, CO<sub>2</sub> sensörü, sıcaklık sensörü gibi kontroller kullanılmalıdır.
- Büyük sistemlerde "klima yoğunlaşma tavaasında biriken sular" kapalı devre hâline getirilip, dış havanın ön soğutmasında kullanılabilir veya gri su olarak değerlendirilebilir.

- s) Merkezi havalandırma sistemi olmayan/kurulamayan binalardaki kalabalık mahâllerde (sınıflar, yatakhaneler, koğuşlar, sık kullanılan toplantı salonları gibi) %70'ten yüksek ısı geri kazanım verimliliğine sahip ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma cihazlarının (HRMV) kullanımı tercih edilmelidir.
- t) WC, laboratuvar, mutfak, kantin gibi yerlerde koku ve kirleticilerin binaya yayılmadan dışarı atılması ve atılan havanın yerine şartlandırılmış taze hava verilmesi sağlanmalıdır.
- u) Santral ısıtma ve soğutma devrelerinde; iki yollu kombine kontrol vanası kullanılmalıdır.
- v) İyi bir sistem tasarımı ile basınç gereksinimi mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Örneğin hava kanalları üzerinde gereksiz kayıplar oluşturacak ekipmanlar (damper, dirsek, filtre vb.) azaltılmalıdır.

### 7.1.8 Isıtma/Soğutma Sistemleri

#### A-Genel

Binalarda ısıtma/soğutma sistemleri;

- a) Isıl konforun sağlanması,
  - b) Havalandırma için gerekli olan dış havanın şartlandırılması,
  - c) Sıcak kullanım suyunun hazırlanması,
  - d) Çamaşırhane, mutfak gibi diğer hizmetler,
- için gerekli olabilecek ısı enerjisinin sağlanması amacıyla kullanılır.

Isıl konforun sağlanması için değişik sistemler kullanılabilmektedir. Bu sistemlerin sayıları ve özellikleri, teknolojinin gelişimi ile artmakta ve değişmektedir. Bu sistemlerin seçiminde;

- a) Sistemlerin kurulum maliyetleri,
- b) İşletme maliyetleri,
- c) Binanın bulunduğu yerin iklimsel özellikleri,
- d) Sistemlerin farklı mahâllere adaptasyonu, gibi hususlar önemli olabilmektedir.

Binalarda ısıtma/soğutma sistemleri uygulamaları için **Ek-10 Vaka Örnekleri V-7.1.8 Binalarda Isıtma/Soğutma Sistemleri Uygulama Örnekleri** bölümüne bakınız.

Tablo 7-10'da mekanik tesisat sistemlerinin değişik seçim kriterlerine uygunluğu özetlenmiştir.

Çatıda Yer Gereksinimi	Gürültü (Akustik Çevre)	Ömür Boyu Maliyet	Dayanıklılık	İşletme (Enerji) Maliyeti	Isıtma Etkinliği	Soğutma Etkinliği	Bakım Maliyeti	İlk Yatırım Maliyeti	Seçim Kriteri
...	..	..	..	..	..	..	..	..	Gaz/ Elektrik Split Sistem
..	..	..	..	..	..	..	..	..	Rooftop paket sistem
...	...	...	...	...	...	N/A	...	...	Radyatörlü Isıtma Sistemi
...	..	..	..	..	...	...	..	..	Fan Coil Isıtma/ Soğutma Sistemi
...	...	...	...	...	...	..	...	...	Isı Pompalı Döşemeden/ Duvar- dan/ Tavanadan Isıtma Soğutma Sistemi
..	...	...	..	...	..	N/A	...	...	Gazlı Isıtma (Radyant) Isıtma Sistemi
..	..	..	..	..	...	..	..	..	Değişken Debili Soğutucu Gazlı Isıtma/Soğutma Sistemleri (VRF)
N/A	..	...	..	...	N/A	...	..	..	Soğutma Grubu (Su Soğutmalı)
..	..	..	..	..	N/A	...	..	..	Soğutma Grubu (Hava Soğutmalı)
..	..	..	..	..	..	..	..	..	Merkezi Havalandırma Sistemleri
N/A	..	..	..	..	N/A	N/A	..	..	Isı Geri Kazanımlı Mekanik Hava- landırma Cihazı (HRMV)

Su Tüketimi	***	***	***	***	***	***	***	.	***	***	***
Çok Zonlu Çalışma Kabiliyeti	.	.	***	***	**	**	***	N/A	N/A	**	N/A
Mahalde Sıcaklık ve Taze Hava Miktarı Kontrolü	**	**	***	***	**	.	**	N/A	N/A	**	.
Ozon Tabakasına Zarar Verme Düzeyi	.	.	***	***	***	***	.	**	**	***	***
Dış Hava Alma İmkânı	N/A	**	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	***	**
Isıl Konfor	**	**	**	**	***	.	**	N/A	N/A	**	N/A
Serbest Soğutma (Free Cooling) Olanağı	N/A	***	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	***	**	***	**
Tavan Yüksekliği Gereksinimi	**	.	***	N/A	N/A	**	**	N/A	N/A	.	**

**Tablo 7-10:** Çeşitli Mekanik Tesisat Sistemlerinin Farklı Kriterlere Uygunluğu<sup>11</sup>

<sup>11</sup> U.S. Department Of Energy, 2011, "Advanced Energy Retrofit Guide Practical Ways to Improve Energy Performance Office Buildings".

Tablo ile ilgili açıklamalar:

- : İyi (Yüksek enerji verimliliği ve/veya düşük maliyet).
- : Orta (Performans ve maliyet ortalama değerlerde).
- : Ortalamadan düşük (Düşük performans ve/veya yüksek maliyet).

N/A: ilgili değil.

Tabloda görüldüğü üzere radyatörlü ısıtma sistemleri ile döşemeden ısıtma/soğutma sistemleri ilk yatırım maliyetleri, enerji verimliliği gibi yönlerden öne çıkmaktadır. Diğer yandan aynı bina içinde farklı alanlarda farklı sistemler kullanılabilir. Örneğin bir hastanede bazı kısımlarda döşemeden ısıtma/soğutma sistemi, bazı yerlerde sadece radyatörle ısıtma yapılabilir, bazı yerlere fan coil veya değişken debili soğutucu gazlı (VRF) gibi sistemler kullanılabilir. Tablo 7-11’de mekanik tesisat sistemlerinin farklı iklim bölgelerine uygunlukları verilmiştir.

Sistem tipi	Ilıman İklim	Soğuk ve Kuru İklim	Sıcak ve Kuru İklim	Soğuk ve Nemli İklim	Ilıman ve Nemli İklim	Sıcak ve Nemli İklim
Çapraz Doğal Havalandırma	■■■	■	■	■	■■	■
Baca Çekişli Doğal Havalandırma	■■■	■	■	■	■■	■
Çatı Fanları Yardımı ile Doğal Havalandırma	■■■	■	■	■	■■	■
Split Klimalar	■	■	■	■	■■■	■■
Paket Çatı Tipi (Rooftop) Sistemleri	■■■	■	■■	■	■■■	■■■
Sulu Işınım (Radyant) Paneller	■■■	■■■	■■	■■	■■	■
Fan Coil Isıtma/ Soğutma Sistemleri	■■■	■■■	■■	■■■	■■	■■
Değişken Debili Soğutucu Gazlı Isıtma/ Soğutma Sistemleri (VRF)	■■■	■■	■■	■■	■■	■■
Buharlaştırma (Evaporatif) Soğutma Sistemleri	■	■■■	■■■	■■	■	■
Döşemeden/Divardan/ Tavandan Isıtma Soğutma Sistemleri	■■■	■■■	■■	■■■	■■	■

Gazlı ısıtım (radyant) ısıtma sistemleri	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■	■ ■ ■	■ ■	■ ■
Su Devreli Isı Pompası Sistemleri (Kazan/Kule Sistemleri+Isı Pompası)	■ ■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■	■
Ekonomizerler	■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■
Hava Dağıtım Sistemleri	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
Hava Kanalı Sızdırmazlığı ve Isı Yalıtımı	■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
Sulu (Hidronik) Bina İçi Isıtma/Soğutma Dağıtım Sistemleri	■ ■ ■	■ ■	■ ■ ■	■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
Sulu Soğutma Sistemleri	■ ■ ■	■ ■	■ ■ ■	■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
Kazanlar	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
Bina Otomasyon Sistemleri	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
Değişken Debili Havalandırma Sistemleri	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
Garaj Egzos Fanları İçin CO Sensörleri ve Kontrol Üniteleri	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
Sıcak su için zaman saatleri (timer) ve dolaşım (resirkülasyon) sistemleri	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■

**Tablo 7-11:** Değişik HVAC Sistemlerinin Farklı İklim Çeşitlerine Uygunluğu<sup>12</sup>

Tablo ile ilgili açıklamalar:

- ■ ■: İyi uygulanabilir
- ■: Ortalama (performans ve maliyet ortalama değerlerde)
- : Ortalamadan düşük (tavsiye edilmez)

<sup>12</sup> U.S. Department Of Energy, 2011, "Advanced Energy Retrofit Guide Practical Ways to Improve Energy Performance Office Buildings".

Tablo 7-12’de farklı ısıtma/soğutma sistemlerinin binaların farklı mahâllerine (konut dışı yapılar) uygulanabilme özellikleri verilmiştir.

Seçim Kriteri	Seçim Kriteri	Gaz/ Elektrik Split Sistem	Rooftop Paket Sistem	Radyatörlü Isıtma Sistemi	Fan Coil Isıtma/ Soğutma Sistemi	Isı Pompalı Döşemen/ Duvar/ Tavan Isıtma Soğutma Sistemi	Gazlı Isıtma (Radyant) Isıtma Sistemi	Değişken Debili Soğutucu Gazlı Isıtma/Soğutma Sistemleri (VRF)	Soğutma Grubu (Su Soğutmalı)	Soğutma Grubu (Hava Soğutmalı)	Merkezi Havalandırma Sistemleri	Isı Geri Kazanımlı Mekanik Havalandırma Cihazı (HRMV)
Mekânlara Uyarlanabilirlik	Sınıflar	■	■	■■■	■	■■■	■	■■	■	■	■■	■■
	Kütüphane	■	■	■■■	■■■	■■■	■	■■	■■	■■	■■■	■■
	Çok Amaçlı Salonlar	■	■■	■■■	■■■	■■	■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
	Spor Salonları	■	■■■	■	■	■■■	■■■	■	■■	■■	■■	■
	Koridorlar	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■	■	■	■	■■	■■
	Yönetici Odaları	■	■	■■■	■■■	■■■	■	■■	■■■	■■■	■■■	■■■
	Tuvaletler	■	■■	■■■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Ofisler	■	■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
Muhtemel Soğutma Kaynakları	Doğrudan Genleşmeli (DX) Sistem	■■■	■■■	■	■	N/A	N/A	■■■	N/A	N/A	■■■	■■■
	Soğutulmuş Su Devreli Sistem	N/A	N/A	N/A	■■■	■■■	N/A	N/A	■■■	■■■	■■■	■



Muhtemel Isıtma Kaynakları	Doğrudan Genleşmeli (DX) Sistem	...	...	N/A	N/A	N/A	N/A	...	N/A	N/A	..	...
	Isı Pompası	N/A	N/A	..	...	...	N/A	N/A	N/A	N/A	..	..
	Kullanım Sıcak Suyu	N/A	..	...	...	...	N/A	N/A	N/A	N/A	...	..
	Direkt Gazlı Yakıclı Sistem	N/A	...	N/A	N/A	N/A	...	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Opsiyonel	Hava Ekonomi-zerleri	N/A	..	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	...	..
Enerji Etkin KonularGereksinimi	Buhar-laşmalı (Evoparatif) Ön Soğutu-cular	•	...	N/A	N/A	N/A	N/A	...	N/A	...	N/A	N/A
	Değişken Devirli Fanlar	...	...	N/A	...	N/A	N/A	...	...	...	...	...
	Yüksek Verimli Motorlar	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

**Tablo 7-12:** Farklı Mekanik Tesisat Sistemlerinin Mahâllere Uygunlukları<sup>13</sup>

Tablo le ilgili açıklamalar:

- ... : İyi (Yüksek performans ve/veya düşük maliyet).
- .. : Orta (Performans ve maliyet ortalama değerlerde).
- : Ortalamadan düşük (Düşük performans ve/veya yüksek maliyet).

N/A: ilgili değil.

Yukarıdaki tablolarda örnek olarak verilen bilgilerden, uzmanlık deneyimlerinden yararlanılarak en uygun sistem seçilmelidir.

<sup>13</sup> U.S. Department Of Energy, 2011, "Advanced Energy Retrofit Guide Practical Ways to Improve Energy Performance Office Buildings".

## B- Merkezi ve Merkezi olmayan Tesisat Sistemleri

“Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği”ne göre kullanım alanı 2000 m<sup>2</sup>’den büyük binalarda merkezi ısıtma sistemleri, 250 kW’dan daha fazla soğutma yükü olan konut dışı binalarda merkezi soğutma sistemleri yapılır. Kamu binalarının yapıları ve kullanım özellikleri sebebiyle; merkezi sistemler daha uygundur. Kamu binalarında merkezi olmayan sisteme örnek olarak; split klimalar ve lojmanlarda kullanılan kombi sistemleri verilebilir.

## C- Merkezi Isıtma ve Soğutma Sistem Çeşitleri

Bu sistemlerde binada ısıtma ve soğutma ısı enerjisi bir tesisat merkezinde üretilir ve borulama devreleri ile binaya dağıtılır. Bu dağıtımda, binanın ana eksenine göre zonlama yapılması ile ısı konfor artar, enerji tüketimi azalır. Örneğin, binanın ana eksenini kuzey-güney olur ve bina ısıtma ve soğutma sistemi bu iki yönde zonlanırsa her zonda sisteme gönderilecek su miktarı veya sıcaklığı değiştirilerek, yani her bir zona gerektiği kadar enerji gönderilerek enerji verimliliği sağlanır. Çok farklı merkezi ısıtma ve soğutma sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemler aşağıda özetlenmiştir.

### C.1- Radyatörlü Isıtma Sistemleri

Bu sistemler; özellikle konut, lojman, sadece ısıtma ihtiyacı olan tüm binalara ait mahâllerde vb. yapılarda en fazla kullanılan ısıtma sistemleridir.

Tadilat yapılacak binaya soğutma sistemi de ilave edilecekse mevcut borulamanın kullanılıp kullanılmayacağı etüt edilmelidir.

Soğutma sistemi kurulmayacak binalarda ise radyatör sistemlerinin bakımı yapılmalı, mevcut değil ise termostatik vana takılmalıdır.

### C.2- Düşük Sıcaklıklı Isıtma / Yüksek Sıcaklıklı Soğutma Sistemleri

Bu sistemler döşemeden, tavandan, duvardan ısıtma ve soğutma sistemleri olarak bilinir. Borular zeminde şap altına, duvarda sıva altına gömülür. Doğru uygulandığında konfor düzeyi ve enerji verimliliği yüksek sistemlerdir. İdeal durumda ısı pompası ile kullanımı tavsiye edilir.

### C.3- Fan Coil Isıtma/Soğutma Sistemleri

Bu sistemler hem ısıtmada hem de soğutmada sulu ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılır.

### C.4- Değişken Debili Soğutucu Gazlı Isıtma/Soğutma Sistemleri–VRF Sistemleri (2 veya 3 borulu)

Bu sistemler ısıtmada ve soğutmada kullanılır.

Bu sistemler hem kışın hem de yazın kullanıldıkları için hem ısıtmadaki hem de soğutmadaki enerji performansları önemlidir.

**Enerji Verimliliği Yönünden;**

Yazın hava kaynaklı sistemler ile soğutma gruplarının ve ısı pompalarının performansı yaklaşık olarak aynıdır.

Kış sezonunda ise; hava kaynaklı sistemler ile doğalgaz kazanları veya pellet kazanları mukayese edilerek karar verilmelidir.

Bu cihazların 1, 2 ve 3. iklim bölgelerinde kullanımı ısı performans açısından uygundur. 4. iklim bölgesinde ise enerji modelleme programları ile sezonluk verim analizi yapıldıktan sonra kullanımına karar verilmelidir.

Konfor ve enerji verimliliği açısından iç ünitelerde üfleme havası sıcaklığı ile mahâl sıcaklığı arasındaki fark 6-10°C civarında olmalıdır. Örneğin kışın üfleme sıcaklığı en fazla 32°C, yazın ise en düşük 15°C olmalıdır.

**C.5- Doğal Gazlı Işınım (Radyant) Isıtma Sistemleri**

Hangarlar, fabrikalar, depolar, spor salonları gibi yüksek tavanlı ve düşük düzeyde konforun yeterli olduğu mahâllerde uygulanan ısıtma sistemleridir. Bu cihazlar; tüm hacmi ısıtmadığı için fan coil veya aperey gibi hava ısıtma sistemlerine göre %50'ye varan oranlarda enerji verimliliği sağlayabilir. Kurulumları kolaydır, ilk yatırım maliyetleri alternatif sistemlere (radyatör, fan coil veya aperey) göre düşüktür.

**D- Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Ana Ekipman Özellikleri**

Bu kısımda sık kullanılan ısıtma ve soğutma ekipmanlarının yenilenmeleri durumuna ilişkin bilgiler verilmiştir. Bu bağlamda yenilenecek cihaz veya ekipmanların tahmini ömürleri Tablo 4-3'te, tahmini geri dönüş süreleri ile sağlayabilecekleri verimlilik artışları Tablo 4-4'te (4. bölümde) verilmiştir. Ayrıca TAD işlemleri 8.5. bölümde, işletme ve bakımları ise 9. bölümde verilmiştir.

**D.1- Isıtma Kazanları**

Binanın kullanım amacı, süresi, şekli, kullanan kişi sayısı ve yapılacak tadilatlar ile verimlilik çalışmaları sonucunda ısı yalıtımı, pencere yenilemeleri dikkate alınarak "TS EN 2164 Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları"na göre binanın ısı kaybı hesabı yapılır. Bu bağlamda kazan kapasitesi, kazan boyutu, tesisat boru çapları vb. değişebilir. Kullanım amacı ve kullanıcı sayısına göre sıcak su ihtiyacı da hesaplanarak kazan kapasitesi belirlenir. Ayrıca, binada ısıtma ve sıcak su ihtiyacı için ortak veya ayrı kazan kullanımı, kazan sayısı ve tipine karar verilir. Mevcut binada kazan değişimi yapılacağı zaman, kazanın kazan dairesine giriş imkânı, uygun bacanın varlığı vb. incelenmelidir. Bu değerlendirmede yangın konusu da dikkate alınmalıdır.

#### Kazanlar Enerji Verimliliği Öneri Listesi

- Dış hava kompanzasyon özellikli ve kullanım sıcak suyu ısıtması için yer tipi tek veya birden fazla kazanlı (veya duvar tipi kaskad kazanlar) kontrol paneli kullanılmalıdır.
- Kapasiteye bağlı olarak oransal brülör kullanılmalıdır.
- Binada mümkün olduğunca zonlama yapılmalıdır.
- Yüksek verimli bina içi ısıtma sistemi kullanılması kazan verimini artırır (Örneğin döşemeden ısıtma sistemi kurulması).
- Yoğuşmalı kazan seçiminde yoğuşma olmadığı durumdaki kapasite, etiket değeri olarak alınmalıdır.
- Soğuk iklimlerde mümkünse kazanın bulunduğu yerin 8-10°C civarına kadar ısıtılması uygun olur. Bu olamıyor ise donma koruma önlemleri alınmalıdır.
- Binada soğutma sistemi olmaması ve tadilat esnasında ilavesi durumunda mevcut kazanın kullanımı, yeni kazan tesisi veya ısı pompası kullanımı dikkate alınmalıdır.
- 21 Nisan 2018'den itibaren yürürlükte olan Avrupa Birliği'nin "ErP Yönetmeliği" gereği, 400 kW altında kapasiteye sahip doğalgaz kazanları yoğuşmalı olmak zorundadır.

#### Ne Zaman Yenilenmelidir?

- Yapılacak verimlilik ölçümleri sonucunda,
  - Doğalgaz kazanları: verimlilik %90'dan küçükse (bacagazı ölçümü, bina yüzeylerinden kayıpların hesaplanması ile); i) kazan 20 yıldan daha yeni ve sağlam ise kazan arkasına ekonomizer konulması yeterlidir, ii) bina iyileştirmesi sonucu yoğuşmalı kazan kullanımı mümkün olur ise mevcut kazan yoğuşmalı kazan ile yenilenebilir.
  - Katı yakıtlı kazanlar: verimlilik %75'den daha küçükse bir uzmandan rapor alınarak yenilenebilir.
- Kazan 20 yıldan daha eski veya sık arızalanıyor ise kazan bir uzman raporundan sonra yenilenebilir.
- Mevcut kazan arızalı ve tamir edilmesi yenileme maliyetinin %35'ini geçiyorsa (yaşı ne olursa olsun),
- Yakıt türü değişecek ise (örneğin doğalgaza geçiş),
- Bina kabuğunda ısı yalıtımı ve/veya pencere yenilemesi yapılması hâlinde kazan üzerinde yapılacak inceleme sonucu gerekli görülür ise,
- Doğalgaz kazanlarında mevcut kazanın ısı verimliliği %90'ın altında ise, kazanlar yenilenebilir.

#### Mevcut Cihaz/Sistem Kullanılacak İse:

- Kazan bakımı, brülör ayarları ve bacagazı ölçümü yaptırılmalıdır.
- Eğer mevcutta yoksa ölçümler ve gerekli hesaplar yapılarak ekonomizer kullanımına karar verilmelidir.
- Kazan ve boru-vana yalıtımları yoksa veya eskimiş ise yalıtım yaptırılmalıdır.
- Mevcut brülör oransal değil ise kullanımı etüt edilmelidir.

## D.2- Soğutma Grupları (Chiller)

Soğutma grupları soğuk bir ısı kaynağından alınan ısıyı yüksek sıcaklıklı bir ortama transfer eden makinalardır. En yaygın tipleri hava veya su soğutmalı, Carnot çevrimli (buhar sıkıştırma-  
lı) olanlardır. Soğutma gruplarının kullanımı genelde kolaydır (kendi programlanabilir panelleri  
ile kullanıcı müdahalesi olmadan çalışabilir), fazla yer gereksinimi yoktur, montaj kolaydır;  
uzaktan izleme yapılabilir, servis ve bakım imkânları vardır.

Binanın kullanım amacı, süresi, şekli, kullanan kişi sayısı ve yapılacak tadilatlar ile verimlilik  
çalışmaları sonucunda ısı yalıtımı, pencere/cam yenilemeleri dikkate alınarak, binanın ısı ka-  
zancı hesabı yapılır. Bu bağlamda soğutma grubu kapasitesi, grup boyutu, tesisat boru çapları  
vb. değişebilir.

Mevcut binada su soğutmalı grup değişimi yapılacağı zaman cihazın tesisat dairesine giriş  
imkânı, uygun bacanın varlığı vb. incelenmelidir.

Binada soğutma sistemi olması ve/veya tadilat esnasında ilavesi durumunda mevcut cihazın  
kullanımı, yeni soğutma grubu tesisi veya ısı pompası kullanımı vb. dikkate alınmalıdır.

### Soğutma Grupları Enerji Verimliliği Öneri Listesi

- 400 kW altındaki soğutma grupları ERP (Ecodesign) standartlarına uygun olmalıdır. Daha yük-  
sek güçteki cihazlar için verimlilik ve ekonomik analizler yapılarak karar verilmelidir.
- Bina yenilemelerinde enerji tüketimini azaltacak olan ısı yalıtımı, gölgeleme yapılması, verimli  
tesisat sistemleri kullanımı gibi hususlar dikkate alınarak soğutma grubu kapasitesinin düşürül-  
mesinden sonra cihaz seçilmelidir.
- Soğutma grupları, enerjiyi verimli biçimde kullanabilecekleri, kısmi yüklerde verimli çalışabi-  
lecekleri (enerji optimizasyonu yapabilecekleri) ve bina otomasyon sistemi ile haberleşebilen  
özelliklerde kontrol paneline ve yazılıma sahip olmalıdır. Ayrıca hastane, kampüs, havaalanı gibi  
büyük soğutma sistemlerinde soğutma sistemi optimizasyon ve kontrol yazılımları kullanılma-  
lıdır.
- Kışın da kullanılan soğutma sistemlerinde (veri merkezleri, ameliyathaneler, laboratuvarlar vb.)  
serbest soğutma devreleri kurulmalıdır. Kurulumu, enerji verimliliği etütleri (enerji modelleme  
vb.) ve ekonomik analizler sonucu karar verilmelidir.
- Cihaz kapasitelerini gereksiz büyüklükte seçmemek, işletmede dur/kalk sayısını azaltmak üzere  
(özellikle su hacmi büyük olmayan sistemlerde) soğutma grubu devrelerine su hacmini artırmak  
için ilave depolama tankı konulması değerlendirilmelidir.
- Sulu soğutma grupları, çoğu iklimlerde hava soğutmalı soğutma gruplara göre daha verimlidir.  
Ancak burada ilgili pompalar ve kule fanlarını da dikkate alarak sistem bazında değerlendirme  
yapılmalıdır. Enerji modelleme programları bu konuda yardımcı olacaktır.
- Toz partiküllerinin fazla olduğu yerlerde, hava soğutmalı grupların tozdan korunması gerekir.
- Uygun sıcaklıkta (yaklaşık 80°C üzeri) atık ısının olduğu yerlerde, absorpsiyonlu soğutma grup-  
ları kullanımı etüt edilmelidir.

### Ne Zaman Yenilenmelidir?

- a) Esaslı/önemli tadilat esnasında binaya soğutma veya havalandırma fonksiyonu eklenmesi durumunda,
- b) Cihaz 20 yıldan daha eski ise ve güncel teknoloji ürünlerle karşılaştırıldığında yenilenmesi maliyet etkin çıkarsa (verimliliğe yönelik ölçümler sonucu)
- c) Cihaz R22 gazlı ise,
- d) Mevcut soğutma grubunun (yaşı ne olursa olsun.) arızalı ve tamir edilemeyecek durumda olması, halinde soğutma grupları yenilenmelidir.

### Sınırlama ve Dezavantajlar:

- a) Çok sıcak ve nemli iklimlerde hava soğutmalı grupların performansı düşmektedir. Bunun yerine su soğutmalı sistemler kullanılabilir veya hava soğutmalı grubun kondenserinde buharlaşmalı soğutma (evaporatif soğutma) yapılabilir.
- b) Soğutma grupları çalışma mahâllerine yakın yerlere konursa gürültü problemleri ile karşılaşılabilir.

### D.3- Soğutma Kuleleri

Soğutma kuleleri sulu soğutma gruplarında, su kaynaklı ısı pompalarında veya absorpsiyonlu soğutma gruplarında kullanılırlar. Kuleler, bu cihazların kondenserlerinde ortaya çıkan ısınin atmosfere atılmasını sağlarlar.

#### Soğutma Kulelerinde Enerji Verimliliği Öneri Listesi

- a) Yüksek verimli ve düşük su tüketimli cihazlar kullanılmalıdır. Bu özellikler uluslararası sertifikalarla belgelenmiş olmalı, kurulumdan sonra testler yapılmalıdır.
- b) Kapasite yönünden soğutma grupları ile entegre olabilmeli ve uyumlu çalışabilmelidir.
- c) Soğutma kuleleri, çalışacağı yerin kuru ve yaş termometre sıcaklıklarıyla, hizmet edeceği cihazın kapasitesine göre seçilir. Kule fanları, yüksek verimli ve değişken devirli olmalıdır.
- d) Kışın da kullanılan sistemlerde kapalı kuleler kullanılmalıdır.
- e) Yazın "evaporatif veya adyabatik soğutma" yapabilen kulelerin kullanımı etüt edilmelidir.
- f) Toz partiküllerinin fazla olduğu yerlerde kulelerin tozdan korunması gerekir.
- g) Kuleler çatıya veya bahçeye konulurken gürültü dikkate alınmalıdır.
- h) Kule çevresinde iyi bir hava sirkülasyonu olması, enerji verimliliğini artırır.
- i) Kule suları filtre edilmeli, yumuşak su kullanılmalı, yosunlanma (biyosid) kontrolü yapılmalıdır.
- j) Kulelerin yapıları ısı tranferini artıracak, su tüketimini azaltacak nitelikte olmalıdır.
- k) Kuleden soğutma grubuna dönüş suyu sıcaklığını enerji verimliliğini optimum düzeyde tutabilmek üzere kule borulama devresinde üç yollu kontrol vanası devresi öngörülmelidir.

**Ne Zaman Yenilenmelidir?**

- a) Bina yenilemesinde binada su soğutmalı soğutma grubu veya ısı pompası sistemi kurulacak ise,
- b) 20 yıldan daha eski bir soğutma kulesi mevcut ise,
- c) Mevcut soğutma kulesi arızalı ve yaşı ne olursa olsun tamir edilemeyecek durumda ise, yenilenebilir.

**D.4- Isı Pompaları**

Isı pompaları ısıyı düşük bir ısı kaynağından alıp daha yüksek bir ısı kaynağına transfer eden (kışın ısıtma, yazın soğutma yapabilen) cihazlardır. Kışın binayı ısıtmak üzere dış mahalden alınan ısı, binaya aktarılır. Yazın ise ısı iç binadan alınan ısı dış ortama aktarılır. Isı pompalarının yapıları soğutma gruplarına benzerdir. İlave olarak üç yollu vana sistemleri ile yaz ve kış sezonlarında evaporatör ve kondenserler fonksiyon (işlev) değiştirir.

Isı pompaları, ısı kaynağına göre üç sınıfa ayrılabilir:

- a) Hava kaynaklı ısı pompaları (ilk kurulum maliyeti düşük, işletmede enerji maliyeti yüksek),
- b) Su kaynaklı ısı pompaları (ilk kurulum maliyeti orta, işletmede enerji maliyeti düşük),
- c) Toprak kaynaklı ısı pompaları (ilk kurulum maliyeti yüksek, işletmede enerji maliyeti düşük).

Bina içi tesisat sistemlerine göre ısı pompaları aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- a) Bina tarafında su dolaşan ısı pompaları (Isı enerjisi gazdan suya transfer edilir. Döşemeden ısıtma/soğutma sistemleri örnek olarak verilebilir).
- b) Bina tarafında hava dolaşan ısı pompaları (Isı enerjisi havaya transfer edilir).

**Isı Pompalarında Enerji Verimliliği Öneri Listesi**

- a) Isı pompaları hem ısıtma hem de soğutma yapılan binalarda ekonomik olarak çalıştırılabilir. Sadece ısıtma yapılan binalarda, doğal gaz kazanlarının ilk yatırım maliyetleri daha düşüktür. Eğer binanın bulunduğu yerde doğal gaz yoksa ısı pompaları her zaman verimli biçimde kullanılabilir.
- b) Binada eş zamanlı ısıtma ve soğutma yükleri bulunması durumunda "kazan/kule sistemleri" kullanılabilir. Bunun için yılın tüm saatleri için binanın ısıtma ve soğutma yükleri, bina enerji modelleme programları ile analiz edilmelidir.
- c) Hava kaynaklı ısı pompaları 1, 2 ve 3. iklim bölgelerinde kullanılacaksa sezonluk verimlilik değerleri (SCOP) kontrol edilerek kullanılabilirler. 4. iklim bölgesi gibi soğuk iklimlerde ise kışın ekonomik analiz yapılarak elektrikli ısıtıcı, pelet kazanı, doğal gaz kazanı gibi desteklerle kullanılabilir. 2. iklim bölgesi için hava kaynaklı ısı pompalarının sezonluk verimliliğine ilişkin bir örnek aşağıda verilmiştir:

#### Örnek 7.1.8.1:

İstanbul iklim şartlarında apartman şeklindeki bir konutta havadan suya ısı pompası kullanımı durumundaki sezonluk (kış ve yaz için ayrı ayrı) enerji performansı hesaplanmıştır. Burada;

- Bir enerji modelleme programı ile binanın yılın tüm saatleri için ısıtma ve soğutma yükleri hesaplanmıştır.
- Üretici firma kataloglarından uygun bir ısı pompası ve dış hava sıcaklığına bağlı olarak söz konusu cihazın performans değerleri seçilmiştir.
- Bu verilere göre cihazın sezonluk verimlilik hesapları yapılmıştır.

Bu hesapların sonuçları aşağıda grafikler hâlinde verilmiştir.

CZ2-IST			
Saat	Dış hava sıcaklığı. (°C)	Toplam soğutma ihtiyacı (kW)	Toplam ısıtma ihtiyacı (kW)
01.01.2002 01:00	5	0	20
01.01.2002 02:00	5	0	20
01.01.2002 03:00	5	0	21
01.01.2002 04:00	5	0	21
01.01.2002 05:00	5	0	39
01.01.2002 06:00	5	0	69
01.01.2002 07:00	5	0	61
01.01.2002 08:00	5	0	50
01.01.2002 09:00	5	0	46
01.01.2002 10:00	6	0	26
01.01.2002 11:00	8	0	0
01.01.2002 12:00	9	0	0
01.01.2002 13:00	10	0	0
01.01.2002 14:00	10	0	0
01.01.2002 15:00	10	0	0
17.08.2002 07:00	21	14	0
17.08.2002 08:00	20	12	0



17.08.2002 09:00	23	13	0
17.08.2002 10:00	25	4	0
17.08.2002 11:00	28	9	0
17.08.2002 12:00	29	11	0
17.08.2002 13:00	29	12	0
17.08.2002 14:00	29	12	0
17.08.2002 15:00	29	12	0
17.08.2002 16:00	29	31	0
17.08.2002 17:00	28	41	0
17.08.2002 18:00	27	34	0
17.08.2002 19:00	26	31	0
17.08.2002 20:00	24	48	0
17.08.2002 21:00	24	38	0
17.08.2002 22:00	24	24	0
17.08.2002 23:00	23	17	0

- a) Bina enerji modellemesi programı ile ısı pompasının kullanılacağı binanın saatlik ısıtma ve soğutma yükleri (yılın tüm saatleri için – burada sadece küçük bir bölümü gösterilmiştir).

Örnek Model	Vitoclima 200-S/HE WS2053MHE0
Üretici	Viessmann
Kapasite (C/H)	5.1/5.3 kW

Not: Arçelik alt segment ürünlerinin enerji sertifikası da benzer değerleri göstermektedir.

Nominal Sezonals verimlilik			
Soğutma		SEER	6,1
Isıtma / Ortalama		SCOP/A	4,0
Isıtma / Daha sıcak		SCOP/W	5,4
Isıtma / Daha soğuk		SCOP/C	3,1

27 C iç ortam ve Td dış ortam sıcaklığında soğutma için beyan edilen enerji verimliliği katsayısı

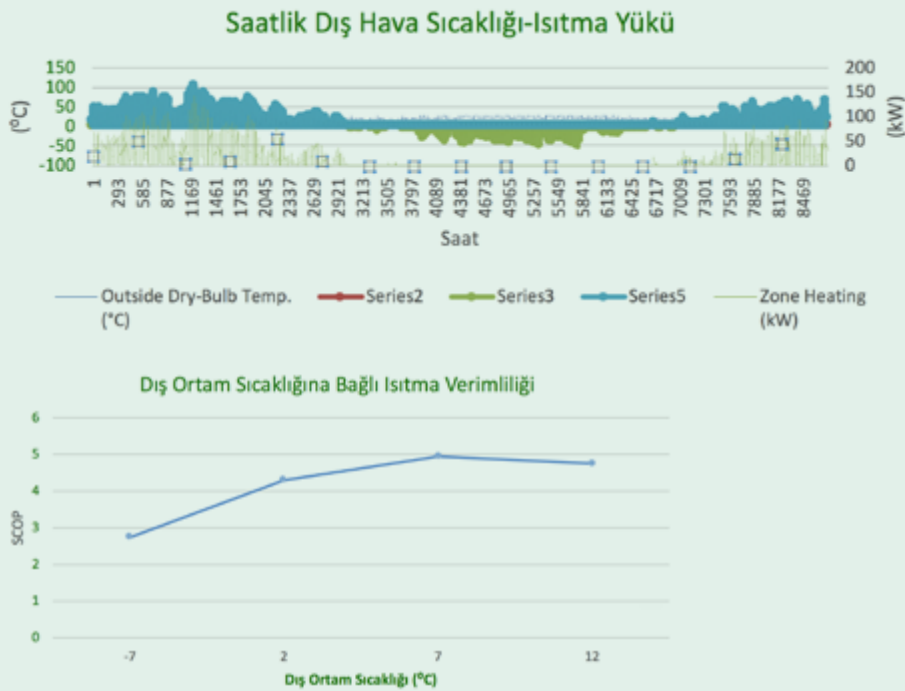
Td (°C)	35	EERd	3,35	Saat	8	27
Td (°C)	30	EERd	5,38	Saat	489	2631
Td (°C)	25	EERd	8,25	Saat	1297	10700
Td (°C)	20	EERd	7,06	Saat	329	2323
					Toplam Soğutma İhtiyaç Saati	2123
					EERd/A	7,386

20 C iç ortam ve Td dış sıcaklığında ortalama sezon için beyan edilen performans katsayısı

Td (°C)	-7	COPd	2,74	Saat	292	800
Td (°C)	2	COPd	4,30	Saat	1150	4945
Td (°C)	7	COPd	4,95	Saat	1547	7658
Td (°C)	12	COPd	4,75	Saat	1015	4821
					Toplam Isıtma İhtiyaç Saati	4004
					SCOP/A	4,551

b) Seçilen ısı pompasının performans özellikleri.

c.1) Isıtma sezonu için sezonluk enerji performansı – SCOP.



c.2) Soğutma sezonu için enerji performansı – SEER

Yukarıdaki grafiklerde görüldüğü üzere ısı pompasının İstanbul şartlarında ve örnek olarak seçilen binada ısıtma sezonundaki verimlilik performans katsayısı (SCOP) 2,5 ile 5,0 arasında olup ısıtma sezonunun çok büyük bir bölümünde doğal gaz kazanından çok daha enerji verimli çıkmıştır (Baş-baş noktası 3,3 civarındadır). Soğutma sezonundaki verimlilik performans katsayısı (SEER) ise 3,0 – 6,0 arasındadır ve yüksek bir verimliliğe sahiptir. Durumun böyle olması, İstanbul ikliminin büyük ölçüde ılıman ve hava kaynaklı ısı pompaları için uygun olmasındandır. Sonuçta 1 ve 2. iklim bölgelerinde hava kaynaklı ısı pompaları hiçbir hesap yapmadan kullanılabilir ve doğalgaza göre daha avantajlıdır. Daha soğuk iklimler için ise bu örnekte görüldüğü gibi kış sezonu için doğal gazla göre verimlilik ve karşılaştırma analizi yapılması uygun olur. Su kaynaklı ve toprak kaynaklı ısı pompaları daha verimli olduğundan her zaman kullanılabilir. Bütçe, su kaynağı gibi kısıtlara bağlıdır. Eğer binanın bulunduğu yerde doğal gaz yoksa her hâlukarda ısı pompası kullanılabilir.

- d) Isı pompalarında kışın ne kadar düşük sıcaklıkta su üretilirse yazın ise tersine ne kadar yüksek sıcaklıkta su üretilirse sezonluk verimlilikleri o kadar yüksek olur. Örneğin düşük sıcaklıklı ısıtma/yüksek sıcaklıklı soğutma sistemlerinde (döşemeden, tavandan, duvardan ısıtma ve soğutma sistemleri), iyi ısı yalıtımı yapılmış bir binada kışın 40/30°C, yazın 15/20°C su sıcaklıklarında yüksek verimle ısıtma ve soğutma yapılabilir.
- e) Günümüz teknolojisinde bu sistemlerin işletme ve bakımları zor değildir, yeterli servis ve bakım imkânları bulunmaktadır, bakım masrafları düşüktür.
- f) Mevcut sistemlere adapte edilebilir (Sadece ısıtmada kullanılırsa radyatörlü sistemlerde bile kazan yerine ısı pompası konulabilir).
- g) Baca atık gaz gibi sorunlar yoktur, bunlar da dikkate alınırsa kazanlarla aradaki maliyet farkları azalır.
- h) Kısmi yüklerde enerji verimliliği yüksektir.
- i) Elektrik ile çalıştıkları için, güneş elektrik (PV) gibi sistemlerle desteklenirse çevrecidir.
- j) Hem ısıtma hem de soğutma tek bir cihazla yapılabildiği için avantajlıdır.
- k) Çoğu iklimlerde doğalgaz kazan sistemlerine göre daha verimlidir.
- l) Enerjiyi verimli biçimde kullanabilecekleri, kısmi yüklerde verimli çalışabilecekleri (enerji optimizasyonu yapabilecekleri) özelliklerde kontrol paneli ve yazılımına sahip olmalıdır.
- m) Cihaz kapasitelerini gereksiz büyüklükte seçmemek, işletmede dur/kalk sayısını azaltmak üzere sekonder devresi su olan borulama devrelerine özellikle düşük su hacimli sistemler) su hacmini artırmak üzere ilave tank konulması uygun olur.
- n) Fazla yer gereksinimi yoktur, montajı kolaydır, uzaktan izleme yapılabilir, servis ve bakım imkânları vardır.

### Ne Zaman Yenilenmelidir?

- a) Bina yenilemesinde binaya soğutma fonksiyonu da eklenecek ise kazan yerine ısı pompası kullanılabilir.
- b) Yenileme yapılan binanın bulunduğu yerde doğal gaz yok ise ısı pompası kullanılabilir.
- c) 20 yıldan daha eski bir ısı pompası mevcut ise cihaz yenilenebilir.
- d) Mevcut ısı pompası (yaşı ne olursa olsun) arızalı ise yenilenebilir.

### Sınırlama ve Dezavantajlar:

- a) Binanın elektrik altyapısı cihazın kurulumuna uygun olmalıdır.
- b) Sadece ısıtmada kullanılırsa ilk yatırım maliyetleri kazanlara göre yüksek olabilir.
- c) Gürültü gibi problemler için yer seçiminde dikkate alınmalıdır.

### D.5- Radyatörler

Radyatörler, içinden geçen sıcak su ile mahâl ısıtması için kullanılan en eski sistemlerdendir. Radyatörlerin iki temel tipi vardır:

- a) Çelik veya alüminyum panel radyatörler.
- b) Demir döküm veya alüminyum döküm radyatörler.

Bina içi tesisat sistemlerine göre ısı pompaları aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- a) Basit yapıdadır.
- b) Ticari olarak her yerde bulunur.
- c) İşletme açısından herkes tarafından bilinir.
- d) Çok düşük bakım gereksinimi vardır.
- e) Çok çeşitli yapıda ve boyutta bulunabilir.
- f) İşletme maliyetleri düşük sistemlerdir.
- g) Gürültü seviyesi düşük sistemlerdir.
- h) Termostatik vana kullanımı durumunda, mahâllerin istenilen sıcaklıklarda tutulması ve enerji verimliliği sağlar.
- i) Yoğuşmalı kazanların kullanılması durumunda radyatörler, 65°C/55°C gibi düşük sıcaklık rejimlerinde kullanılabilir. Bu durumda büyük yüzey alanına sahip olarak seçilmelidir.

Radyatörler tüm iklim koşullarında ve tüm mahâl çeşitlerinde ısıtma amacıyla kullanılabilir. Bina yenilemelerinde (eğer hasar görmemişlerse) yaklaşık 20 yıldan daha yeni radyatörlerin değiştirilmesine gerek olmayabilir. Bu durumda ısı aktarım etkinliğini arttırmak için radyatörlerin iç temizliği yaptırılmalıdır. Mevcut radyatörler sağlam ise bina kabuğunda ısı yalıtımı yapıldığında bina ısıtma ihtiyacı azalacağı için yoğuşmalı kazanlarla da kullanılabilir. Buna karşın, eğer bina kabuğu iyileştirilmeden sadece kazan yoğuşmalı kazan ile değiştirilecek ise radyatörlerin yüzey alanının yoğuşmaya olanak sağlayacak şekilde büyütülmesi etüt edilmelidir. Bina yenilemelerinde soğutma da yapılacaksa radyatör sistemleri yerine fan-coil sistemleri, döşemeden ısıtma-soğutma sistemleri, soğutucu gazlı ısıtma-soğutma sistemleri (VRF) vb. yapılmalıdır.

### Ne Zaman Yenilenmelidir?

- a) Radyatörlerde fiziksel hasar varsa,
- b) Kullanılan suyun kimyasal özelliği nedeniyle radyatörlerde delinmeler söz konusu ise,
- c) 20 yıldan daha eski ise yenilenebilir.

**Sınırlama ve Dezavantajlar:**

- a) Bina çevresinde, pencere önlerine yerleştirildikleri için yer işgal ederler.
- b) Pencere doğa havalandırma vb. gerekçelerle açılırsa, radyatörlerden fazla ısı kaybı oluşabilir.
- c) Sadece ısıtmada kullanılabilirler.
- d) Estetik kaygılarla önünün ve üzerinin kapatılması durumunda enerji verimliliği düşer.

**D.6- Fan Coiller**

Fan coiller, hem ısıtma hemde soğutma yapan kazan-soğutma grubu veya ısı pompası beslemeli sulu ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılır. Fan coiller iki grupta sınıflandırılabilir:

- a) İki borulu fan coiller (Cihaz içinde tek serpantin vardır; aynı serpantin ile kışın ısıtma, yazın soğutma yapılır).
- b) Dört borulu fan coiller (Cihaz içerisinde iki serpantin vardır; ortam set sıcaklığına göre ısıtma veya soğutma her zaman yapılabilir, daha konforlu sistemlerdir, ancak pahalıdır).

Fan coiller, hizmet edeceği mahâlde izin verilen gürültü seviyesinden daha düşük gürültü ile çalıştırılmalıdır (En azından sıcaklık ayar değerine yaklaşıncaya düşük devirlerde bu sağlanabilmelidir).

Fan coiller, mahâllere yüksek hava hızı oluşturacak şekilde yerleştirilmemelidir. Bina yenilemelerinde fan coillerdeki ilk yatırım ve işletme maliyetlerini düşürmek için öncelikle mahâllerin enerji ihtiyacı azaltılmalıdır. Tadilatla asma tavan olanağı varsa gizli tavan tipi fan coiller kullanılabilir.

**Fan Coillerde Enerji Verimliliği Öneri Listesi**

- a) Enerji verimliliği ve gürültü yönünden en uygun fan coiller EC fanlı fan coillerdir.
- b) Daha pahalı da olsa enerji verimliliği ve kontrol kolaylığı için otomasyona bağlanabilecek tipte fan coil termostadı tercih edilmelidir.
- c) İki borulu fan coillerde kapasite kontrol, genellikle termostattan kumanda alan iki yönlü kontrol vanaları ile gerçekleştirilir. İki borulu sistemlerde tek kontrol vanası vardır, dört borulu sistemlerde iki kontrol vanası vardır. Fan coil fanları da termostatlarından kontrol edilirler.
- d) Fanların EC fan olması kademesiz ve verimli kontrol sağlar.
- e) Çok devirli fan coil fanlarında ortam sıcaklığı ayar değerine gelene kadar yüksek devirde çalıştırılır (Ancak bu durum gürültüdür), mahâl sıcaklığı ayar değerine yaklaşıncaya fan düşük devire geçirilir.
- f) Bazı durumlarda iki yönlü vana kullanılmayabilir. Bu durumda ortam sıcaklığı kontrolü sadece fan ile yapılır (Bu kontrol şekli enerji verimliliği yönünden genelde uygun değildir).

### Ne Zaman Yenilenmelidir?

- a) Bina yenilemesinde mevcut durumda soğutma sistemi yoksa ve yeni durumda soğutma sistemi kurulacak ise,
- b) 20 yıldan daha eski fan coil tesisatı mevcut ise ve cihazlar verimsiz ise (kontrol vanası yoksa, fanları ve motorları verimsiz ise),
- c) Fan coiller sık sık arızalanıyor ise (yaşı ne olursa olsun), yenilenebilir.

### Sınırlama ve Dezavantajlar:

- a) Düşük sıcaklıklı ısıtma/yüksek sıcaklıklı soğutma sistemlerine göre enerji verimliliği daha düşüktür.
- b) Çok sayıda fan coil bulunan binalarda işletme ve bakım maliyetleri yüksek olabilmektedir.
- c) Belirli aralıklarla filtreleri temizlenmeli/yenilenmelidir.

### D.7- Pompalar

Pompalar binalardaki ısıtma ve soğutma sistemlerinde, kullanım suyu sistemlerinde, sulu yangın söndürme sistemlerinde kullanılır. Pompa kullanımında öncelikle ısıtma/soğutma yükleri ve dolayısıyla su debileri düşürülmelidir. Bu ise bina kabuğunda ısı yalıtımı, gölgeleme vb. ile gerçekleştirilebilir.

Sistem ısı kapasitesine bağlı olarak tesisatta tek pompa olabileceği gibi paralel veya seri olarak çoklu pompa da kullanılabilir. Büyük binalarda zonlarda pompalar genellikle paralel bağlanır ve bu şekilde kapasite kontrolü yapılır. Seri bağlı pompa bina tesisatlarında genellikle kazan ve soğutma grubu primer pompaları ve sekonder pompalar şeklinde kullanılır.

Isıtma ve soğutma devrelerinde pompalar genellikle kısmi yüklerde çalıştıkları için ( $\Delta P$ ,  $\Delta T$ , değişken hız gibi kontrol teknolojileri ile) enerji verimlilik senaryoları uygulanmalıdır. Pompalar değişken debili olarak çalıştırılırsa enerji verimliliği artar. Pompalarda verimlilik pompanın kendisi ve motor ile birlikte değerlendirilmelidir.

Pompalar; debi, basınç, tesisatın durumu ve işletme rejimi dikkate alınarak en verimli bölgede seçilmelidir.

### Ne Zaman Yenilenmelidir?

- a) Bina yenilemesinde fan coil tesisatı, döşemeden ısıtma-soğutma sistemi veya tüm havalı sistem kurulacak ise,
- b) Santrifüj pompalar 20 yıldan daha eski; düz boruya takılan pompalar 15 yıldan daha eski ise,
- c) Fanlarda olduğu üzere pompalarda da kapasite (debi, basınç) arttıkça verimlilik artar. Ayrıca şebekeden çekilen elektrik enerjisi devir sayısının küpü ile değiştiği için yenilemelerde bu husus göz önünde tutulur. Bu bağlamda (ölçüm cihazları ile yapılacak ölçümler ve buna dayalı hesaplar sonucu) mevcut pompa sisteminin (motor dahil) verimliliği, piyasadaki güncel teknolojik ürünlerden (bakınız Tablo 4-6) yaklaşık %20'den daha düşük ise pom-

pa-motor sistemi komple yenilenebilir. Yeni sistemin yüksek verimli pompalı ve IE3 (veya mümkünse IE4) sınıfı motorlu olması tercih edilmelidir.

d) Pompa arızalı ise yaşı ne olursa olsun yenilenmelidir.

#### D.8- Vanalar

Bina tesisatlarında küresel, kelebek ve globe tipte vanalar kullanılabilir. Pislik tutucular ve geri tepme vanaları da aynı kategoride değerlendirilebilir.

Enerji verimliliği açısından düşük direnç katsayısı olan vanaların seçilmesi (örneğin tam geçişli küresel vanalar), tasarımda mümkün olduğunca az sayıda vana kullanılması uygun olur.

#### D.9- Genleşme/Büzüşme Depoları ve Emniyet Valfleri

Hidrolik eleman olarak genleşme depoları sistem basıncı için bir referans oluşturur. Üç farklı yapıda genleşme deposu söz konusudur.

##### Açık Genleşme Depoları:

Atmosfere açık depolardır. Sıvı ve gaz yakıtlı sistemlerde tercih edilmezler. Gerekli güvenlik önlemleri yeterince alınamayan katı yakıtlı tesislerde açık genleşme depoları kullanılır.

##### Membranlı veya Diyaframlı Kapalı Genleşme Depoları:

Kapalı genleşme depoları bir tarafta su devresi olan ve bir diyafram ile sıkıştırılan bir gaz (azot veya hava) hacminden oluşan kapalı bir kaptır.

##### Kompresörlü (azot yastıklı) Kapalı Genleşme Depoları:

Birbiri ile direkt temaslı su ve azot gazı bulunan sistemlerdir (Genellikle büyük sistemlerde kullanılır).

Sıvı ve gaz yakıtlı tesislerde "kapalı tip" genleşme depoları kullanılır. Çünkü bu sistemlerde elektrik kesilmesi veya emniyet tedbiri gereği gibi durumlarda brülör durduğunda yanma işlemi de durur.

Kömürlü kazanlı sistemlerde kazanlara açık genleşme depoları bağlanır. Ancak bu sistemlerde ısı kayıpları fazla olduğu için kazanlar ana sistemden bir eşanjörle ayrılabilir. Böylece sadece kazan tarafına açık genleşme deposu, bina ana sistemine ise kapalı genleşme deposu konulabilir.

Kapalı genleşme deposu basıncı bina statik yükseliği dikkate alınarak sistemdeki su hacmine göre seçilir. Verimli bir işletme için gaz basıncı gereğinden fazla olmamalıdır.

### Isıtma ve Soğutma Sistemleri Enerji Verimliliği Öneri Listeleri

Bu kısımda yukarıda açıklanan hususlara ilaveten ısıtma ve soğutma sistemlerinde tadilat planlaması aşaması, inşaat süreci, TAD aşaması ve işletme sürecinde enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik öneriler verilmiştir. Bu önerilerin hepsinin bir binada yapılması söz konusu değildir. Binanın cinsine ve büyüklüğüne göre yetkililer, tasarımcılar ve işletmeciler uygun önlemleri değerlendirerek kullanmalıdır (Bu husus, bu rehberin; diğer bölümlerindeki enerji verimliliği önlemleri için de geçerlidir).

#### Genel

- İç mekân kalitesini ve prosesi bozmamak kaydı ile cihaz tamamen kapatılabilirse en yüksek enerji verimliliği elde edilebilir (örneğin mevsim geçişlerinde). Bu, olamıyorsa sistemlerin çalışma saatlerini mümkün olduğunca düşürmeye çalışılmalıdır.
- Büyük binalarda mekanik tesisat, elektrik tesisat ve diğer sistemler için uygun otomatik kontrol ve/veya mekanik otomasyon sistemleri, enerji ölçüm ve izleme sistemleri kurulması, algoritmaların enerji verimliliğini üst düzeyde sağlayacak şekilde oluşturulmalıdır. Bu sistemler binanın cinsine ve iklim bölgesine bağlı olarak kurulması durumunda %25'e varan oranlarda enerji verimliliği sağlayabilirler.
- Her sistem grubu (ısıtma, soğutma, havalandırma, egzoz fanları vb.) için günlük, haftalık, aylık, yıllık çalışma düzeni ve saatleri oluşturulup bunlar zaman içinde revize edilmelidir.
- Bina tadilatlarını doğru planlamak için mevcut sistemler detaylı biçimde incelenmelidir. Bunun için Ek-4.5'teki kontrol formları faydalı olacaktır.
- Büyük ve 24 saat çalışan binalarda (örneğin hastane, gar binası, havaalanı, askeri binalar) birleşik ısı-güç (kojenerasyon, trijenerasyon) sistemlerinin kullanımı etüt edilmelidir.
- Isıtma, soğutma sistemlerinde tam yükte kullanım süreleri düşük olduğu için ısıtma-soğutma yüklerine fazladan emniyet faktörü uygulanmamalıdır.
- Kısmi yüklerde verimliliği yüksek kazan, soğutma grubu, klima santralleri, pompalar vb. seçilmelidir.
- Sulu ısıtma/soğutma sistem ve cihazlarının giriş ve çıkışlarına mutlaka monometre, termometre konulmalıdır. Ayrıca yıkama için by-pass hattı tesis edilmelidir.
- İşletmede iç mekân kalitesinin sağlandığı kontrol edilmelidir. Çalışanlarla konuşulmalı, mahâl iç hava kalitesi ve sıcaklıkları ölçümler yapıp kaydedilmelidir. Böylece sistemlerin gereksiz yere çalışmaları önlenmiş olur.
- Büyük sistemlerde yetkin ve iyi eğitilmiş işletme personeli çalıştırılmalıdır (işletme konusunda 9. bölüme de bakınız).
- Sulu ısıtma, soğutma sistemlerinde (kalorifer, fan coil, klima santrali, döşemeden ısıtma-soğutma vb.) binanın ana eksenlerine göre ve ayrıca çoklu binalarda bina bazında zonlama yapılmalıdır. Bu bağlamda gerekli yerlerde balans vanası kullanılmalıdır.
- Hastane, yurt binası gibi binalarda ısı geri kazanım özellikli soğutma grubu veya ısı pompası seçilerek; sıcak kullanım suyu ısıtmasını desteklemek mümkündür.
- Binada eş zamanlı ısıtma-soğutma yükleri oluşmuyor ise kazan-kule ile ısı pompası sistemleri kurulması uygun olmaz. Eğer kurulacaksa alternatif sistemlerle karşılaştırmalı enerji tüketimi ve maliyet analizleri yapılmalıdır. Bu sistemler ancak güneş sıcak su kolektörleri ile desteklenirse verimli bir sistem oluşturulabilir, bunun için projelendirme aşamasında etüt yapılmalıdır.
- Doğal gazın olmadığı yerlerde; ısı pompası ve güneş elektrik sistemlerin kurulması yararlı olur.



Bu bağlamda mevcut binalarda elektrik alt yapısı kontrol edilmeli, eksiklikler varsa giderilmelidir.

- o) Kapalı ısıtma ve soğutma sistemlerinde sık sık su takviyesi yapılmamalıdır, böyle bir ihtiyaç oluşuyorsa kaçaklar bulunup tamir edilmelidir. Bunun için sisteme su sayacı bağlayarak izleme yapılması yararlı olur.
- p) Elektrik pahalı olmakla birlikte, küçük ve yerel nemlendirme ihtiyaçlarının elektrikli buharlı nemlendiricilerle yapılması ekonomik olabilir.

#### Isıtma Sistemleri

- a) Eğer binanın bulunduğu yerde su kaynağı varsa veya toprak kaynaklı sistemler için bütçe varsa su veya toprak kaynaklı ısı pompaları kullanımı değerlendirilmelidir.
- b) Mevcut binaya soğutma da eklenecekse ısı pompaları veya benzeri verimli sistemler kullanımı araştırılmalıdır (Hava kaynaklı ısı pompaları verimlilik bakımından çok soğuk iklimler hariç, genelde doğal gaz kazanları ile rekabet edebilir duruma gelmiştir).
- c) Büyük kazan sistemlerinde işletme programı oluşturulmalı, kaskad kontroller ve oransal brülörler kullanılmalıdır. Kazan kontrol panelleri, mahâl ısıtması dış hava kompanzasyonuna ilave-ten sıcak kullanım suyu ve klima santralı hava ısıtması gibi farklı ihtiyaçları da kontrol edebilecek yapıda olmalıdır.
- d) Kazanlarda yanma odasında verimli bir yanma temin edilmeli, yanma verimliliği artırılmalıdır. Kazan içinde çatlaklar veya düzensizlikler varsa giderilmelidir.
- e) Pilot yanma alevi, yakma havası gibi ekipmanlar sıklıkla kontrol edilmelidir.
- f) Kazanların sık durup kalkmaları önlenmelidir, gazlı ve sıvı yakıtlı sistemlerde oransal brülörler kullanılmalıdır.
- g) Kazan dairesi havalandırmasının iyi bir şekilde yapılabildiği kontrol edilmelidir.
- h) Kazan bacaları yılda en az bir kez kontrol edilmelidir.
- i) Yazın sıcak su ihtiyacı varsa bunun için ayrı ve daha küçük kapasitede kazan kullanımı değerlendirilmelidir.
- j) Genleşme deposu, emniyet vanaları gibi emniyet ekipmanları sıklıkla kontrol edilmelidir.
- k) Kazan sisteminin verimli çalışıp çalışmadığı sürekli ölçülüp kontrol edilmelidir, bunun için periyodik verimlilik testleri yapılmalıdır (Bu işlemin maliyeti düşüktür, enerji verimliliği potansiyeli yüksektir).
- l) Kazanlardaki kayıplar genelde aşağıdaki unsurlardan oluşur:
  - Durma/kalkma kayıpları (Bu kayıpları azaltmak için oransal brülörler ve baca gazı damperi kullanılabilir).
  - Baca gazındaki kayıplar (Eğer bacagazı sıcaklığı yüksek ise ekonomizer konulması gibi hususlar değerlendirilmelidir).
  - Kazan yüzeylerinden olan kayıplar (Kazan yüzeylerinin ısı yalıtımı ve kapak sızdırmazlıkları çok iyi biçimde sağlanmalıdır).
  - Oransal brülör kullanılmaması durumunda oluşabilen kayıplar.
  - Yardımcı ekipmanlardaki kayıplar dikkate alınmalıdır.
- m) Kazanlarda brülörler belli aralıklarda temizlenip ayarlanmalıdır.
- n) Büyük kazan sistemlerinde yakma fanları değişken devirli olmalıdır.
- o) Kazanların yanma ve su tarafı temizliği sıklıkla yapılmalıdır (Yanma tarafında yüzeylerde yakıtın cinsine bağlı olarak is, kurum, partikül birikir ve ısı transfer verimini düşürür. Temizleme

aralığı yakıtın ve kazanın cinsine bağlıdır. Su tarafında da aynı durum geçerlidir; su içindeki partiküller, kireç taşı vb. ısı transfer yüzeylerine yapışarak verimliliği düşürür. Bunların temizlik aralığı ve yöntemleri de üretici firmalarla görüşülerek belirlenmelidir).

- p) Isı geri kazanım potansiyeli olan sistemlerde bacagazı devresine ekonomizer konulması araştırılmalıdır (Ekonomizerler normal veya yoğunlaşmalı tip olabilirler. Geri dönüş süreleri genelde 3 – 4 yıldır, maliyeti çok yüksek değildir).
- q) Kazanın sık sık devreye girip çıkmaması (dur-kalk kayıpları) ve ani sıcak su kullanımlarını karşılamak için ısı (sıcak su) depolama yapılması araştırılmalıdır.
- r) Kazanlarda yakma havası ön ısıtması için ısı geri kazanım imkanları araştırılmalıdır.
- s) Kazan işletme programları ile işletme sıcaklıkları, işletme basınçları vb. kontrol edilmelidir.
- t) Isıtma/soğutmada fan, motor, filtre olmadığı için döşemeden ısıtma-soğutma sistemleri tercih edilmelidir (Sessiz, verimli; bakım yok, yedek parça ihtiyacı yok).
- u) Bacagazı sıcaklığı, kazan suyu sıcaklığı arttıkça artar ve buna bağlı olarak verimlilik düşer. Ölçüm yapılarak gerekirse ekonomizer eklenmelidir.
- v) Tam kazan kapasitesinde yüksek sıcaklıkta çalıştırılan bir kazanda bacagazı sıcaklıkları artacağı için verim düşer. Bu bağlamda 75°C su sıcaklığında  $\Delta T$  5°C ile çalışan bir sistem yerine 60°C'de 10°C  $\Delta T$  ile çalışan bir işletme daha verimlidir. Düşük sıcaklık ve yüksek  $\Delta T$  durumunda hem kazan verimi artar, hemde pompa debileri düşeceği için pompalarda tüketilen elektrik enerjisi azalır.
- w) Yılın çoğu sürelerinde fan coiller düşük kapasitede çalışır. Bu durumda fan coil iki yönlü vanasının tam açık veya tam kapalı olması gerekmez. Fan coil özellikleri incelenerek fan devir sayısı ayarları uygun biçimde yapılırsa önemli enerji verimliliği sağlanabilir. 4 borulu fan coillerde ısıtma ve soğutma serpantin vanaları aynı anda açmamalıdır. Bunun için set değerinden 3°C kadar "dead band –ölü bölge" öngörülür. Örneğin ortam sıcaklık set değeri kışın 22°C ise, 20°C altında ısıtma vanası aç komutu verilir. Yazın ise set değeri 25°C ise 27°C'de soğutma vanasına aç komutu verilir.
- x) Yazılımlarla gelecek günler için yük tahminleri yapılarak değerlendirme yapılan süreçte, ne kadar ısıtma/soğutma ihtiyacı olduğu belirlenebilir. Bu bağlamda ihtiyaç olmayan sistemler otomasyondan kapatılarak boşuna çalışmaları önlenir.
- y) Yüke bağlı olarak kazan veya soğutma grubu kapandı ise ilgili pompalar hatta fan coil fanları da kapatılır. Çünkü bu tür ekipmanların tükettiği enerji sistemin tüm enerjisinin %5-20'si arasında olabilir.
- z) Merkezi ısıtma, soğutma, havalandırma sistemlerinde mesai dışı esneklik enerji tüketiminde rol oynayabilir. Örneğin bir binada tek bir ofis mahalli açık olsa bile ana sistemin çalıştırılması gerekebilir. Bu gibi olumsuzlukları azaltmak için belli saatte merkezi sistemler kapatılır. Mesaiye kalan kişiler tekrar sıcaklığı ayarlarsa ilgili zon çalıştırılabilir. Bu durum soğutma ve havalandırma sistemleri için daha fazla geçerlidir.
- aa) Kazan brülörlerinde optimum hava/yakıt oranları, otomatik karışım kontrol, oransal brülör ayarları, kazan kontrol paneli ayarları sıklıkla kontrol edilmeli, sıklıkla baca gazı analizi yaptırılmalıdır.
- ab) Isıtma borularında kazan dairesi ve ısıtılmayan mahalden geçen boruların, soğutmada ise tüm boruların ısı yalıtımları yapılmalıdır. Isı köprüleri oluşmaması, vanalara ısı yalıtım ceketleri takılması sağlanmalıdır.

- ac) Kazan sistemlerinde ve ısı pompalarında ikincil (sekonder) devreyi ayırmak için denge kabı, daha iyisi ısı değiştirici (eşanjör) kullanılmalıdır.
- ad) Isıl depolama olanakları incelenmelidir.
- ae) Sıcak kullanım suyu sistemlerinin insanların çalışma programına uygun programlanması, mümkün olduğunca zonlama yapılması, tesisat yalıtımı yapılması ve sirkülasyon pompalarının zaman ayarlı çalıştırılması uygun olur.
- af) Ölçüm ve verimli bir işletme için kazan tesisatına aşağıdaki gibi ekipmanları yerleştirilmesi uygun olur:
  - Baca termometresi,
  - Kirlilik sensörü,
  - Yanma verimliliği göstergeleri,
  - Büyük sistemlerde baca gazı debimetresi ve kalorimetre,
  - Büyük kazan sistemlerinde baca gazı, O<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> (oksijen trim) kontrol sistemleri,
  - Hava- yakıt oranlarını otomatik ayarlayan sistemler vb.
- ag) Tesisat sistemlerinde kullanılan ölçüm ekipmanlarının kalibrasyonları üretici firmaların önerdiği sürelerde yapılmalıdır.

#### Soğutma Sistemleri

- a) Büyük soğutma sistemlerinde elektrik analizörü, debimetre ile gidiş- dönüş suyu sıcaklıkları ölçülerek anlık COP, EER hesapları yapılması yararlı olur (Sonuçta sezonluk COP ve EER hesabı yapılabilir. Bu durum özellikle hastane, hava alanı, üniversite kampüsleri gibi büyük binalarda çok önemlidir).
- b) Enerji verimliliği yüksek soğutma grupları, pompalar ve soğutma kuleleri seçilmelidir.
- c) Su kalitesi üreticilerin belirttiği nitelikte olmalıdır.
- d) Absorbsiyonlu soğutma gruplarında sisteme giren sıcak su veya buhar miktarı ve enerjisi ölçülmelidir.
- e) Soğutma grubu, soğutma kuleleri ve pompalardan oluşan soğutma sisteminin toplam performansı zaman zaman değerlendirilmelidir. Eğer performansta düşüş gözlenirse sebepleri araştırılır (kirlilik, tıkanma vb.).
- f) Sıcak ve kuru iklimlerde doğrudan veya dolaylı "evaporatif soğutma sistemleri" kullanımı araştırılmalıdır.
- g) Ortak kule kullanımlarında pompaların durumu etüt edilmelidir.
- h) Büyük soğutma sistemlerinde "chiller plant optimizasyon programları" ile %20'ye varan oranlarda enerji verimlilik artışı sağlanabilir.
- i) Soğutma yükü olmadığı dönemlerde otomasyon ile soğutma sistemi pompaları ile birlikte komple kapatılmalıdır (Böylece "stand-by" kayıpları, yardımcı ekipmanlardaki kayıplar azalır).
- j) IT odaları, veri merkezleri gibi yılın tüm saatleri için soğutma gereksinimi olan yerlerde "serbest soğutma (free-cooling)" özellikli sistemler kullanılmalıdır.
- k) Dış hava sıcaklığına göre soğutma grubu "evaporatör ve kondenser" suyu çıkış sıcaklıkları ayarlanabilmelidir. Özellikle fazla güneş ışınımı alan cam cephe binalarda ve iç yüklerin fazla olduğu binalarda bunun etkisinin daha fazladır. Bu şekilde gerçek dış hava verileri ile iç yükleri dikkate alan enerji modellemesi yapılarak "chiller plant optimizasyonu" verimli biçimde çalıştırılabilir (Saatlere bağlı olarak kaç soğutma grubu, hangi kapasitede ve hangi çıkış suyu sıcaklığında ça-

- İşacağı belirlenebilir). Bu yapılamıyor ise soğutma grupları için günlük çalışma süreleri için bir excel programı hazırlanması yararlı olur.
- l) Kule fanları ve sirkülasyon pompası, kule çıkış suyu sıcaklığına bağlı olarak, yazılım ve değişken devir kontrolü ile verimli biçimde çalıştırılabilir.
  - m) Soğutma grubu devrelerinde ve kule devrelerinde  $T=5^{\circ}\text{C}$ 'lik farkın sağlanması pompalarda enerji verimliliği sağlar (Ancak burada soğutma grubunun minimum gerekli su debisi ihtiyacı ve kapasite kontrolü şekli bir kısıt oluşturur).
  - n) Kazanlarda olduğu üzere soğutma gruplarının "evaporatör ve kondenser" temizlikleri belli aralıklarla yapılmalıdır.
  - o) Soğutma grupları, değişken devirli seçilirse kısmi yüklerde kompresörden ve pompalardan daha fazla enerji verimliliği sağlanır.
  - p) Eğer bir süre çalışmayacak soğutma grubu varsa (örneğin kış mevsiminde) ve donma riski varsa "evaporatör ve kondenser" içindeki bu soğaltılmalıdır.
  - q) Soğutma grubu sayısı ve kapasitesi seçilirken günlük yük profili analiz edilmelidir. Burada günlük soğuk depolama kapasitesinin düşürülmesine ve elektrik tarifelerinde pik yüklerin traşlanmasına olanak sağlar (Isıl depolama bölümüne bakınız).
  - r) Büyük soğutma kapasitesi gerektiren binalarda değişken gazlı soğutma sistemleri (VRF gibi CFC tabanlı soğutma sistemleri) tercih edilmemesi önerilir.
  - s) Büyük tesislerde toplam soğutma kapasitesinin 2 – 3 soğutma grubuna (gerekirse daha fazla) bölünmesi uygun olur.
  - t) Soğutma gruplarının sık devreye girip çıkmaları önlenmelidir (Bunun için sistemler izlenir, kayıt tutulur, tasarımın başında ısıl depo kullanılır).
  - u) "Akış kontrol anahtarı", işletme basıncı ve sıcaklığı kontrolü, emniyet vanaları sık sık kontrol edilmelidir.
  - v) Kule blöfü ve temizliği sık sık yapılmalıdır.
  - w) "Kondenser ve evaporatör" su devreleri temizlikleri yılda en az bir kez yapılmalıdır.
  - x) Soğutma kuleleri hava soğutmalı soğutma grupları, ısı pompası ve VRF sistemleri dış üniteleri atmosferdeki toz ve partiküllerden koruması için ilave önlemler alınmalıdır.
  - y) Soğutma kulelerinde homojen su ve hava dağılımı olduğu kontrol edilmelidir.
  - z) Soğutma kuleleri bina çatısı gibi hava sirkülasyonunun iyi olduğu yerlere konulmalıdır. Kısa devre ve "by-pass" yapabilecek bina kenarlarına veya çukur yerlere kule konulmamalıdır.
  - aa) Soğutma gruplarında gereğinden düşük veya gereğinden fazla gaz şarjı verimliliği düşürür. Düşük gaz şarjında "evaporatör" yüzeyleri boyunca buharlaşma az olur. Böylece "evaporatör" sıcaklığı fazla yükselir, kompresör aynı soğutmayı yapabilmek için daha fazla çalışır, hermetik motorlarda gaz motoru yeterince soğutamaz. Fazla gaz şarjında ise; sıvı fazdaki gazın bir bölümü kondensere geri döner, kondenser ısı transfer alanını düşürür, sıvı gaz kompresöre de zarar verebilir ve verimi düşürebilir.
  - ab) Soğutma kulelerinde üç yollu vana devre kullanılması yararlı olur. Bu şekilde "kondensere" çok düşük sıcaklıkta (örneğin  $18^{\circ}\text{C}$  altında) su dönmesi engellenerek verim artırılır.
  - ac) Soğutucu gaz devrelerinin basıncı, kompresör yağlama durumu, akışkan miktarı zaman zaman kontrol edilmelidir.
  - ad) Soğutucu gaz kurutucu filtreleri sık sık temizlenmelidir.

- ae) Soğutucu gaz kompresörü yağlama devreleri sıklıkla kontrol edilmelidir.
- af) Soğutucu gaz devreleri genleşme (expansiyon) valfleri sık sık kontrol edilmelidir (Gerekirse soğutma grubu üreticisinden yardım alınmalıdır). Valflerde doğru basınç, sıcaklık, yağ seviyesi ve akışkan dolaşımı olduğu kontrol edilmelidir.
- ag) Soğutma grupları için gerekirse otomatik tüp temizleyici monte edilmelidir.
- ah) Sıcak iklimlerde hava soğutmalı soğutma grupları veya ısı pompaları için evaporatif soğutucu eklenmesi değerlendirilebilir.
- ai) Soğutucu gaz devrelerinde mekanik anormallikler, yüksek akım ve-veya gerilim gibi elektriksel sorunlar kontrol edilmelidir.
- aj) 20 yıldan eski (hâlâ çalışıyor olsa da) teknolojik ömrünü doldurmuş soğutma grupları ve soğutma kuleleri yenilenmesi etüt edilmelidir (Bu tür maliyetli uygulamalar için enerji modellemesi yaparak geri dönüş süreleri daha doğru belirlenebilir).
- ak) R22 soğutucu gazlı (çevreye zarar veren ve düşük verimli) soğutma sistemleri varsa yenilenmelidir.
- al) Soğutma grubu verimlilikleri yük ile değişir. Uygun bir işletme ile önce bir soğutma grubunun düşük kapasitede çalışması, bu cihaz %100 yüke geldikten sonra kapasiteyi karşılayamıyor ise; ikinci, üçüncü gruplar gerektiği kapasitelerde çalışmaya başlar (Paralel çalışan cihazlarda eş yükleme olması daha uygundur). Farklı verimlilikteki soğutma grupları varsa önce en verimli olanı çalıştırılır. Örneğin yeni ve eski cihazlardan varsa önce yenisi çalıştırılır. Pompalar da soğutma gruplarına paralel olarak devreye girip çıkar. Soğutma gruplarının çıkış suyu sıcaklığına (bina soğutma sistemine gidiş sıcaklığı) göre kontrol yapılır. Örneğin 8/13°C çalışan bir sistemde gidiş suyu sıcaklığı olabildiğince yüksek (yukarıda açıklandığı üzere) ve  $\Delta T = 5^\circ\text{C}$  civarında tutulursa sistem daha verimli çalışır. Bu ve benzeri kontrol senaryoları oluşturulmalıdır.
- am) Aynı verimlilikte ve farklı kapasitelerdeki soğutma gruplarından en küçük olanı öncelikle çalıştırılır. Aynı verimlilikteki soğutma gruplarından aynı yükte çalışıyor olmalarına dikkat edilmelidir, grupların kapasiteleri farklı da olsa bu durum geçerlidir. Soğutma gruplarının performans eğrileri burada yardımcı olur. Eğer soğutma grupları eşit kapasitede ise yük dağılımını yapmak kolay olacaktır. Örneğin bir sistemde 1 adet eski santrifüj, 1 adet yeni vidalı soğutma grubu bulunsun. Düşük yüklerde vidalı soğutma grubu, yüksek yüklerde santrifüj soğutma grubu daha verimli çalışır. Ancak farklı verimdeki soğutma gruplarının verimli biçimde çalıştırma stratejileri daha karışıktır. Yük iki makinanın çalışmasını gerektirecek düzeye çıkar ise yük iki makinaya eşit paylaşılır vb.
- an) Dış hava sıcaklığı ve "entalpisinden" hareketle soğutma grubu kontrolü yapılabilir. Kuru iklimlerde sıcaklık kontrolü yeterli olabilir ancak nemli iklimlerde, kuru termometre ve "entalpi" kontrolü yapılmalıdır.
- ao) Pompa basınçları ile soğutma gruplarının ihtiyaç duydukları basınçlar birbirine uygun olmalıdır. Aksi takdirde pompalar verimli bölgede çalışamayabilir.
- ap) Çevre sıcaklığı düştüğünde soğutma grubu "kondenser" sıcaklığı da düşürülürse verimlilik artar (Üretici önerileri de izlenmelidir). Çünkü "kondenser" giriş suyundaki her  $1^\circ\text{C}$ 'lik sıcaklık azalması, soğutma grubu kompresörü elektrik tüketiminde %3 civarında enerji verimliliği sağlar. Ancak burada kondenser giriş suyu sıcaklığı, en fazla soğutma grubu suyu sıcaklığı  $+11^\circ\text{C}$  (burada  $7+11=18^\circ\text{C}$ )'ye kadar düşürülebilir. Kule dönüş suyu sıcaklığı daha fazla düşerse emniyet için grup kendisini kapatabilir. Örneğin kışın bu gibi durumlarla karşılaşılabilir. Bunun için yukarıda açıklandığı üzere kule devrelerine 3 yollu vana konulur.

- aq) Soğutma kuleleri ve soğutma grupları paralel biçimde devreye sokulup çıkarılır. Uygun çalışma şekli 1 grup, 1 kule şeklindedir.  $\Delta T$  5°C olacak şekilde çalışılma uygun bir işletme şeklidir. Ayrıca dış hava sıcaklığı düşük ise kule dönüş sıcaklığı 18°C, gidiş sıcaklığı ise 23°C'ye kadar düşürülür. Böylece grup daha verimli çalışır, kulelerde gereksiz fan ve pompa çalıştırılmasının önüne geçilir.
- ar) Kışın da çalışacak kapalı kulelerde donmayı önlemek için su devresine donmayı önleyici sıvı (örneğin antifiriz) konulur. Kışın ve mevsim geçişlerinde serbest soğutma (free cooling) yapılarak soğutma grupları devre dışı bırakılabilir.
- as) Veri merkezi (data center) gibi sürekli soğutma isteyen mahâllerin soğutma sistemi bağımsız ve serbest soğutma özellikli yapılmalıdır.
- at) Daha önce de belirtildiği üzere, grup çıkış suyu sıcaklığı ne kadar yüksek ise verimlilik o kadar fazla olur. Örneğin 8/13°C çalışan bir sistem (örneğin fan coil) ile 16/21°C çalışan bir sistemde (döşemeden soğutma), soğutma grubu verimliliğinde %40'a kadar verimlilik artışı sağlanabilir. Bu durum bina içi ısıtma soğutma sistem seçiminin önemini gösterir.
- au) İhtiyaç olmadığında soğutma grupları ve ona bağlı pompalar, fanlar kapatılmalıdır.
- av) Soğutma grubu sistemlerinde dinamik dış hava kompanzasyon programları kullanılması da etüt edilmelidir.

#### **Sulu Borulama Devreleri (Hidronik Devreler)**

- a) Borularda, vanalarda, eşanjörlerde vb. ısı yalıtımı yapılarak ısı kayıp ve kaçakları azaltılmalıdır (Bu durum soğutma sistemleri ve sıva içinde kalan borular da geçerlidir).
- b) Sistemlerde su basıncı kontrol edilmelidir.
- c) Sistemlerde gözle kontrol için yeterli termometre, manometre kullanılmalıdır.
- d) Isıtma-soğutma sistemlerine ait su sıcaklık ayar değerleri kontrol edilmelidir (Örneğin ısıtmada 70/50°C, sıcak kullanım suyu 45-50°C, soğutma suyu 8/13°C gibi).
- e) Sirkülasyon pompaları çalışma saatleri dışında gerekmediği sürece kapatılmalıdır.
- f) Genleşme depoları ve emniyet valfleri sıklıkla kontrol edilmelidir.
- g) Antifiriz olan sistemlerde donmayı önleyici sıvının özelliği yılda bir kontrol edilmelidir.
- h) Isıtma, soğutma, sıcak kullanım suyu vb. sistemlerinin işletme programları kontrol edilmelidir.
- i) Tesisat sistemlerinde kullanılan suyun kalitesi istenilen şartlarda değilse boru yüzeylerinde taşlaşma, pislik birikimi ve çelik borularda delinmelere varan problemler oluşur, ayrıca sistemleri enerji verimliliği düşer. Suyun kalitesinin düşük olması soğutma kuleleri, buhar kazanları gibi sistemlerde "blöf" kayıplarını da artırır. Özellikle sürekli besleme yapılan buhar kazanlarında ve buhar jeneratörlerinde su kalitesi sürekli kontrol edilmelidir.
- j) Bozulmuş borulama yalıtımları tamir edilmelidir (Açıkta boru, vana vb. bırakılmamalıdır).
- k) Haftalık, aylık, günlük işletme ve bakım programları oluşturulmalıdır.
- l) Pislik tutucular sıklıkla temizlenmeli, sistemdeki olası hava kontrol edilip giderilmeli, gerekli su takviyesi yapılmalıdır.
- m) Otomatik su doldurma yapılmaması uygun olur, yapılıyor ise araya sayaç konulmalıdır.
- n) Tüm bakım yapılacak cihaz veya sistemlere kolay ulaşım imkânı sağlanmalıdır.
- o) Sistemlerin elektrik bağlantıları periyodik olarak kontrol edilmelidir.

- p) Mekanik tesisat ve havalandırma sistemlerinde gürültü ve titreşim gibi problemler varsa bunların kaynağı bulunup, giderilmelidir.
- q) Borularda, hava kanallarında, panolarda vb. ısı kaçakları olup olmadığı termal kamera çekimleri ile zaman zaman kontrol edilmelidir.
- r) Vanalar dış ve iç kaçaklar yönünden zaman zaman kontrol edilmelidir.
- s) Servis ve bakım dökümantasyonu düzenli biçimde yapılmalıdır.
- t) Yeni sistemlerde su hızın optimum seçilmelidir (Örneğin ana hatlarda 2 m/s altında).
- u) Korozyon ihtimali olan yerler incelenip hatalar giderilmelidir (Örneğin yalıtımsız ısıtma-soğutma boruları, kullanım sıcak su ve soğuk su boruları).
- v) Suyun içindeki partiküller kazan, soğutma grupları, fan coil ve serpantin gibi ekipmanlarda birikerek ısı transferini olumsuz yönde etkileyip verimi düşürür. TAD sürecinde sistemlerin yıkanması esnasında bu cihazlar "by-pass" edilir, işletmede ise zaman zaman temizlenmelidir.
- w) Tesisata pompa kapasiteleri daha küçük bölümlere ayrılarak seçim yapılmalıdır. Bu şekilde daha kolay kontrol ve enerji verimliliği sağlanabilir.
- x) Hidroforların sadece tesisatın basıncı yetersiz olduğunda devreye girmesi sağlanabilmelidir.
- y) Tesisat kaçak ve kayıplar azaltılmalıdır (Boru, vana, eşanjör gibi ısıtma ve/veya soğutmada kullanılan ekipmanların ısı yalıtımları yapılmalıdır).

#### Pompa Sistemleri

- a) Hat üzerinde gereksiz kayıplar oluşturacak ekipmanlar (vanalar, pislik tutucular, geri tepme vanaları vb.) olup olmadığı kontrol edilmelidir (Bunlar pompalar için direnç oluşturur).
- b) Pompa sistemlerinde sadece pompa değil, borulama devreleri ile birlikte bir bütün olarak ele alınmalıdır. Sistemin debi ve basınç gereksinimi olabildiğince doğru belirlenmelidir (Çok fazla emniyet payı konulmuş olabilir veya ihtiyaç zamanla değişmiş olabilir). Eğer pompa sistem için doğru seçilmemişse sistemde emniyet payları fazla ise veya ihtiyaç değişmişse bu kısımdaki olanaklardan bir veya birkaçı kullanarak sistem verimli hâle getirilebilir.
- c) Büyük pompa seçilmişse bu durumda pompa değiştirilirse pompa enerji tüketiminde %15-25 verimlilik sağlanabilir. Pompanın değiştirilmesi ekonomik olmazsa değişken hız sürücüsü (VSD) kullanılması etüt edilmelidir.
- d) Büyük değişken debili sistemlerde debi paralel pompalara paylaştırılabilir (Bu uygulama özellikle değişken debili sistemler için uygundur).
- e) Paralel çalışan pompaların çalışması (sistem gereksinimlerine göre fark basınç, basınç, sıcaklık,  $\Delta T$  kontrolleri vb. şeklinde) optimize edilebilir.
- f) Pompaların "best efficient point – en verimli nokta" civarında çalışması sağlanmalıdır.
- g) Eğer basınç düşümü sorun yaratmayacak bir sistem ise (örneğin kapalı ısıtma-soğutma devreleri); vana kısılması yerine, değişken devir uygulaması yapılabilir.
- h) Pompaların iç yüzeyleri zaman zaman temizlenmelidir.
- i) Pompa salmastraları kontrol edip kaçakları önlenmelidir.
- j) Yağlama düzenli, düzgün ve yüksek verimli biçimde yapılmalıdır.
- k) Yüksek verimli elektrik motorları kullanımı etüt edilmelidir (tadilat esnasında veya işletmede).
- l) Yeni pompa seçerken debi, basınç, özgül hız, emmede gerekli net pozitif yükseklik (NPSHR), verimlilik gibi özellikler tesisat sistemine uygun seçilmelidir.



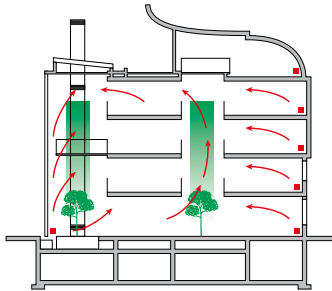
- m) Büyük binalarda bina ısıtma ve soğutma sistemlerinde pompaların yıllık enerji tüketimleri ve enerji verimliliği analizleri yapılmalıdır.
- n) Sistemin durumuna göre pompa üreticilerinin geliştirdiği enerji verimlilik yazılımları kullanımı araştırılmalıdır.
- o) Pompalar için uygun  $\Delta T$  (tasarıma bağlı olarak ısıtmada 15–20 °C, soğutmada 5 °C) olmalıdır, bu şekilde pompa debileri düşürülür ve pompalarda enerji verimliliği sağlanır.
- p) Isıtma ve soğutma sisteminde enerji talebi olmamasına rağmen, pompaların çalışmaya devam etmeleri enerji tüketimin artırır. Bu gibi durumları önleyici önlemler alınmalıdır.

#### Bina İçi Tesisat Sistemleri

- a) Mahâllerdeki ısıtıcı, soğutucu ekipmanların gerekli performansı verip vermediklerini ve ayar değerlerinin uygunluğu sıklıkla kontrol edilmelidir.
- b) Mahâllerde rahatsız edici hava sirkülasyonları olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- c) Mahâllerin aşırı ısınma, güneş ışınlı (radyasyonu), ısınma durumunu (ısı konfor) kontrol edilmelidir.
- d) Mahâllerdeki difüzör, menfez, termostat gibi cihazların performansları zaman zaman kontrol edilmelidir.
- e) Radyatörler, konvektörler ve fan coiller hem su tarafında hem de hava tarafında (filtre ve serpantin) uygun aralıklarla temizlenmelidir.

### 7.1.9 Pasif Isıtma / Soğutma

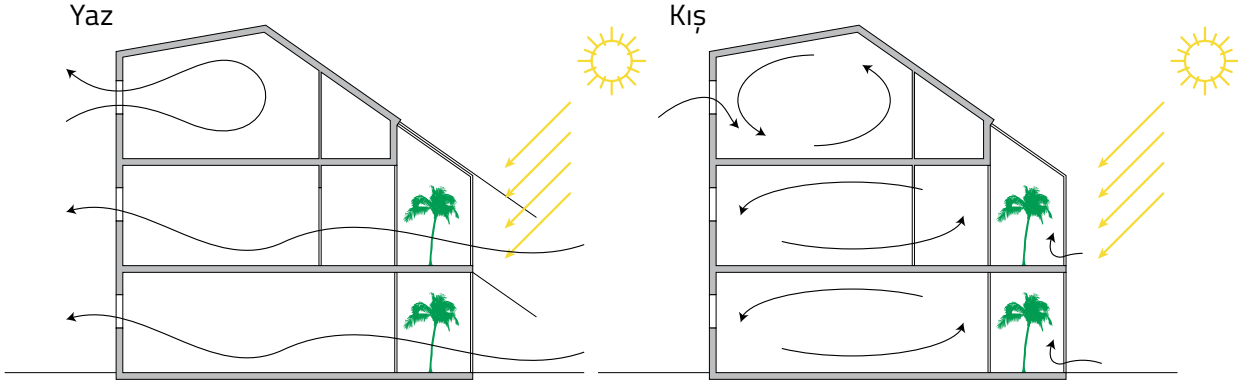
Pasif bina ısıtma/soğutma sistemleri binadaki ısı konforun, yılın herhangi bir dönemi için hiç enerji kullanmadan veya çok az enerji tüketerek sağlanmasıdır. Isıtmada pasif sistemler binadan olan ısı kayıplarının olabildiğince azaltılması ve kalan ısıtma enerjisinin ihtiyacının olabildiğince büyük kısmının güneş (seralar, trombe duvarı, soğuk iklimlerde çift cephe uygulamaları ve güneşe bakan pencereler, bina kütlelerinde güneş enerjisinin depolanması vb.), toprak gibi kaynaklardan pasif biçimde sağlanmasını hedefler. Soğutmada ise binaya olan ısı kazançlarının mümkün olduğunca engellenmesini ve kalan soğutma enerji ihtiyacının mümkün olan kısmının doğal havalandırma, serbest soğutma (free cooling), topraktan ön soğutma gibi yöntemlerle karşılanması, dış gölgeleme gibi teknikler kullanılır.<sup>14</sup>



<sup>14</sup> Engin, N. (2012). Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: Doğal Havalandırma. Tesisat Mühendisliği.



Güneş enerjisi kazancı binanın bulunduğu yer ve iklim ile değişmekle birlikte kışın istenen, yazın ise arzu edilmeyen bir husustur. Bu nedenle bina cephesindeki cam yüzeylerin oranı ve cephe özellikleri ile güneşten pasif ısıtma ve soğutmada bir denge sağlanmaya çalışılır. Pasif sistemler mekanik olmaktan çok mimari tasarım ile ilgilidir.



### Bina Kütlesinde Isıl Depolama

Bina gövdesinin ısı depolama için kullanımı, binanın yıllık ısı enerji tüketimini azaltabilir. Bina'nın ısı kütlesinin ısı depolama amacıyla kullanımını etkileyen faktörler şunlardır:

- Bina yapısının fiziksel karakteristikleri.
- Bina ısı yüklerinin dinamik doğası.
- Kışın güneş ışığının içeri alınabilme kapasitesi.
- Yazın güneş ışığının bina içine doğrudan girişinin engellenme kapasitesi.
- Bina kütlesi ve havalandırma havası arasındaki birleşim.
- Isıl enerjinin yüklenmesi ve boşaltılmasında kullanılan stratejiler.

Dıştan ısı yalıtımı yapılan binalarda yalıtım sonrasında (iç tarafta) beton, tuğla gibi ısı kütlenin bulunması gerekir (Alçıpan gibi elemanlar yeterince ısı depolayamaz.). Isıl depolamada halı kaplama, tavan plenumları, dahili bölmeler, dahili döşeme biçimi önemli olabilmektedir. Isı kazancı ya da kaybının önemli bir kısmı bina kütlesi tarafından emildiğinden, ağır yapı binalar daha düşük enerji gerektirir. Mahâl aktarılabilecek ısı miktarı, depolama sistemi ile mahâl arasında zaman biriminde gerçekleşecek olan ısı geçirgenlik miktarına bağlıdır. Çekilen ısı, ısı geçirgenlik katsayılarıyla da ilgilidir ve binalarda ısı geçirgenlik katsayıları genellikle düşüktür. Toplam ısı kapasite malzemenin üniform sıcaklık değişimi için depolanabilecek ya da çekilebilecek maksimum enerji miktarıdır.

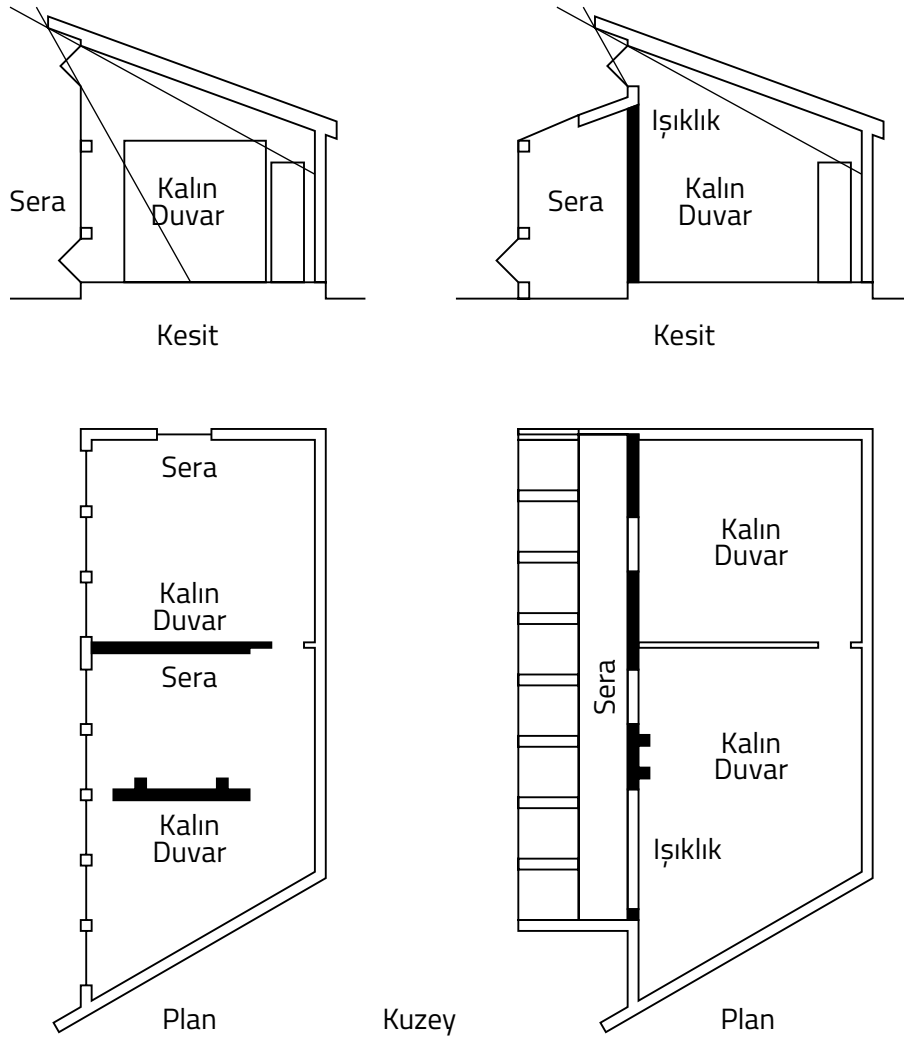
### A- Pasif Isıtma

Pasif güneş ısıtması binanın ısı kütlesini gündüz boyunca ısıtmayı hedefleyen ve en çok kullanılan uygulamadır. Pasif ısıtma sistemlerinin amacı ısıtma sürecinde güneş ışınlarını bina kütlesinde depolamak ve geceleri kullanmaktır. Binalar kışın güneş kazancı sağlamak amacıyla düşük ısıtma enerjisi gerektirecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu amaçla tadilatla güneş ışınlarını absorbe için termal kütleler kullanılabilir. Güneşten pasif ısıtma daha çok soğuk iklimlerde

(3, 4. iklim bölgeleri) faydalıdır. Sıcak iklimlerde bu sistemlerin uygulanması yazın sera etkisi (aşırı ısınma) meydana getirerek ısı konforu bozarak ilave soğutma yapmayı gerektirebilir. Bu nedenle bu uygulamalarda gerekli analizler yapılmalı, otomatik kontrollu dış gölgeleme elemanları, içte jaluzi kullanımı gibi önlemler alınmalıdır. Pasif sistemler doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir. Güneye bakan cam yüzeyler yoluyla güneş enerjisini kullanan bir tasarım doğrudan kazanımlı pasif sistemlere örnektir. Dolaylı kazanımlı bir tasarım ise güneye bakan duvar ya da çatı yüzeylerine sahip olan, bu yolla sıcaklığın arttığı ve ısının binanın diğer bölümlerine aktarılabilirdiği uygulamalardır.

### Doğrudan (Direkt) Güneş Kazanımı

Bu yöntemde bina, güneş ışınlarını bina içine alacak şekilde tasarlanır. İçeri giren güneş enerjisi yüksek yoğunluklu duvar, mobilya vb. tarafından emilerek daha sonra (geceleyin) mahallere geri verilir. Şekil 7-6'da, doğrudan güneş kazanımlı mahallere ve ısı depolayıcı binalara örnekler verilmiştir.

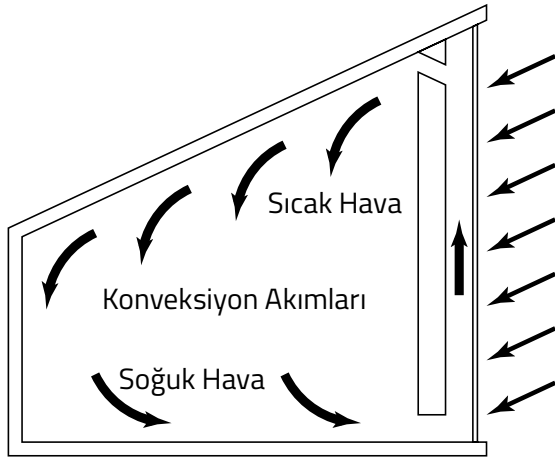


Şekil 7-6: İç Bölümlerdeki Isı Depolayıcı Duvarlar

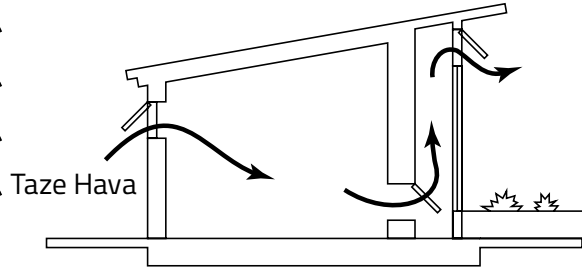
Soğuk iklim bölgelerinde kışın, ısı kayıplarını azaltmak üzere, pencerelerin dış veya iç taraflarında geceleri kapatmak amacıyla hareketli panel, perde, panjur vb. elemanlar ile yazın dik açı ile gelen güneş ışınlarından içeri giren miktarı azaltmak için güney cephelerde saçak tipi gölgelendirme elemanları kullanılması uygun olur.

### Dolaylı (Endirekt) Güneş Kazanımı

Bu yöntemde enerji, binanın bir tarafında depolanarak doğal taşınım ile (veya gerektiğinde bir fan yardımı ile) binanın diğer bölümlerine aktarılır. Burada güneş ışınları doğrudan içeri girmemekte iç ve dış mekanlar arasında oluşturulan güneş enerjisini emici ve depolayıcı yapıdaki ara elemanlar ve tampon bölge yardımıyla enerji depolanmaktadır. Bu konudaki başlıca teknik "ısı duvar" veya çok bilinen adı ile "Trombe Duvarı" yöntemidir. Isıl duvar yöntemi ısı emici bir duvar (briket, dolu tuğla, taş, kerpiç ve beton vb.) ile bu duvar dışına çekilmiş saydam bir tabakadan oluşur.



Trombe Duvarı ile Kış Çalışması



Trombe Duvarı ile Yaz Çalışması



Almanya ve İspanya'da Mevcut Binalarda Trombe Duvarı Uygulamaları

Pasif soğutma, gündüz boyunca sıcaklık artışını sınırlamayı hedefler. Pasif soğutmada yazın gece saatlerinde bina kütlesinde soğuk depolanarak gündüz saatlerinde kullanılabilir. Pasif soğutma uygulamaları gece ile gündüz arasında önemli sıcaklık farkı bulunan düşük bağıl neme sahip iklimlerde daha iyi sonuç verir. Pasif soğutma uygulamaları aşağıdaki ve benzeri yöntemlerle yapılabilmektedir:

- Doğal havalandırma ve gece serbest soğutma ile.
- Güneş bacası gibi yardımcı elemanlar kullanılarak.
- Buharlaşmalı (evaporatif) soğutma ile.
- Toprak içine döşenmiş borulardan hava geçirilerek.

Dıştan ısı yalıtımı yapılan binalarda yalıtım sonrasında (iç tarafta) beton, tuğla gibi ısıl kütlenin bulunması gerekir (Alçıpan gibi elemanlar yeterince ısı depolayamaz). Isıl depolamada halı kaplama, tavan plenumları, dahili bölmeler, dahili döşeme biçimi önemli olabilmektedir. Isı kazancı ya da kaybının önemli bir kısmı bina kütlesi tarafından emildiğinden, ağır yapı binalar daha düşük enerji gerektirir. Mahâl aktarılabilecek ısı miktarı, depolama sistemi ile mahâl arasında zaman biriminde gerçekleşecek olan ısıl geçirgenlik miktarına bağlıdır. Çekilen ısı, ısıl geçirgenlik katsayılarıyla da ilgilidir ve binalarda ısıl geçirgenlik katsayıları genellikle düşüktür. Toplam ısıl kapasite malzemenin üniform sıcaklık değişimi için depolanabilecek ya da çekilebilecek maksimum enerji miktarıdır.

### Doğal Havalandırma ile Pasif Soğutma

7.1.7. bölümde açıklandığı üzere yazın bina kütlesinden fazla ısıyı emmek için, geceleyin pencereler açılarak veya klima santrali fanları çalıştırılarak doğal havalandırma veya serbest soğutma yapılabilir. Burada bina kütlesinde birikmiş olan ısının bir kısmı dışarı atılır. Ertesi günü serinletilmiş bu iç duvarlar soğutma yükünün azalmasını sağlar. Ayrıca bu havalandırma şekli binadaki havayı temizleyerek gündüz saatlerinde havalandırma sisteminin daha az çalışmasını da sağlar. Pasif soğutma uygulamaları aşağıdaki şekillerde yapılabilir:

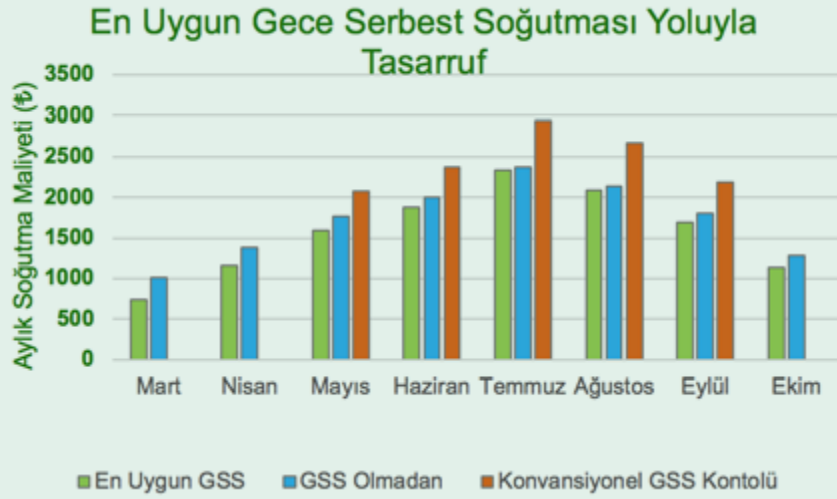
- Uygun iklimlerde ve uygun bir mimari tasarım ile gece doğal havalandırma yapılabilir.
- Mimari tasarımda binanın dış duvarlarında uygun yerlere otomatik açılır/kapanır menfezler ve damperler, çapraz havalandırma sağlayacak bacalar ve bacalarda fanlar kullanılarak (fan destekli) havalandırma yapılabilir.
- Bir enerji optimizasyonu yapılarak binanın klima santralleri gece saatlerinde uygun devir sayılarında çalıştırılarak havalandırma yapılabilir. Bu uygulamalar ılıman ve soğuk iklimlerde verimlidir

**Örnek 7.1.9.1:**

Bir proje kapsamında 3. İklim bölgesinde yer alan Ankara'daki ofis binasının yemekhanesinde bu mahâle ait klima santrali taze hava ve egzoz fanları yazın gece saat 10.00 ile sabah 6.00 arasında çalıştırılırsa serbest soğutma ile nasıl bir verimlilik sağlanabileceği konusu (otomasyon sistemi ve gerçek dış hava değerlerini kullanan enerji modellemesi kullanılarak) analiz edilmiştir. Bu analiz kapsamında;

- Gece soğutması yapılmadığı durum,
- Klima santrali fanlarının sabit devirde çalıştırılması,
- Klima santrali fanları devir sayıları optimize edilerek,

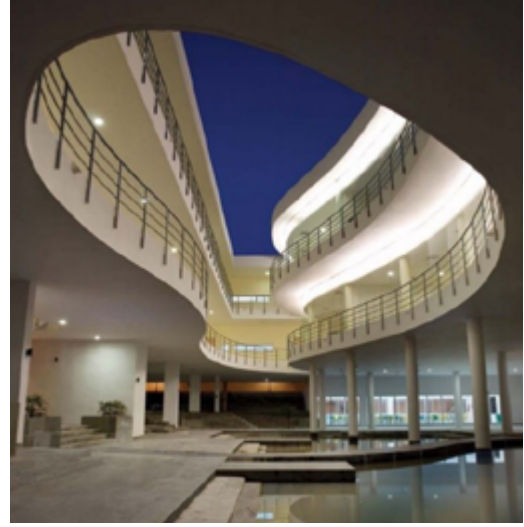
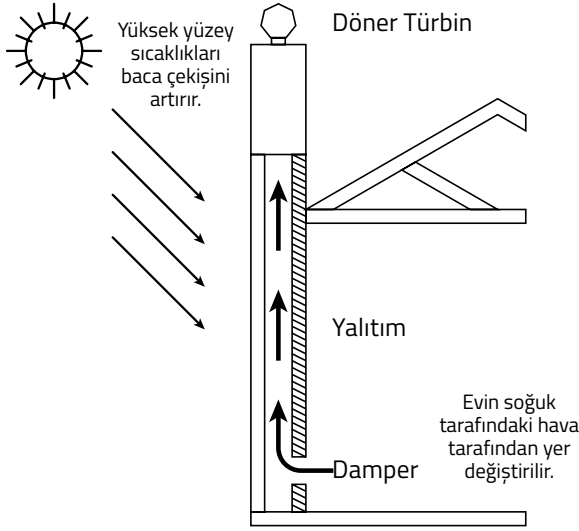
o güne ait soğutma maliyeti analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki grafikte verilmiştir:



Grafikte görüldüğü üzere fanlar sabit devirde çalıştırılarak gece serbest soğutma yapıldığında, fanlarda tüketilen elektrik enerjisi, ertesi gün soğutmada sağlanan enerji verimliliğinden daha fazla olmaktadır. Yani serbest soğutma yarar değil, zarar vermektedir. Buna karşın bir optimizasyon yazılımı kullanılarak fanlar değişken devirle kullanıldığında toplamda %15'ten fazla verimlilik artışı sağlanmaktadır.

**Güneş Bacaları**

Güneş bacası bina içinden dışarı doğru hava akımları yaratmak için kullanılan sistemlerdir. Tek hacimli (spor salonu, itfaiye binası, hangar vb.) mevcut binalara daha kolay uygulanabilir. Bu sistemlerde dışarıya açılan egzoz bacası, bina içinde hava akımları oluşmasına yardımcı olmaktadır. Bacanın bir yüzeyi cam yapılır, diğer yüzeyi ise güneş enerjisini emebilen siyah metal ile kaplanır. Bacanın bina ile temasta olan kısımları yalıtılarak, bacada yüksek sıcaklık ve dolayısıyla bina içinde yoğunluk farklarının oluşturduğu çekiş etkisi elde edilir. Güneş bacası binanın en yüksek yerinden daha da yukarıya çıkarılır. Bu sistemde oluşan sıcaklık farkları, bina içinde hava sirkülasyonu sağlayarak yazın soğutma etkisi sağlanır (Şekil 7-7).



Şekil 7-7: Pasif Soğutma İçin Binada Isıl Baca Etkisinin Sağlanması (Güneş Bacaları)

### Buharlaştırma (Evaporatif) Soğutması

Suyun buharlaştırılmasıyla oluşturulan pasif soğutma etkisi, birçok iklimde yazın mahâl sıcaklığını düşürebilmektedir. Şekil 7-8’de buharlaşmalı (evaporatif) soğutma uygulaması örneği görülmektedir. Evaporatif soğutma; İç Anadolu, Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu bölgeleri için uygundur. Tek katlı spor salonları, itfaiye binaları gibi hassas soğutma konforu istemeyen binalar için uygundur.



Bina çatısında evaporatif soğutma cihazı



Bina içindeki kanal ve menfez

Şekil 7-8: Evaporatif Soğutma Uygulaması Örneği (Manisa)

### Toprağın Isı Kaynağı Olarak Kullanılması

Birçok iklim bölgesinde bina bahçesinin altındaki toprak kütlesi bina için doğal bir ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Yüzeyin 2 m kadar altında toprak sıcaklığı yaklaşık 10°C civarındadır. Eğer dış hava sıcaklığı bu değerin çok altında veya üstünde ise bahçede toprak altına döşenen plastik/beton borular ile havalandırma dış havasının (mevsime göre) ön ısıtması veya ön soğutması yapılabilir.



### 7.1.10 Sıcak Su Sistemleri

Lojman, yurt, hastane, ofis gibi kamu binalarında kullanım sıcak suyu hazırlama sistemleri tesis edilebilir. Çoğu tesiste (hastahaneler, lojmanlar, yurtlar, lojmanlar vb.) sıcak kullanım suyu ısıtması önemli düzeyde enerji harcaması gerektirir. Sıcak su ısıtma sistemlerinin tüm yıl boyunca sürekli işletmede kalması gerekebilir.

Soğuk ve sıcak su tüketimindeki başlıca etmenler; bina tipolojisi (lojman, yurt, ofis, okul, hastane vb.), kişi sayısı, insanların konfor düzeyi, kişilerin yaşı, binanın büyüklüğü, tesisat sistemlerinin yapısı (örneğin soğutma kuleleri varlığı, mutfak tüketimleri vb.) mevsim şartları şeklindedir.

#### Sıcak Kullanım Suyu Sistemleri Enerji ve Su Verimliliği Öneri Listesi

- Sıcak su ısıtma sistemlerinin tüm yıl boyunca sürekli işletmede kalması gerektiğinden verimli olmayan sıcak su hazırlama sistemleri enerji giderlerini artırır. Enerji verimliliğini arttırmak için aşağıdaki hususlar dikkate alınır:
  - Mümkün olduğunca sıcak su tüketimi azaltılmalıdır.
  - Su sıcaklığı mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır (Örneğin lavabo ve duşlar için 45°C su sıcaklığı yeterlidir).
  - Su sıcaklığının düşürülmesi lejyoner bakterisi riski oluşturabilir. Bu risk su sıcaklığının 30–45°C değerlerinde artar. Buna karşın 60°C üstünde bakteriler ölür. Haftada bir kez, 1 saat süre ile kullanım suyu sıcaklığı 70°C'ye getirilerek lejyoner kontrolü yapılmalıdır. Bu durumda haşlanma olmaması için 3 yollu karışım vanası veya termostatik karıştırıcı vana sistemleri kullanılmalıdır.
- Sıcak kullanım suyu ısıtma ve sirkülasyon devrelerinde ısı kayıplarını azaltmak için gerek gömülü gerekse açıktaki borulara ısı yalıtımı yapılmalıdır.
- Korozyon ve ısı kaybı gibi nedenlerle soğuk ve sıcak kullanım suyu devrelerinde hijyenik "Polipropilen Random (PPR) borular" kullanılmalıdır.
- Güneş sıcak su sistemleri, mevcut sıcak su sistemlerine destek sağlamak, hatta uygun şartlarda sıcak su ihtiyacının tümünü karşılamak amacıyla eklenmelidir. Güneş kolektör sisteminin kazan sıcak kullanım suyu ısıtma sistemine seri bağlanması uygun olur.
- Sıcak su sistemlerindeki havayı tahliye etmek için kolonun en üstüne hava tüpü ve otomatik hava tahliye cihazı kullanılmalıdır.
- Güneş enerjisi ile desteklenen sistemlerde boyler devrelerinde su sıcaklığı arttığında (lejyoner ısıtması, güneş enerji devresinde aşırı ısınma gibi durumlarda) emniyet valfi açılarak bir miktar su boylerden dışarı atılmasına müsaade edilebilir (Aksi durumda güneş sıcak su kolektörleri patlayabilir). Buradaki su kaybını azaltmak için (özellikle güneş enerji takviyeli sıcak kullanım suyu sistemlerinde) büyük hacimli iyi yalıtımlı genleşme depoları kullanılmalıdır.
- Elektrikli su ısıtıcılarının işletme maliyetleri yüksek olduğundan, mümkün olduğunca kullanımdan kaçınılmalıdır.
- Hastane, cezaevi, yurt gibi büyük miktarda sıcak su ihtiyacı olan binalarda ayrı bir sıcak su hazırlama kazanı kullanılması önerilir.
- Sıcak su devrelerinde su ve ısı enerjisi tüketimini kontrol etmek için; debimetre ve kalorimetreler kullanılmalıdır.

- j) Sıcak su boilerlerinin iç yüzeylerinin cam gibi kir tutmayan malzemeden olmasına, kolay boşaltılıp temizlenebilir olmasına dikkat edilmelidir.
- k) Sıcak su ısıtması için güneş enerjisi sistemi kurulumu için aşağıdaki değerler ön bir bilgi olarak dikkate alınabilir.
- Konut başına günlük 200 lt sıcak su ve 2 adet güneş sıcak su kolektörü, 300 lt güneş enerjisi boiler deposu almak yeterlidir. Bu durumda çoğu iklimde yıllık sıcak su ısıtma enerjisinin %80'i güneş enerjisinden karşılanabilir.
  - Günlük tüketimi 2000 lt olan bir tesiste ise 10 kolektör, 1000 lt boiler (500 lt de kazan takviyesi için son ısıtıcı boiler eklenmesi uygun olabilir). Buradaki yıllık verimlik %70 oranına kadar çıkabilir (Kışın iklime bağlı olarak %30-50, yazın %100'e yakın kapasite kullanımı söz konusudur).

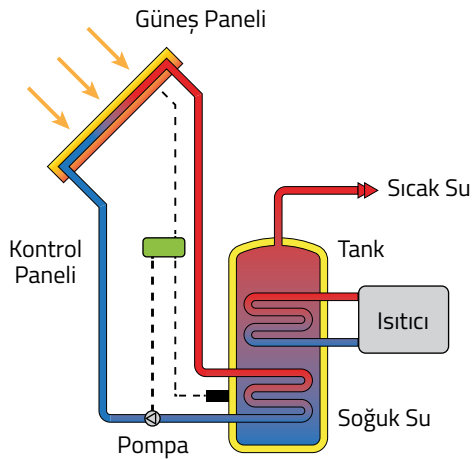
### 7.1.11 Güneş Sıcak Su Sistemi ve Isıl Depolama

#### Güneş Su Kolektör Sistemleri (GSKS)

Güneş sıcak su kolektör sistemleri genellikle sıcak kullanım suyunun temini veya ısıtma desteği için kullanılır. Bazı uygulamalarda, özellikle sıcak iklimlerde, ortam ısıtması ve soğutma sırasında da kullanılabilir.

Binalarda güneş sıcak su sistemleri uygulamaları için **Ek-10 Vaka Örnekleri V-7.1.11 Binalarda Güneş Kolektörleri ve Isıl Depolama Uygulama Örnekleri** bölümüne bakınız.

Şekil 7-9'da güneş sıcak kullanım suyu ısıtma sistem örneği verilmiştir.



Şekil 7-9: Güneş Sıcak Su Kolektör Sistem Şeması ve Düz Çatıda Uygulama Örneği

#### Güneş Sıcak Su Kolektör Sistemleri Kurulum ve Enerji Verimliliği Öneri Listesi

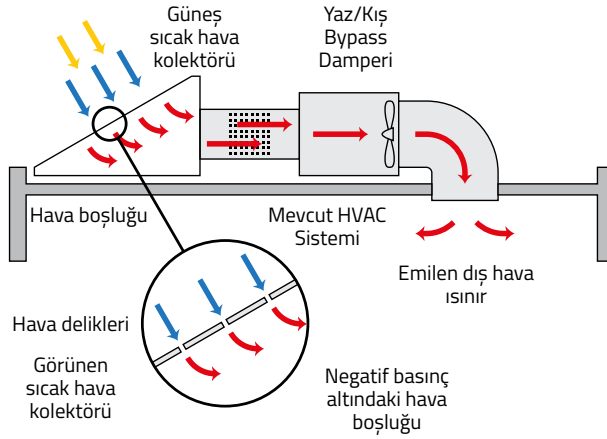
- a) Güneş su kolektörler binanın ısıtma sistemine destek için de kullanılabilir. Bu durumda yazın büyük ölçüde kullanılmayan ısı üretimi oluşur. Bu ısıyı kullanmak için yazın absorpsiyonlu soğutma grubu kullanımı veya bina bahçesi uygun ise sezonluk ısı depolama yapılabilir (Ancak bunun mevcut binalarda kullanımı kısıtlıdır). Eğer yazın fazla üretilen ısıyı kullanma imkânı yoksa bir kısım kolektörlerin suyu boşaltılabilir veya kolektörlerin üzeri kapatılabilir.



- b) Tadilat sırasında bina statik yapısına eklenecek yükler incelenmeli, gerektiğinde yapının statik durumu güçlendirilmelidir.
- c) Güneş sıcak su kolektörleri Türkiye'nin tüm iklim bölgelerinde kurulabilir ve verimli biçimde çalıştırılabilir.
- d) Kamu binalarında kurulacak güneş kaynaklı sıcak su kolektörleri kapalı sistemler olarak tasarlanmalıdır. Kapalı sistemler ile; i) lejyoner bakterisi riski azaltabilir, ii) donma riski olan yerlerde sisteme antifriz doldurularak donma önlenir, iii) ısıtma sistemine destek sağlanabilir.
- e) Kurulacak sistemin kapasitesi, sistemin yılın büyük bir bölümünde kullanılabilmesine olanak vermelidir.
- f) Güneş kaynaklı sıcak su kolektörlerinin kurulacağı yerin yapısal durumları ve alan yeterliliği, kurulacak sistemler üzerinde gölge oluşturabilecek çevresel koşullar, çatıdaki bacalar, cihazlar, binanın cephe yönü ve eğim açısı, binanın statik yapısı, mevcut elektrik tesisatı vb. binanın yapısal limitlerini oluşturur. Bütçe olanakları ve geri dönüş süresi ise finansal limitleri oluşturur. Projelendirmede bu limitler dikkate alınmalıdır.
- g) Yukarıda açıklandığı üzere yazın kullanılmayan ısı nedeniyle buharlaşma olması ve sistemlerin patlama riski vardır. Bu durumu önlemek için sistemin ihtiyacına bağlı olarak büyük bir boyler kullanılması, sirkülasyon pompası ile kolektörlerdeki ısı enerjinin boylere aktarılması ve genişleme suyunun emniyet ventilinden dışarı atılması (Yazın kullanılmayan yurtlarda olduğu gibi) uzun süreli olarak sistem kullanılmıyor ise güneş sıcak su kolektörlerinin üzerinin kapatılması gibi önlemler alınabilir).
- h) Eğer çift serpantinli boyler iyi tasarlanmaz ise hidrolik olarak sıcaklık katmanlaşması sağlanamaz. Bu durumda kazan sistemi, güneş enerjisi sisteminin desteğini baskılar, hatta sistem tersine çalışabilir. Bu durumda yıllık verimlilik düşer. Bu nedenle seri bağlı boyler kullanılması ve güneş enerjisi devresinin ön ısıtıcı olarak düzenlenmesi ve ikinci boylerde kazan veya elektrikli ısıtıcı desteği sağlanması enerji verimliliği için daha doğru olur.
- i) Düşük sıcaklıkta su rejimi söz konusu olduğu için ısıtmada güneş enerjisi desteği su kaynaklı ısı pompalarında çok daha verimli olacaktır. Bina kabuğunun yüksek ısı performanslı hâle getirilmesi, döşemeden ısıtma/soğutma sistemi yapılması ile güneş kaynaklı ısı pompası sistemleri daha kolay kurulur. Yazın ise ısı pompası kule ile çalıştırılır. Kule kapalı tipte seçilir ve sisteme donma önleyici sıvı konur ise kule kışın güneşin yeterli olmadığı durumlarda verimli biçimde ısıtma için de kullanılabilir (Kışın ısı pompası ısıyı atmosferden kule vasıtasıyla alır).

### Güneş Hava Isıtma Kolektör Sistemleri (GHKS)

Güneş enerjisi ile hava ısıtma kolektörlerinde, dış hava koyu renkli ve metal güneş paneli yardımıyla ısıtılır, ısınan hava bir havalandırma sistemi yardımı ile ısıtılacak mahâle aktarılır. Şekil 7-10'da hava ısıtma sistemlerinin çalışma mekanizması gösterilmektedir.



**Şekil 7-10:** Güneş Sıcak Hava Kolektörü ile Mahâl Isıtması Mekanizması ve Türkiye’de Güneş Elektrik Paneli ile Entegre Uygulaması

Bu sistemler aynı zamanda doğal havalandırma da yaptığı için; okullar, yurtlar, hangarlar, spor tesisleri vb. ısıtması ve havalandırması için kullanılabilir. Karasal iklimde, yaz aylarında bina içinde biriken ısıyı atmak için, geceleri havalandırma ve serinletme amacıyla da kullanılabilir. Kullanımları enerji modelleme ve fizibilite çalışmaları ile değerlendirilmelidir. Bina tadilatları sürecinde bu sistemlerle ilgili bazı hususlar aşağıda açıklanmıştır:

- Sistemler basittir, büyük hacimler için uygun alan var ise çatıya veya binanın güney cephesine kurulabilir.
- Kış mevsiminde iç ortama temiz ve sıcak hava verdiği için binanın hem konfor şartlarını iyileştirir hem de ısıtma yükünü azaltarak enerji verimliliği sağlar.
- Binanın yağmur, rüzgâr, güneş, nem vb. gibi dış etkenlerden korunmasına katkı sağlayabilir.
- Bu sistemlerin ömrü 25 yıldan fazla olduğu için avantajlıdır.
- Soğuk iklimlerde yararlıdır (örneğin 3. ve 4. iklim bölgesi).

### Isıl Depolama Sistemleri

Isıl depolama; günlük, haftalık, aylık veya sezonluk olarak değişkenlik gösterebilen güneş ısı enerjisi, atık ısı (örneğin kojen atık ısı) gibi enerji kaynaklarının ihtiyaç olmadığı zamanlarda depolanarak ihtiyaç olan dönemlerde kullanılmasını sağlayan sistemlerdir. Bu şekilde faz kayaları dengelenebilir, pik yükler traşlanabilir, gecenin serinliğinden yararlanılabilir, güneş ısı enerjisinden daha fazla yararlanılabilir bazı durumlarda ısıtma, soğutma sistemlerinin kapasiteleri düşürülerek ilk yatırım maliyetlerinden de tasarruf sağlanabilir. Aşağıda açıklandığı üzere ısı depolama sistemleri iyi bir teknik ve mali analiz yapılarak bina tadilat karar sürecine dahil edilebilir.

Isıl depolama sistem çeşitleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- a) Buzda soğuk depolama,
- b) Soğuk su depolama,
- c) Sıcak su depolama (düşük sıcaklıklı depolama, yüksek sıcaklıklı depolama),
- d) Faz değiştiren malzemelerde ısı depolama.

Bu sistemlerle ilgili olarak aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- a) Uygun kurulum alanlarına ihtiyaç vardır.
- b) Depolama sistemi kullanım periyodu ne kadar uzun olursa depolama hacmi de o kadar büyük olur.
- c) Yüksek sıcaklıklı ısıtma depolaması genellikle güneş enerjisi ya da kojenerasyon sistemleri ile ilgilidir.
- d) Düşük sıcaklıklı ısıtma depolaması ısı pompaları ile ilgilidir.
- e) Soğuk depolama soğutma sistemleri uygulamalarını içerir.
- f) Isıl depolama kazan, soğutma grubu, soğutma kulesi ve bunlarla ilgili pompa ve elektrik sistemlerinin kapasitesini düşürerek bu sistemlere yapılacak ilk yatırım maliyetlerini düşürür. Buna karşın ısı depolama sistemleri maliyetleri (ısı depo, borulama ve otomasyon sistemleri) ilave olarak gelir.
- g) Enerjinin verimli kullanılmasını sağlar.
- h) Enerji verimliliğindeki artış ile ilk yatırım maliyetleri dikkate alınarak ömür boyu maliyet analiz yapılarak bu sistemlerin kurulumuna karar verilebilir.

### Buzda Soğuk Depolama

Buz depolama, binalarda soğutma ihtiyacının düşük olduğu gece saatlerinde soğutma grubunu çalıştırarak, suyu sıvı fazdan katı faza (geçirerek) soğuk depolamaktır. Buzun depolama kapasitesi 93 kWh/m<sup>3</sup>K'dir. Buz depolama sistemleri aşağıdaki ve benzeri hususları gerçekleştirmek amacıyla kullanılabilir:

- a) Gece düşük elektrik ücret tarifeleri var ise, bunlardan yararlanılabilir.
- b) Binada pik elektrik tüketimlerini düşürerek ve stabil bir enerji tüketimi sağlayarak binanın satın alacağı elektrik birim fiyatlarını düşürebilir.
- c) Soğutma sisteminin kapasitesini düşürüp süreci 24 saate yayarak bu sistemlerin kapasitelerini ve ilk yatırım maliyetlerini düşürebilir. (Yukarıda belirtildiği üzere soğuk grubu kapasiteleri düştüğünde bunlara bağlı olan pompa, kule, elektrik panosu, elektrik sistemleri kapasiteleri ve maliyetleri de düşer).
- d) Bu depolama geceleri yapılırsa gecenin serinliğinden yararlanarak bina soğutma sistemi daha verimli çalıştırılabilir.
- e) Gündüz saatlerinde temel (baz) soğutma yüklerini buz depolama sistemi karşılar. Depolamanın yetmediği sıcak öğlen saatlerindeki soğutma ihtiyaçları ise soğutma grupları ile karşılanır.

Bu sistemlerin dezavantajları ise aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Bu sistemler ilave borulama, pompa, eşanjör, otomatik kontrol sistemleri gibi ilave ekipmanlar gerektirir.
- Depolar için özellikle toprağa basan bodrum katlarında veya bahçede uygun yere ihtiyaç vardır.
- Bu sistemlerde gecenin serinliğinden yararlanma ile soğutma grubunun enerji verimliliği artar. Buna karşın proses içinde buz depolama sıcaklığı 0-4 °C civarında olduğu için soğutma grubunun verimi (EER değeri) bir miktar düşer.
- Buzda depolama sistemleri Türkiye’de fazla bilinmediği için kullanılmamaktadır. Buna karşın, hastane gibi soğutma tüketimlerinin sürekli ve yüksek olduğu binalarda verimli biçimde kullanılabilir.

### Suda Isıl Depolama

Suda enerji depolama kapasitesi 4.2 kJ/kg°C olup depolanabilecek enerji miktarı düşüktür. Bu nedenle binanın ısıtma/soğutma ihtiyacına bağlı olarak büyük depo hacimlerine ihtiyaç duyulur. Eğer binada ısıtma/soğutma ısı pompaları ile yapılırsa ısıl deponun kullanım kapasitesi artar. Çünkü su kaynaklı pompaları kışın 20/25°C (düşük sıcaklık), yazın 30/35°C civarında (yüksek sıcaklık) su rejimi ile çalışmaktadır. Bu sıcaklık aralıkları güneş enerjisi, atık ısı değerlendirme için uygun ve verimli sıcaklıklardır (Bu sıcaklıktaki ısı enerji ısıtma mevsiminde güneş sıcak su sistemlerinden, yazın ise bir soğutma kulesinden sağlanabilir).

Suda ısı depolama kojenerasyon sistemleri atık ısısının kullanımını kolaylaştırmak ve arz talep dengesini sağlamak için de kullanılabilir.

Suda ısı depolama kampüs veya hastane gibi tesislerde güneş enerjisi günlük, haftalık, aylık gibi sürelerle depolanarak ısıtma ve/veya soğutma sistemlerine destek için de kurulabilir.

Bu sistemlerin kurulumu için binada veya bahçede (toprak altı depolama için) uygun alanların olması gerekir.

### Faz Değiştiren Malzemeler

Bu sistemlerde mahâl sıcaklığı civarında ergime noktasına sahip malzemelerden (örneğin parafin) yararlanmaktadır. Ancak bu sistemler çok pahalı olduğu için bina tadilatlarında tercih edilmemektedir.

### 7.1.12 Yakıt Dönüşümü

Yakıt dönüşümü işlemleri aşağıdaki durumlarda gerçekleştirilebilmektedir.

- Baca gazı emisyonları fazla ve verimsiz olan kömür veya sıvı yakıtlı kazan sistemlerinden doğal gazlı yakıtlı sistemlere dönüş hâlinde,
- Kömürlü veya sıvı yakıtlı kazan sistemlerinin daha verimli ve/veya çevresel etkilerinin daha düşük olduğu ısı pompası sistemlerine veya pelet yakıtlı kazan sistemlerine dönüştürülmesi durumunda.
- Binadaki ısıtma sisteminin merkezi sistemlerden, merkezi olmayan sistemlere dönüşümü veya tersi durumlarda.

## Doğalgaza Dönüştürme Durumu

Bina tadilatları kapsamında kömürlü veya sıvı yakıtlı kazanların doğal gazlı sistemlere dönüşümünde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda özetlenmiştir:

- Yeni duruma göre binanın ısı kaybı hesapları yapılmalıdır.
- Yeni durumda kazan kapasitesinin mevcut kazan kapasitesinden daha düşük kapasitede olmasına dikkat edilmelidir.
- Mevcut kömürlü kazan doğal gazlı sisteme dönüştürülecekse, kazanlar yenilenmelidir.
- Mevcut sıvı yakıtlı kazan problemsiz ise ve yaş ve durum olarak ilgili doğal gaz idarelerinden veya Makine Mühendisleri Odası'ndan alınacak raporlara göre kullanımında mahzur görülmezse oransal brülör ve kontrol paneli kullanılarak kullanılabilir (7.1.8. bölümüne bakınız), aksi durumda kazan yenilenmelidir.
- Yeni duruma göre yetkili firmalara ilgili doğal gaz idaresinin prosedürlerine ve şartlarına uygun doğalgaza dönüşüm projeleri hazırlattırılır ve gerekli onaylar alındıktan sonra yenileme yapılır.

## Kömürlü veya Sıvı Yakıtlı Kazanın Daha Verimli Sistemlere Dönüştürülmesi

Kömürlü veya sıvı yakıtlı kazanlar doğal gazın olmadığı yerlerde veya uygun olduğunda ısı pompası veya pelet yakıtlı kazanlarla değiştirilebilir.

- Isı pompasına dönüşüm: 1., 2. ve 3. iklim bölgelerinde havadan suya ısı pompalarının verimlilikleri doğal gaz ile rekabet edebilir durumdadır. Soğuk iklimlerde ise hava kaynaklı ısı pompası sistemleri kurulumu detaylı etütler yapılarak gerçekleştirilebilir. Ancak bu dönüşüm için binanın elektrik alt yapısının uygun olması veya uygun hâle getirilmesi gerekir. Elektrik güç artırımı için yetkili elektrik idaresinden izin alınmak üzere revize elektrik tesisatı projeleri hazırlatılır ve yenileme gerçekleştirilir. Isı pompası kullanımlarında öncelikli şartlardan birisi bina kabuğunun ısı performansının artırılması ve bina enerji ihtiyacının olabildiğince düşürülmesidir. Aksi durumda hem ilk yatırım maliyetleri hem de işletmede enerji maliyetleri artacaktır.
- Pelet yakıtlı sisteme dönüşüm: Pelet yakıtı yeterince bulunabiliyorsa etüt çalışması yaptırılarak her zaman bu sisteme geçilebilir. Burada herhangi bir onay alınmasına gerek yoktur.

## Binada Sistem Değiştirilmesi Gerekmesi Hali

Bazen merkezi ısıtma/soğutma sistemlerinden merkezi olmayan sistemlere geçiş veya tersi söz konusu olabilmektedir. Eğer ısıtma sistemi doğalgazlı ise aşağıdaki hususlar değerlendirilmelidir;

- Yeni duruma göre komple yeni ısıtma tesisatı projeleri ve doğalgaz tesisat projeleri hazırlatılır.
- Yeni duruma göre ilgili doğal gaz idaresinin prosedürlerine ve şartlarına uygun olarak yetkili firmalara hazırlatılan doğal gaz dönüşüm projeleri için gerekli onaylar alındıktan sonra yenileme yapılır.

### 7.1.13 Bina Yönetim Sistemi (BMS) – Mekanik Sistem Otomasyonu

Mekanik otomasyon sistemlerinin temel amacı, binada istenen konforu sağlarken tesisat sistemlerinin verimli biçimde kontrolünü yapmak ve böylece enerji verimliliği, su verimliliği sağlamak ve personel giderlerinden tasarruf etmektir. Konut ve konut dışı tüm binalarda dış hava kompanzasyonu, kablosuz kontrol, zon kontrol sistemleri ile tesisat sistem ve ekipmanlarının otomatik kontrolü genellikle sıcaklık, nem, basınç ve akış miktarının ölçülmesi ve/veya kontrolünü içerir. Otomatik kontrol; ısı veya elektriksel yüklerin/talebin karşılanması için ekipman çalışmasını sıraya koyar, kullanım kapasitesini ayarlar, güvenli çalışmasını sağlar.

Kontrol edilecek nokta sayısı, binanın büyüklüğüne ve ihtiva ettiği sistemlere bağlı olarak birkaç noktadan binlerce noktaya kadar değişebilir, ayrıca sistemlerin kapsamı ve karmaşıklığı binanın cinsine, işletme personelinin durumuna göre değişir.

ASHRAE kaynaklarına göre uygun bir otomasyon sistem %25'e varan oranlarda enerji verimliliği sağlayabilmektedir.

Bina otomasyon sistemi uygulamaları için **Ek-10 Vaka Örnekleri V-7.1.13 Binalarda Otomasyon Sistemleri Uygulama Örnekleri** bölümüne bakınız.

#### İç Mekân Kalite Kontrolü

Otomasyon sistemlerinin temel amacı enerji verimliliği ve sürdürülebilirliği korumak kaydı ile mahâllerde öngörülen iç mekân kalitesinin sağlanmasıdır (İç mekân kalitesi için 5. bölüme bakınız). Bu sistemler tarafından karşılanan iç mekân kalitesi parametreleri aşağıdaki gibidir:

- Isıl konfor (istenilen ortam sıcaklıklarının sağlanmasına yönelik kontroller),
- İç hava kalitesi (istenilen iç hava kalitesinin sağlanmasına yönelik kontroller),
- Aydınlatma konforu (istenilen ortam aydınlık seviyelerinin ve ışık renginin sağlanmasına yönelik kontroller).

#### Radyatörlü Isıtma Sistemi Kontrolü

Düşük sıcaklık farkı ile çalışan radyatör sistemlerinde su debisi fazladır, boru çapları büyüktür, boru ve pompa maliyetleri fazladır. Termostatik vanalar sistemin tümünden bağımsız olarak mahâl ayar (set) sıcaklık değerine bağlı olarak açılır ve kapanırlar. Tüm sistemdeki ısı dengesizlikleri azaltmak için bölgelere ayırma (zonlama) yapılması, zonlarda dengeleme (balanslama) yapılması, debi limitlemeli termostatik vana kullanımı sistemin çalışmasını rahatlatır, baca gazı salımlarını azaltır, sistem verimliliğini artırır.

#### Döşemeden Isıtma ve Soğutma Sistemi Kontrolü

Döşemeden ısıtma/soğutma sistemlerinde ısı doğrudan mahâl zeminine verilir. Sistem büyük ölçüde ışınlam (radyant) ısı geçirgenlik prensibi ile çalışır. Isıtma mevsiminde zemin yüzey sıcaklığı 28°C civarında, soğutma mevsiminde 19°C civarında tutulur ve ışınlam (radyatif) ısı direkt yüzeyden direkt insanlara ulaşır (ısı geçirgenlik mekanizmasında taşınım (konveksiyon) akım bileşeni çok düşüktür).

## Merkezi Havalandırma Santrali (AHU) Kontrolü

Merkezi havalandırma sistemleri otomasyon sistemi ile kontrol edilmelidir. Daha geniş bilgi için 7.1.7. bölümüne bakınız.

## Sıcak Kullanım Suyu Devreleri Kontrolü

Boyler (sıcak su deposu) sıcaklığının 45-50°C'de tutacak şekilde kontrol sağlanır. Eğer sistem belirli saatlerde kullanılıyor ise pompalar zaman ayarı ile kontrol edilmelidir.

## Sistem Entegrasyonu Gereksinimi

Sistemlere müdahale etme ihtimali olan insan sayısı ne kadar fazla ise lokal kontrol o kadar zordur. Örneğin, ortam termostatlarının veya CO<sub>2</sub> sensörlerinin ayarları kullanıcılar tarafından sıklıkla değiştirilebilir. Bu durum hem konforu bozabilir hem de enerji tüketimini artırabilir. Bu sebeple, bu ekipmanların merkezi olarak ayarlanması ve ayarlarının kilitlenmesi önemli olmaktadır. Ayrıca kazanın, pompaların, fanların, ısı pompasının, havalandırma cihazlarının, otomasyon sisteminden açılıp kapatılabilmesi, sistemin değişik noktalarındaki sıcaklıkların, cihaz arızalarının, filtrelerin kirlilik durumlarının, güneş kaynaklı sıcak su kolektörü sistemi varsa buradaki sıcaklıkların, güneş kaynaklı elektrik paneli (solar PV) sisteminden alınan elektrik enerjisinin izlenmesi gibi fonksiyonlar da otomasyon sistemi ekranlarından kolayca gerçekleştirilir.

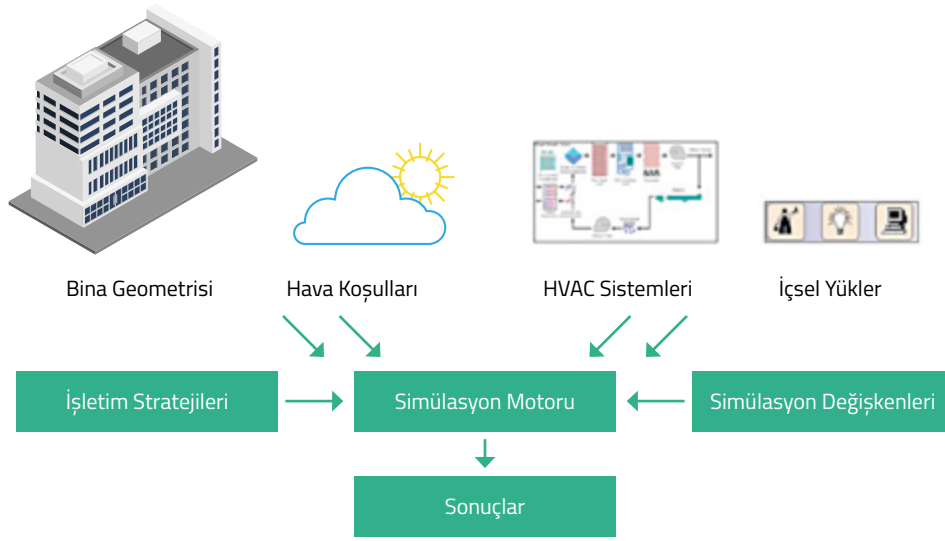
## Sadece İzleme Yapılan Cihazlar

Kazan, ısı pompası gibi kendi kontrol paneli ile kumanda edilen cihazlara otomasyon sistemi tarafından açma/kapama (start/stop) verilir (Başkaca kontrol verilmez). Binalarda BMS yoksa, kazan, soğutma grubu vb. cihazlar kendi kontrol paneli ile çalıştırılmalıdır.

## 7.1.14 Bina Enerji Modellemesi

Binalarda esaslı tadilat esnasında tasarım ve enerji verimliliği çalışmaları sürecinde, binanın gerçeğe uygun biçimdeki mimarisi, mekanik, aydınlatma ve diğer enerji tüketen sistemlerinin uluslararası geçerliliği olan kurumlarca onaylanmış bir enerji simülasyon programına girilerek binanın ısı yükleri, elektrik yükleri, saatlik, aylık, yıllık enerji ihtiyaçları ve enerji tüketimlerinin, enerji maliyetlerinin ve CO<sub>2</sub> salım değerlerinin bilgisayar programları ile hesaplanmasıdır. Bina enerji modellemesi (simülasyonu) bir maket bina gibi binanın modellenmesidir. Binalarda enerji modelleme programlarının yanında günışığı, aydınlatma, yenilenebilir enerji teknolojileri, hava akış simülasyon programları (Computational Fluid Dynamic – CFD) ve diğer modelleme programları da bulunmaktadır. Isıtma, soğutma yük hesapları, havalandırma hesapları, sistem tasarımları, yenilenebilir enerji, ısı pompaları, değişken debili soğutucu gazlı soğutma sistemleri (VRF sistemleri), ısı depolama, birleşik ısı güç üretimi (kojenerasyon-trijenerasyon), yıllık enerji ihtiyacı hesapları, enerji etüt çalışmaları, enerji performans sözleşme çalışmaları vb. enerji modeme programları ile kolaylıkla hesaplanabilmekte ve analiz edilebilmektedir. 6.2.3. bölümde açıklandığı üzere enerji modellemesi özellikle esaslı tadilatlarda (deep renovation) çok yararlı olacaktır. Enerji modelleme programlarının genel yapısı Şekil 7-11'de gösterilmiştir.





Şekil 7-11: Bina Enerji Simülasyonu Programlarının Genel Yapısı<sup>15</sup>

Tadilatı yapılacak binanın mevcut durumunu ve enerji verimliliği potansiyeli olup olmadığını 21değerlendirmek için enerji modellemesi ile oluşturulan "toplam spesifik enerji tüketimini" 6.2.3. bölümünde açıklanan referans değerlerle karşılaştırılması gerekir. Bu şekilde enerji verimliliği potansiyeli belirlendikten sonra bu potansiyelin ne şekilde sağlanabileceğine yönelik çalışmalar yapılır (ön etüt, detaylı etüt, enerji verimlilik projeleri oluşturup, detaylı enerji modelleme çalışmaları, ekonomik analizler vb.) ve sonuçta "verimlilik artırıcı projeler (VAP)" oluşturulur.

### 7.1.15 Su Kullanımı

Binalarda suyun kullanım yerleri aşağıdaki gibidir:

- Sıhhi tesisat sistemleri
- Mutfaklar (yıkama, pişirme vb.)
- Bahçe sulama
- Temizlik (WC, lavabolar, banyolar, çamaşır)
- İçme suyu
- Isıtma ve soğutma sistemleri
- Diğer (laboratuvarlar, proses, buhar vb.)

Bakteri, mikrop, ağır metaller, toz partikülleri gibi kirleticilerin sudan temizlenmesi ve kullanılabilir bir su elde edilmesi önem arz etmektedir. Küresel ısınma ve su kaynaklarının azalması nedeniyle binalarda suyun verimli kullanılması gerekmektedir. Buna karşın suyun kaynağından (tesise girişinden), kullanılacağı yere getirilmesi için bir enerji harcanması gerekmekte, iletim ve dağıtım sistemlerinde kayıplar söz konusu olabilmektedir. Ayrıca suyun kullanıldığı

<sup>15</sup> ETKB Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, "Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı ile Proje Geliştirme Süreci Uygulama Kılavuzu", Ankara, 2016



yerlerde uygulama ve kullanıcı alışkanlıklarından kaynaklanan suyun verimsiz kullanımı söz konusu olabilmektedir. Farklı fonksiyonlara sahip binalarda; su tüketimi fonksiyona ve binanın kullanım süresine göre değişebilmektedir. Binalarda genel olarak su verimliliği (dolayısıyla enerji verimliliği) için alınabilecek önlemler aşağıda özetlenmiştir. Bunlardan hangilerinin uygulanacağı tadilat yapılacak binanın durumuna göre değerlendirilmeli, tadilat planlaması aşamasında gerekli projeler ve şartnameler hazırlanmalıdır.

Binalarda sıhhi tesisat uygulamaları için **Ek-10 Vaka Örnekleri V-7.1.15 Binalarda Sıhhi Tesisat Uygulama Örnekleri** bölümüne bakınız.

#### Suyun Verimli Kullanımı İçin Öneri Listesi

- Bina içinde verimli armatürler (düşük su akışlı armatürler) kullanılmalıdır.
- Varsa soğutma kulelerinde su iletkenliğine bağlı otomatik deşarj sistemi ile otomatik kimyasal arıtma işlemi kullanılmalıdır.
- Soğutma kulelerinde su debimetresi (manuel ya da otomasyona bağlanmış) kullanılması su tüketiminin kontrolü ve zamanla azaltılması için önemlidir. Kulelerde su filtrasyonu, yosunlanma ve yosunlanma kontrolü ile suyun tekrar kullanılması sağlanmalıdır.
- Eski su armatürlerinin yeni teknoloji ürünler ile değiştirilmesi etüt edilmelidir.
- Su tüketimi fazla olan binalarda çoklu hidrofor kullanılabilir (kontrol ve optimizasyon yazılımları kullanılması uygun olur). Ayrıca yaklaşık olarak her 5 m<sup>3</sup>/h kapasite için ayrı bir hidrofor kullanılması yararlı olur.
- Az su tüketen bulaşık makinası, çamaşırhane sistemleri kullanılmalıdır.
- Binaların yapısına, sahip olduğu klozet, lavabo gibi pis su sistemlerine bağlı olarak kötü kokuları önlemek için sistemleri yapılmalıdır. Bu durum dolaylı olarak su tüketimini azaltacaktır.
- Özellikle büyük binalarda farklı alt sistemlerdeki su tüketimlerini izlemek ve değerlendirmek için ara elektronik, haberleşmeli su sayaçları konulması yararlı olacaktır.
- Yüksek basınçlı klozet, lavabo vb. sistemlerde su sıçramaları ve kayıpları azaltmak için yüksek basınç kullanılmamalıdır (Akma basıncı 0,5 bar civarında olması yeterlidir.).
- Su kullanımında tasarruf için 2/4 lt depolu çift basmalı klozetler kullanılmalıdır.
- Fotoselli batarya ve pisuvarların kullanılması değerlendirilmelidir (Okullar, ofisler, yurtlar, hava alanları, gar binaları, hastaneler gibi kalabalık binalar için özellikle uygundur.).
- Sıcak su için termostatik bataryaların kullanılması etüt edilmelidir.
- Yurtlar, lojman binası, havaalanı, toplu konut gibi yerlerde suyun tekrar kullanımı için uygun ise gri su sistemleri ve yağmur suyu sistemleri kurulması etüt edilmelidir. Bu sistemler aşağıda özetlenmiştir.

#### Gri Su Sistemleri (Suyun Tekrar Kullanımı):

Gri su sistemleri su verimliliği sağlayabilen sistemlerdir. Binadaki duşlarda ve lavabolardaki az kirli kullanılmış sular ayrı boru devreleri ile bir ortak depoda toplanır. Burada partikül ve mikrobik yönlerden arıtılır ve bina içinde ayrıca çekilmiş boru devreleri ile klozetlerde kullanılır.

#### Yağmur Suyu Toplama Sistemleri:

Su verimliliği amacıyla yağmur suyunun toplanarak kullanılması yararlı uygulamalardır. Çatı, bahçe ve depo çatılarından yağmur suları toplanıp depolanarak bahçe sulama ve/veya klozetlerde kullanımı mümkün olabilmektedir. Yağmur suyu deposu, hidrofor, filtre, boru gibi ekipmanların kapasitesi yağmur suyu toplanabilecek alanların yüzeyleri dikkate alınarak yapılacak yağmur suyu hesabı ve yer durumuna göre belirlenir.

- Fan coil, klima santrali, soğutucu gazlı ısıtma/soğutma (VRF) sistemi iç ünitelerinde meydana gelebilecek yoğunlaşma suları toplanarak; varsa gri su sistemine veya yağmur suyu toplama sistemine bağlanabilir.
- Peyzaj ve bahçe sulamada uygulamalarında su tüketimi azaltılmalıdır. Sulanacak alanın büyüklüğü, bitki ve ağaç cinsine bağlı olarak zonlama, damlama sulama, toprak altı sulama, nem kontrollü sulama, zamana bağlı sulama gibi teknolojiler tadilat planlaması aşamasında değerlendirilmelidir.
- Bina içinde verimli armatürler (düşük su akışlı armatürler) kullanılmalıdır.

#### 7.1.16 Elektrik Tesisatı, Panolar vb.

Bina tadilatları sırasında enerji verimliliği ve güvenlik açısından elektrik kuvvetli akım tesisatı (trafolar, dağıtım sistemi, güç devreleri, mekanik sistem besleme/kontrol panoları, aydınlatma sistemi) ile zayıf akım tesisatı (yangın algılama, seslendirme, telefon/veri alt yapısı), yıldırımdan korunma ve topraklama tesisatı, yedek elektrik (jeneratör) ve kesintisiz güç (KGK) sistemlerinin tadilatı da önem arz etmektedir. Binada yapılacak mimari/inşai/mechanik ve diğer tadilatlar belirlendikten sonra, ilgili mevzuata uygun olarak elektrik tadilat projesinin hazırlanması, onaylanması ve gerekirse güç arttırımı yapılması, uygulama sırasında güncel şartnamelere, yönetmeliklere uygunluk ve "mesleki yeterlik sertifikalı" personelin çalıştırılması gerekmektedir.

Tadilat kapsamında "ısıtma, havalandırma, soğutma, aydınlatma, asansör vb." sistemlerin ilave edilmesi veya yenilenmesi veya yenilenebilir enerji kaynaklarının tesisi durumunda ya da mevcut elektrik tesisatı eskimiş ise elektrik altyapısının tamamen yenilenmesi gerekir. Enerji verimli elektrik tesisatı için dikkat edilecek hususlar aşağıda özetlenmiştir:

- Can ve mal güvenliğinin sağlanmasına dikkat edilmelidir.
- Binada herhangi bir otomasyon-otomatik kontrol sistemi varsa elle-manuel çalışma imkânı ve iptal edilebilme olanağı bulunmalıdır.
- Tesisatın da enerji verimli olması, kesintisiz enerji sağlaması etüt edilmelidir.
- İzleme-kontrol sistemleri elektrik yüklerini kaynaklara en uygun şekilde dağıtıp ve iletmeli, böylece yüksek verimlik sağlanmalıdır.
- Kablolama proje ve uygulamalarında enerji kayıplarının azaltılması, gerilim düşümleri, güç kalitesinin korunması ve güç faktörlerinin etkilerinin azaltılması ile sağlanmalıdır.

- Cihaz/sistemlerin enerji beslemeleri ve kapasite hesapları elektrik tüketen cihazların kurulu güçleri, ilgili mevzuata uygun olarak yapılmalıdır.
- Kullanılan ürünlerin (Led lambalar, bilgisayarlar vb.) neden olduğu harmoniklerin diğer sistemleri etkilemesi önlenmelidir.

Binalarda elektrik sistemleri uygulamaları için **Ek-10 Vaka Örnekleri V-7.1.16 Binalarda Elektrik Sistemleri Uygulama Örnekleri** bölümüne bakınız.

### Elektrik İç Tesisat Sistemleri

Binalarda bulunan elektrik iç tesisat sistemleri, binanın cinsine, kapasitesine ve kullanım amacına bağlı olarak değişir. Bu sistemleri oluşturan alt cihaz/sistemler aşağıda açıklanmıştır:

#### Trafolar

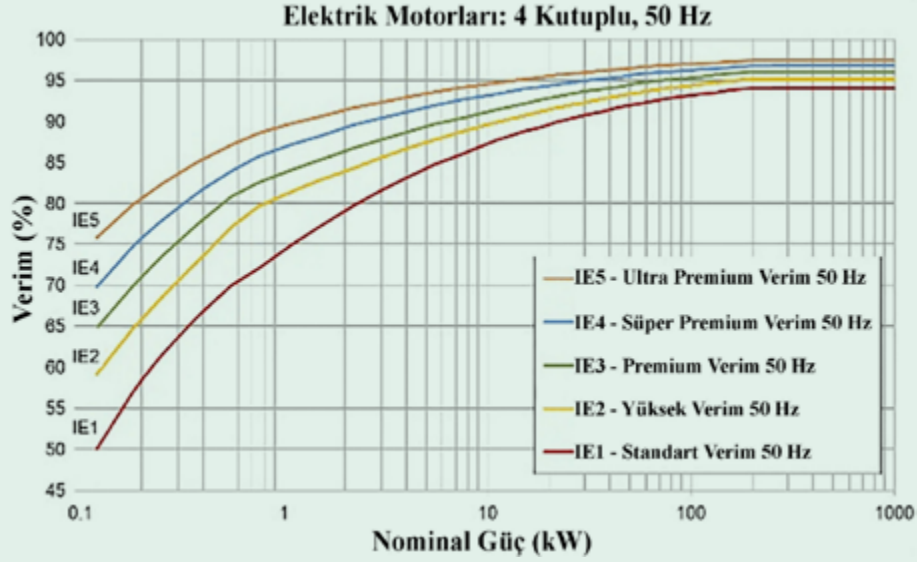
Trafolar, alternatif akım (şebeke) elektriğinin bir voltaj değerinden, diğer bir değere değiştirilmesine yarar. Bu dönüşüm esnasında bir kısım elektrik enerjisi kayıplar nedeniyle ısı enerjisine dönüşür. Trafolar 7 gün 24 saat devrede olduğundan satın almalarda yüksek verimli olanlar tercih edilmeli, ayrıca verim ve cihaz güvenliği açısından ortam sıcaklığı maksimum 40°C olacak şekilde havalandırma veya soğutma sağlanmalıdır. Binalarda enerji verimliliği ve güvenlik açısından, mümkün olduğu kadar kuru tipte trafo kullanılmalıdır.

#### Elektrik Motorları

Binalarda asansörler, soğutma grupları, yürüyen merdivenler, pompalar, fanlar, brülörler, hidroforlar, motorlu damperler, motorlu vanalar gibi ekipmanların tahrikinde elektrik motorları kullanılır. Binalardaki elektriğin büyük bölümü elektrik motorlarında tüketilmektedir. Eğer bina 10 yıldan eski ise genelde motor verimlilik sınıflarının güncel teknolojik ürünlere göre (Tablo 4-6'ya bakınız) düşük olduğu değerlendirilebilir. Bu nedenle enerji verimliliği uygulamaları için elektrik motorları verimli yeni nesillerden seçilmelidir. Sık kullanılan motorların yüksek enerji verimliliği sınıfından (IE3 veya IE4) seçilmesi/değiştirilmesi ve eğer sistemde değişken debi durumu var ise (örneğin ısıtma, soğutma, havalandırma, sıhhi tesisat sistemleri) değişken devirli sürücüler (VSD) kullanımı da sağlanmalıdır.

**Örnek 7.1.16.1:**

Elektrik motorlarının enerji verimlilik sınıfları ve güce bağlı olarak yaklaşık verimlilik değerleri aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Grafikte görüldüğü üzere fanlar sabit devirde çalıştırılarak gece serbest soğutma yapıldığında, fanlarda tüketilen elektrik enerjisi, ertesi gün soğutmada sağlanan enerji verimliliğinden daha fazla olmaktadır. Yani serbest soğutma yarar değil, zarar vermektedir. Buna karşın bir optimizasyon yazılımı kullanılarak fanlar değişken devirle kullanıldığında toplamda %15'ten fazla verimlilik artışı sağlanmaktadır.

Sadece fan veya pompa verimliliğine veya sadece motor verimliliğine bakmak yeterli değildir, tüm sistem verimliliğine bakılması gerekir. Mevcut binalarda motorların ve motor sistemlerin verimliliği enerji etüdü yapılarak değerlendirilmeli, yenilenip yenilenmeyeceklerine karar verilmelidir.

**Motor Sürücüler**

Motor sistemlerinde kalkış şekli enerji verimliliği açısından önem arz edebilmektedir. Kalkış şekilleri frekans invertörleri (değişken devirli sürücüler-VSD), direkt, yıldız-üçgen, yumuşak başlangıç (soft starter) sistemleri şeklindedir.

- Yangın pompalarında doğrudan kalkış yöntemi kullanılmalıdır (VSD kullanılmaz).
- Sabit yük altında çalışan pompalarda ve fanlarda hız kontrollü (VSD) veya yıldız-üçgen kalkış kullanılabilir.
- Yukarıda açıklandığı üzere değişken debili tesisat sistemlerinde "değişken devirli sürücüler (VSD)" kullanılmalıdır.
- Fanlarda kayış kasnaklı sistemler yerine "değişken devirli sürücüler (VSD)" ile çalıştırılan direkt akuple motorlu plug fanlar (daha iyisi EC motorlu fanlar) kullanılmalıdır.

- Fan coil ve benzeri sistemlerde yüksek verimlilik ve kolay kontrol nedeniyle, mümkün olduğunca elektronik kontrollü (EC) motorlar kullanılmalıdır.

### Priz Yükleri

Priz yükleri; bilgisayarlar, yazıcılar, buzdolapları, varsa mutfak cihazları, çay makineleri, çamaşır makineleri, televizyon, akıllı tahta gibi cihazlardan oluşmaktadır.

- Cihaz alımlarında, A enerji sınıfı veya daha yüksek enerji sınıfı etiketi olanlar tercih edilmelidir.
- Prizlere elektrikli ısıtıcılar takılmamalıdır (Enerji verimliliği açısından da uygun değildir).
- Kat, mahâl ve priz yükleri, proje ve pano imalatında mümkün olduğunca eşit dağıtılmalı ve dengelenmelidir.
- Kullanılmayan elektrik tüketen sistemler ve cihazlar panodan veya prizlerden kapatılabilir.

### Panolar ve Kabloleme

Panolarda enerji verimliliği açısından en önemli husus kayıpların, dolayısı ile ısınmanın azaltılmasıdır.

- Pano içinde ısınmanın azaltılması için çekilen kabloların kesitleri, yükün çekebileceği ve şalterin taşıyabileceği maksimum güçlere göre hesaplanmalı, kablo giriş ve çıkışların rahatlıkla bağlanabilmesi için, kablo kesitine uygun klemensler, rakorlar kullanılmalıdır.
- Cihaz/sisteme bağlanan kabloların giriş uçlarına; mutlaka yüksük takılmalı ve yüksük sıkma penseleri ile sıkılmalıdır.
- Pano kabini seçilirken panonun içine monte edilecek malzemelerin ne kadar yer kaplayacağı hesaplanmalı ve doğal soğutma için uygun hava sirkülasyonu sağlayacak şekilde yerleşim yapılmalı, panolara havalandırma panjurları ve/veya havalandırma fanları takılmalıdır.
- Farklı nitelikte olan ve farklı gerilim taşıyan kabloların, mümkün olduğunca farklı kablo kanallarından geçirilmesine dikkat edilmelidir.
- Panolar, kısmi tadilatlarda da etüt edilmeli, gerekirse yeniden düzenlenmelidir.
- Panolarda kaçak akım röleleri kullanılmalıdır.
- Alt sistemlerin de elektrik tüketimlerinin ölçülüp izlenmesi, nerelerde daha fazla verimlilik potansiyeli olabileceğinin etüdü açısından önemlidir. Bu nedenle enerji tüketim noktalarına ve kat panolarına haberleşebilen enerji analizörleri, sayaçlar takılmalıdır.
- Elektrik tesisatından gerilim dengesizlikleri kontrol edilmelidir. Tek faz yüklerinin dengeli dağılımı sağlanmalıdır.
- Tercihen yük tarafında olmak üzere, güç faktörünü iyileştirip kontrol edecek ekipmanlar kullanılmalıdır (örneğin kompanzasyon panosu).
- Harmonik filtrelerin kullanımı etüt edilmelidir.

## Kompanzasyon Panosu

EPDK tarafından yayımlanan "Dağıtım Lisansı Sahibi Tüzel Kişiler Ve Görevli Tedarik Şirketlerinin Tarife Uygulamalarına İlişkin Usul ve Esaslar"ın reaktif enerji tarifi uygulamasının kapsamı başlıklı 13. maddesinde belirlenmiş değerin üzerinde reaktif enerji tüketilmesi durumunda "reaktif enerji bedeli (ceza)" ödenmesi gerekmektedir. Bu cezalı bedelin ödenmemesi için tadilat yapılacak olan binada kompanzasyon panosu yok ise veya arızalı ise; tadilat esnasında kompanzasyon panosu yaptırılmalı ve ayda bir kez faturalar ile sayaç değerleri kontrol edilmelidir. Kompanzasyon panosunun, mümkünse harmonik filtreli (şönt reaktör eklenmesi ve tristörlü) olması önerilir, böylece:

- Hassas elektronik cihazlara zarar veren, rezonans ihtimali ortadan kalkar.
- Harmonik akımların artışı engellenmiş olur.
- Kompanzasyon panosu içindeki kondansatörlerin ve kontaktörlerin arızalanması önlenir. Bakım maliyeti azalır ve kondansatörlerin değer kaybetmesinden dolayı reaktif ceza ödeme riskini ortadan kaldırır.
- Kondansatörlerin ömrü uzar.
- Dağıtım sisteminin besleme şalterlerinin gereksiz açmaları ile istenmeyen elektrik kesintileri engellenir.
- Hesap edilemeyen enerji kayıplarının ve aşırı yük artışlarının önüne geçilir.
- Bakım masrafları düşer.
- Enerjinin kalitesi artar.
- Sayısal elektrik sayaçları ve analizörleri daha sağlıklı çalışır.

### Elektrik Tesisatı Öneri Listesi

- a) Topraklama, paratoner sistemleri kontrol edilmelidir.
- b) 20 yıldan eski panolar ve elektrik tesisatları yenileme potansiyeli oluşturur, bu sistemler kontrol edilmelidir.
- c) Fan, pompa, soğutma grubu gibi çalışma süreleri uzun sistemlerde motorların verimlilik sınıfı yüksek olmalıdır (Yüksek verimli elektrik motorları gücüne bağlı olarak %2-5 daha verimlidir).
- d) Varsa trafolar kontrol edilmelidir.
- e) Sistemlerin elverdiği ve ekonomik ölçüde değişken hız kontrol sistemleri sistemleri kullanılmalıdır.
- f) Elektrik tarifeleri kVA, maliyet ve kWh gibi değerlere göre kontrol edilip, pik yükleri devre dışı bırakma senaryoları oluşturulmalıdır.
- g) Sistemlerin elektrik enerjisi ölçülüp izlenmeli, verimlilik potansiyeli olabilecek yerler analiz edilmelidir.
- h) Kompanzasyon panosunun çalışıp çalışmadığı ve elektrik faturasında "reaktif enerji bedeli (ceza)" ödenip ödenmediği aylık olarak kontrol edilmelidir.

### 7.1.17 Aydınlatma, Aydınlatma Otomasyonu

Kamu binalarının enerji verimli tadilatı için öncelikli ve kolay uygulamalardan birisi de aydınlatma ve aydınlatma otomasyonu sistemidir. Hem kullanıcı konforu hem de enerji verimliliği açısından tadilatlarda öncelikle değerlendirilmelidir.

Tadilat projelerinde, aydınlatma tasarımcıların aşağıdaki hususları bütüncül olarak dikkate almaları ve değerlendirmeleri sağlanmalıdır:

- Güneş ışığı aydınlatması,
- Elektrik (yapay aydınlatma) aydınlatması,
- Elektrik aydınlatması, güneş ışığı aydınlatması, ısıtma ve soğutma enerji tüketimleri arasındaki ilişkiler,
- Aydınlatmanın iç ortamlara etkisi (sıcaklık rengi, armatürlerin yerleri, ışık kaynağının doğru dağılımı, aydınlatma seviyesi, direkt veya indirekt aydınlatma vb.),
- Aydınlatmanın ortamdaki insanların performansları ve sağlığı üzerindeki etkileri (örneğin psikolojik rahatlık, öğrencilerin daha iyi öğrenebilmeleri, hastaların daha hızlı iyileşmeleri vb.)
- Güneş ışığının ve elektrik aydınlatmanın parlama etkileri, gölgeleme etkileri, yansıma etkileri,
- İç mimari özelliklere; mobilyalara-boyalara, perdeler vb. etkileri,

Bu gibi hususlar uygulama sonrasında aydınlatma ölçümleri yaptırılarak, sağlanıp sağlanmadığı kontrol ettirilmelidir.

### Gün Işığı Aydınlatması (Doğal Aydınlatma)

Güneş ışığı veya doğal ışık, güneş ışınımının "görülebilir" kısmıdır. Bu ışınım binaya üç farklı şekilde ulaşır.

- Doğrudan güneş ışınımı,
- Gökışığı (atmosferde dağılarak ulaşan güneş ışınımı),
- Güneş ışığı veya gökışığının yerden yansıması.

Doğrudan ve dolaylı güneş ışığı yanında, binaya etki eden toplam ışık miktarında yansımanın da önemli bir katkısı vardır. Örneğin binaların içi açık renk ile boyanır ise bina dışından mekân içinde açık renkli tavana ve duvarlara yansıyan ışık, aydınlatmaya oldukça katkı sağlar. Mevcut pencerelerin yeterli aydınlatma sağlayıp sağlamadığının yanında; havalandırma ve bina cephesi yönünden de gereklilikler etüt ettirilmelidir. Yeterli güneş ışığını alamayan mekânlarda, binanın yapısı uygun ise güneş ışığının artırılması için iç duvarların üst kısımlarına saydam yüzeyler yapılması (bu uygulama yapılırken, yapının deprem güvenliği açısından kısa kolon etkisi oluşturmamasına dikkat edilmelidir), merdiven aydınlatması için çatı ışıklıkları, ışık bacaları, ışık tüpleri, fiber-optik kablolar, ışık rafları kullanılması değerlendirilmelidir. Bu hususlar binanın mevcut yapısına ve altyapısına uygunluğu etüt ettirilmelidir.

Binalarda günışığı aşağıdaki sebeplerle çok önemlidir:

- Aydınlatmada enerji tüketiminin azaltılması
- İnsan sağlığı ve konforunun artırılması
- İç ortam görünüşünün iyileştirilmesi
- Manzara sağlanması (dolaylı etki)

Tadilat yapılacak binalarda, yıllar içinde çevre koşullarında oluşan ve özellikle günışığı açısından olumsuz durum yaratan koşulların da etüdü gereklidir. Günışığı, güneş/gölge analizine dayalı olarak analiz edilir. Yapılacak tadilatın boyutuna göre aydınlatma-enerji simülasyon programları, maket modeller ve basit hesaplamalar ile etüt edilmelidir. Enerji verimliliğine yönelik olarak, yapay aydınlatma ile en iyi sonucu verecek tasarım, proje bütüncül bir yaklaşım ile elde edilir.

### Elektrik ile Aydınlatma (Yapay Aydınlatma)

Günışığının yeterli olmadığı gündüz saatlerinde ve gece kullanımı için yapay aydınlatma sistemleri kullanılmaktadır. Yapay aydınlatma sistemleri; eğitimin kalitesini, çalışanın görme konforunu ve konsantrasyonunu, yatan hastaların iyileşmesini vb. doğrudan etkileyebilmektedir. Dolayısıyla bu alanlarda uygulanacak aydınlatma sistemlerinin tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar:

- Uygun aydınlık seviyeleri sağlanmalıdır.
- Aydınlık düzgünlüğü sağlanmalıdır.
- Uygun renk sıcaklığı sağlanmalıdır.
- Amaca ve kullanıma uygun renksel geriverim sağlanmalıdır.
- Armatür ve lamba tipi, sayısı, yerleşimi ile otomasyonu/kontrolü; bütüncül sistem verimliliği ve konfor açısından değerlendirilmelidir.

Genel olarak görsel konfor açısından bina içerisinde hacim aydınlatması yapılması uygun olur. Bir başka ifade ile yayınlık ışıma yapan "difüzörlü armatürler" hem doğrudan hem de dolaylı ışıma yapan armatürlerle genel hacim aydınlatması yapılması uygun olur.

- Bina tadilatlarında yüksek verimli LED ışık kaynakları kullanılmalıdır.

Işık Kaynağı Türleri:

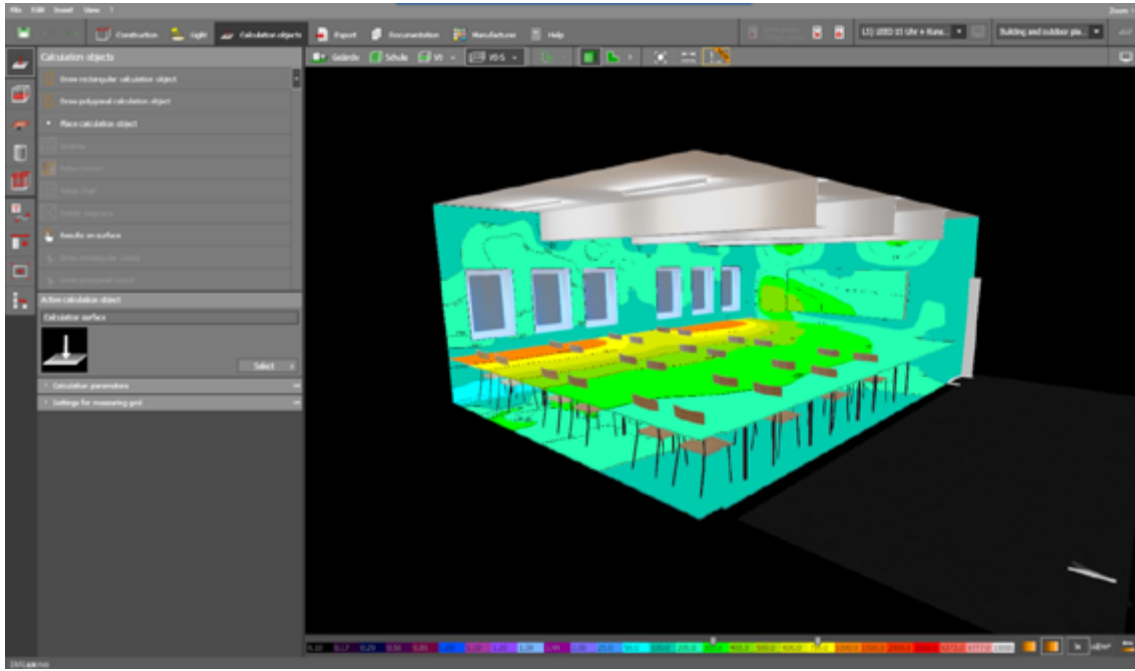
- Tungsten ve akkor telli lambalar (Yüksek enerji tüketimleri nedeniyle bina yenilemelerinde tercih edilmemelidir),
- Floresan, kompakt floresan lambalar (Elektronik balastlı T5, T8 lambalar düşük ortam sıcaklığında verimi düşeceğinden dış ortamda kullanımı uygun değildir),
- Alçak, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar (renksel geri verimin önemli olmadığı yerlerde, çoğunlukla dış aydınlatmada kullanılır),



- Yüksek basınçlı civa buharlı lambalar ve metal halide lambalar (Yüksek enerji tüketimleri nedeniyle, bina yenilemelerinde tercih edilmemelidir),
- Fiber optik sistemler (Özel yerlerde, çoğunlukla dekoratif amaçla kullanılır),
- LED lambalar (Aydınlatmada en enerji verimli sistemlerdir, uzun ömürlüdür, işletme-bakım maliyeti azdır, ömür boyunca aydınlatma kaybı düşüktür, dış ortam sıcaklığından etkilenmez).

### Aydınlatma Simülasyonu

İyi bir aydınlatma tasarımında (aydınlık düzeyi, ışık kalitesi, armatür yerleşimi ve sayısı, günışığının etkileri ve yeterliliği vb.) uzmanlık deneyiminin yanında, aydınlatma simülasyonu da kullanılmalıdır. Değişik aydınlatma simülasyon programları kullanılabilir. Şekil 7-12’de yapılan aydınlatma simülasyonu örneği yer almaktadır.



Şekil 7-12: Aydınlatma Simülasyonu Örneği

### Aydınlatma Kontrolü–Otomasyonu

Yapılacak bina tadilatının içeriğine uygun olarak aydınlatma kontrol sistemleri; anahtarlar, bölgelere ayırma (zonlama), zaman saatleri, varlık/hareket algılayıcıları (sensörleri), manual/otomatik aydınlık seviyesi ayarlama (dimleme) sistemleri ve otomasyon sistemlerinden uygun olanlar kullanılmalıdır.

- Güneş ışığı ve güneş ışığı içeren aydınlatma sistemleri (ışık bacası, çatı pencereleri-ışıklıkları vb.) önceliklendirilmeli, yapay ışık çözümleri ile desteklenmelidir.
- Özellikle çalışma ortamları, sınıflar, hasta odaları mümkün olduğunca güneş ışığı almalı, güneş ışığının yeterli olmadığı zamanda da aydınlatma otomasyonu ile homojen, yeterli ışık

seviyesi sağlanmalıdır. Bu gibi alanlarda sarı ve beyaz ışık rengini-şiddetini karıştırıp-ayrarak “biyodinamik aydınlatma” kullanımı ile hastaların iyileşme süresi kısaltılabilir, daha iyi çalışma/öğrenme ortamı sağlanabilir.

- Günişliği ve varlık sensörlü aydınlatma senaryoları ile enerji harcamaları büyük oranda azaltılabilir.
- Uygun olan tüm ortak mahâllerde ve özellikle kapalı otoparklarda giriş ve çıkışlarda, otomatik olarak ışıkları açıp/kapatan varlık-hareket sensörleri kullanılarak hem konfor hem de enerji verimliliği sağlanmalıdır.

#### Aydınlatma Sistemleri Enerji Verimliliği Öneri Listesi

- Aydınlatma sisteminde uygulanabilecek iyileştirmeler, doğrudan elektrik tüketimlerini ve soğutma enerjisi tüketimini etkilemektedir. Bu nedenle verimli ve yeterli sayıda aydınlatma armatürü kullanılarak mahâllerdeki metrekareye düşen aydınlatma güç yoğunluğunun önemli oranda azaltılabilmesi öncelikle etüt ettirilmelidir.
- Mevcut binalarda aydınlatma sistemleri yenilenirken mevcut elektrik alt yapısının durumu ve aydınlatma armatürleri ve sistemi incelenmeli, armatürlerin aydınlatma seviyeleri ölçülmelidir.
- Bina içerisinde kullanılan veya kullanılacak olan floresan ve kompakt floresan lambaların yüksek frekanslı elektronik balastlı olması ya da yüksek verimli LED ürünlerin tercih edilmesi etüt ettirilmelidir.
- Sadece gereken yerin aydınlanmasına yönelik aydınlatma armatürlerinin uygun-doğru konumlanması etüt edilmelidir.
- Kullanılmayan alanlardaki ışığın otomatik olarak kısılması veya kapatılması sağlanmalıdır.
- Mümkün olduğunca günışığından faydalanılması, böyle alanlarda aydınlatmanın otomatik olarak kısılması, gerektiğinde tam kapasite çalışabilmesi sağlanmalıdır.
- Aydınlatma otomasyon sistemi, varsa “bina yönetim sistemine (BMS)” bağlanabilmeli, haberleşebilmelidir.
- Acil yönlendirme için “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” uygulanmalı, armatür seçiminde kendinden aydınlanmalı levhalar ve/veya sadece elektrik kesintisinde yanan tipler tercih edilmelidir. Acil aydınlatma için ise; sadece elektrik kesildiğinde yanan tipler seçilmelidir.

#### Ne Zaman Yenilenmelidir?

- Binanın kullanım amacı değişecek ise,
  - Odaların kullanım amacı ve yapısı, açık ofislerin yapısı, pencereler değişecek ise,
  - Bina ekonomik kullanım ömrüne yaklaşık 10 yıldan fazla süre kalmış ise,
- aydınlatma sistemi yenilenmeli ve aydınlatma otomasyonu ile entegre edilmelidir.

Kısa vadede bina/aydınlatma sisteminin tadilatı yapılmayacak ise;

- Mevcut lambalar bozuldukça, yerine yeni nesil verimli LED veya benzeri lambalar takılmalıdır.

- b) Yapılacak ölçüm veya simülasyon sonucu gerekiyorsa LED armatürlerle yenileme yapılmalıdır.
- c) Ortak alanlar, otoparklar, tuvalet, duş vb. mekânlarda adınlatma sistemlerinde varlık sensörü, hareket sensörü ve/veya zaman ayarlı açma-kapama sensörleri kullanılmalıdır.

### 7.1.18 Kojenerasyon-Trijenerasyon Sistemleri

Elektrik ve ısı bir arada üretildiği sistemlere “kojenerasyon” uygulamaları adı verilir. Bu sistemden ortaya çıkan ısı enerjisi, yazın da bir “absorbsiyonlu chiller” vasıtasıyla soğutma da kullanılır ise bu sistemler “trijenerasyon” sistemleri olarak adlandırılır. “Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği” 10.000 m<sup>2</sup> den büyük binalarda bu sistemlerin kurulumunun etüt edilmesini ve mali açıdan uygulanabilir (fizibil) olması hâlinde kurulmasını öngörmektedir. Örneğin havaalanı, hastane, askeri binalar ve kampus gibi 24 saat çalışan ve yaz aylarında soğutma yükü olan binalarda verimli enerji (elektrik ve ısı) üretim sistemlerinden biridir.

Bu sistemlerin kurulumları ancak yapılacak enerji simülasyonu sonucunun olumlu çıkması, işletmeyi yapabilecek kalifiye personel bulunması, uygun kurulum alanı bulunması, yasal izinlerin alınması hususları bir arada mümkün ise gerçekleştirilmelidir.

Binalarda kojenerasyon sistemleri uygulamaları için **Ek-10 Vaka Örnekleri V-7.1.18 Binalarda Kojenerasyon/Trijenerasyon Sistemleri Uygulama Örnekleri** bölümüne bakınız.

#### Genel Özellikler

Bu sistemlerin temel yararları aşağıdaki gibidir:

- İşletmede enerji maliyetlerinin düşürülmesi,
- Pik yüklerin traşlanarak sabit enerji anlaşmaları yapabilmeye olanak sağlanması,
- Elektrik temin güvenilirliği ve alternatif sağlanması,
- CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> gibi çevre kirleticisi olumsuzlukların azaltılması.

Söz konusu sistemlerde çalışma süresi ne kadar fazla ise toplam verimlilik o kadar yüksek ve geri dönüş süresi o kadar kısa olur.

#### Kapasitenin Belirlenmesi

Kurulu gücün tespitinde üretilen elektriğin ve/veya atık ısıların fazlasının satılıp satılamayacağı, binanın cinsi (elektrik yüklerinin mi, yoksa ısı yüklerinin mi ağırlıkta olduğu; iklimlendirme sistemlerinin cinsi, diğer tüketim ekipmanlarının cinsi ve sayısı, iklim bölgesi, bina yük profili vb.) faktörler etkilidir. Tüm bu parametreler bina enerji modelleme programına sınır koşul olarak verilerek uygun sistem kapasitesi bulunabilir (Bina tadilatlarında geçmiş dönemlerdeki elektrik ve doğalgaz tüketim bilgileri de burada veri olarak kullanılır). En uygun kapasite, yıllık bazda üretilen elektriğin ve atık ısıların optimum düzeyde kullanılarak geri dönüş sürelerini kısaltan kapasitedir.

Aşağıda, Ankara’da (3. iklim bölgesi) bir konut bloğu için yapılan enerji modellemesi ile binanın yılın tüm saatleri için saatlik enerji ihtiyaçları (elektrik, ısıtma ve soğutma ihtiyaçları) ile bu ihtiyaçlar dikkate alınarak kojenerasyon-trijenerasyon sistemleri kullanım kapasite hesabına ilişkin bir örnek verilmiştir (Örnek modelleme sonuç tablosunun son kısmını ihtiva etmektedir.).

**Örnek 7.1.18.1:**

Enerji Modelleme ile Bir Konut Bloğu İçin Kojenerasyon-Trijenerasyon Sistemi Optimizasyonu Örneği

Saat	Isıtma Enerjisi İhtiyacı, Wh	Sıcak Su Enerji İhtiyacı, Wh	Toplam Isıtma İhtiyacı, Wh	Kojenden Üretilen Isıtma Enerjisi, Wh	Soğutma İhtiyacı, Wh	Trijen Soğutması, Wh	Trijen Isı Üretimi, Wh	Elektrik İhtiyacı, Wh	Kojenden Üretilen Elektrik, Wh
1	58375	91605	149980	149980		0	149980	152470	152470
2	61846	91605	153451	153451		0	153451	140508	140508
3	65584	91605	157189	157189		0	157189	125964	125964
4	68455	91605	160060	160060		0	160060	125964	125964
5	70807	91605	162412	162412		0	162412	125964	125964
6	73432	91605	165037	165037		0	165037	202079	202079
4300	0	91605	91605	91605	34548,8	34548,8	149186	127571	127571
4301	0	91605	91605	91605	157650	157650	354355	127571	127571
4302	0	91605	91605	91605	248387	248387	505583	204362	204362
4303	163	91605	91768	91768	303649	250000	508271	341907	341907
4304	0	91605	91605	91605	322124	250000	508271	383151	383151
4305	0	91605	91605	91605	324967	250000	508271	354445	354445
4306	5729	91605	97334	97334	314704	250000	508271	375084	375084
4307	901	91605	92506	92506	346423	250000	508271	325204	325204
8754	449412	91605	541017	440000		0	440000	329941	329941
8755	356488	91605	448093	440000		0	440000	462337	400000
8756	267740	91605	359345	359345		0	359345	565377	400000

8757	271942	91605	363547	363547		0	363547	613398	400000
8758	89143	91605	180747	180747		0	180747	499614	400000
8759	80159	91605	171764	171764		0	171764	396500	396500
8760	82824	91605	174428	174428		0	174428	239416	239416
TOPLAM	825678423	802457172	1628135595	1498991804	968247261	538593303	2392032199	2850563584	2632428576

Bu projede sistem kapasitesini düşürebilmek için bina kabuğu yüksek enerji performansı (duvarlarda 12 cm yalıtım, camlar  $U=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $SC=0,35$ ,  $WWR = \%36$ ), verimli iklimlendirme sistemleri (verimli pompalar, soğutma grupları, klima santralleri vb.) bina otomasyon sistemi, verimli aydınlatma sistemleri (LED aydınlatma), aydınlatma otomasyonu esas alınmıştır. Kojenerasyon sistemleri elektriğinden pompalar, klima santralleri, soğutma sistemi, aydınlatma gibi yükler karşılanırken oluşan atık ısı döşemeden ısıtma/soğutma, klima santralı gibi sistemlerde kullanılmaktadır. Böylece sistemin yıllık verimi %90'lara kadar çıkmaktadır. Kışın ünitenin atık ısıyı yetmediğinde, kazan devreye girmektedir. Yazın ise "absorbsiyonlu soğutma cihazı" kapasitesi soğutma yükünü karşılamadığında hava soğutmalı soğutma grubu devreye girmektedir.

## Mekân İhtiyacı

Sistemin kurulmasında önemli olan diğer bir konu ise mekân ihtiyacı olup bu konuda aşağıdaki hususlar dikkate alınır:

- Tesisat merkezine yakınlık,
- Mevcut binadaki elektrik ve tesisat alt yapısı ve yenileme gereksinimleri,
- Sistemlerin oluşturabileceği gürültü.

## 7.1.19 Güneş ve Rüzgârdan Elektrik Üretimi

### Güneş Elektrik (PV Panel) Sistemleri

Güneş radyasyon ışınımından elde edilen enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Binalarda çatıya, cephelere ve araziye vb. kurulabilirler. Şekil 7-13'te bina çatısına kurulmuş şebekeye bağlı güneş elektrik (PV) panel sistemleri görülmektedir. Binalarda güneş elektrik (PV) panel sistemlerinin kurulacağı alanların yeterliliği, kurulacak sistemler üzerinde gölge oluşturabilecek çevresel koşullar, toz vb. olumsuzluklar; çatıdaki bacalar ve cihazlar, binanın cephe yönü ve eğim açısı, binanın statik yapısı, mevcut elektrik tesisatı vb. incelenip enerjisi modellemesi ile fizibiliteleri değerlendirilmelidir.



Şekil 7-13: Bina Çatısına Kurulmuş PV Panel Sistem Örnekleri

#### Güneş Elektrik Panel Sistemleri Öneri Listesi

- Güneş elektrik panel sistemleri tasarım ve kurulumlarında öncelikle binanın yıllık ihtiyacı, bu ihtiyacın aylara göre değişimi güneş simülasyon yazılımları ile belirlenmelidir.
- Yaklaşık olarak 7-8 m<sup>2</sup>'ye 1kWe güneş elektrik panel sistemi kurulabilir.
- 1 kWe güneş elektrik panel sistemi kurulum maliyeti; menşe ülke, kurulacak yerin durumu, tesisat bağlantısı gibi değişik parametrelere bağlı olarak Ocak 2020 itibarı ile 700 EU/kW – 800 EU/kW civarında değişir. Sistem kapasitesi arttıkça birim maliyetler düşmektedir.
- Bir güneş paneli ağırlığı 18 ila 22 kilogram arasındadır. Ayrıca kaide ağırlıklarının çatının yapısına ve seçilen sisteme bağlı olarak değişir. Bu bağlamda çatıda kurulacaksa çatının statik analizinin yapılması gerekmektedir.
- Bir güneş panelinin tahmini ömrü 20-25 yıl civarındadır.
- Güneş panel sistem kurulumu sırasında çatı yalıtımına zarar verilmemelidir.
- Güneş panellerden elde edilen elektrik enerjisi, paneller üzerinde gölgelenme arttıkça doğrusal olarak azalır. Bu nedenle yıl içerisinde çok fazla gölge alan çatı, cephe veya zeminler güneş panel sistemi kurulumu için tercih edilmemelidir.
- Tasarım kriterlerinde binanın kısıtları (elektrik alt yapı, yangın, rüzgâr ve kar yükü vb.) değerlendirilmelidir.
- Kurulacak kapasite, binanın tükettiği elektrik enerjisi dikkate alınarak yapılmalıdır.
- "Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği"ne uygun olarak tüm yasal izinler alındıktan ve prosedürler yerine getirildikten sonra uygulamaya geçilmelidir.
- Ocak 2020 itibarı ile elektrik tüketim birleştirilmesi ve fazla üretilen elektriğin satışı kamu olarak mümkün olmadığından, sadece öz tüketim amaçlı bir proje ve uygulama yapılmasına dikkat edilmelidir.

#### Rüzgâr Elektrik Üretim Sistemleri

Binalarda rüzgâr enerji ile elektrik üretmenin ekonomik olmadığı geçmiş çalışmalardan anlaşılmıştır. Bu nedenle kamu binalarında da bu tür sistemler kurulması uygun değildir. Ancak arazisi uygun olan kampüsler vb. için etüt sonrası kurulum değerlendirilebilir.

### 7.1.20 Güvenlik ve İletişim Sistemleri / Önlemleri

Kamu binalarında güvenlik amacıyla kapalı devre kamera, yangın alarm, duman kontrol, tahliye, acil anons, giriş-geçiş kontrol, yüz-el-göz tanıma, plaka tanıma, X-ışınli kontrol, kapı dedektörü gibi sistemler bulunmaktadır.

Kamera sistemlerinde devamlı kayıt yerine hareket algılama ile aktif olan kayıt sistemlerinin tercih edilmesi, hem olası bir güvenlik sorununda görüntülere daha hızlı ulaşım sağlar hem de devamlı kayıt alınmadığı için büyük veri merkezlerine ihtiyaç duymaz. Böylelikle depolama giderlerine ve enerji verimliliğine pozitif etki sağlanır. Aynı şekilde diğer güvenlik cihazlarının kullanılmadığında en az enerji çekeceği konumda tutulması veya mümkünse kapatılması ile verimlilik sağlanabilir.

#### 7.1.21 Asansörler

“Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği”ne göre 4 kat ve üzeri yeni binalarda asansör yapımı zorunlu olmakla birlikte, kamu binalarında yapılacak tadilatlarda yaşlı/engelli vatandaşların erişimi için gereklidir. Asansörlerin elektrik tüketimi; sisteminin teknolojisine, verimliliğine, trafiğe bağlı olarak bina tüketiminin yaklaşık %2-4 arasındadır. Yapılacak iyileştirme çalışmaları ile ciddi oranlarda verimlilik sağlamak mümkün olabilmektedir.

Mevcut binada asansör yok ise planlanan asansör için trafik hesabının kullanıcı senaryolarının yapılması, uygun yer belirlenmesi, statik ve elektrik altyapısının incelenmesi ve asansör projesinin onaylatılması gerekir. Mevcut binada asansör var ise öncelikle trafik hesabı yapılarak mevcut asansörün kapasitesi kontrol edilmeli, ayrıca emniyet ve verimlilik yönünden değerlendirilmeli, çıkacak sonuca göre komple yenileme veya tadilat yapılmasına karar verilmelidir.

“Asansör İşletme ve Bakım Yönetmeliği” dikkate alınmalı, periyodik bakımları düzenli yapılmalıdır.

#### Asansör Enerji Verimliliği Öneri Listesi

- Asansörlerin elektrik tüketiminde en yüksek paya sahip olan tahrik sisteminin seçimi önemlidir.
- Günümüzde değişken gerilim ve frekans kontrollü (VVVF) redüktörsüz, sabit mıknatıslı sistemler en verimli tahrik sistemleri olarak öne çıkmaktadır.
- Frenleme sırasında açığa çıkan enerjiyi fren direncinde ısıya çevirmek yerine, şebekeye geri kazandırmak mümkün hâle gelmiştir. Böylece ilave bir soğutma ihtiyacından da kurtulmak ve ilave bir verimlilik sağlamak mümkün olmaktadır.
- Hastane vb. yoğun kullanımı olan binalar ile 4 kat üzeri hizmet binalarında akıllı asansörler ve elektrik üreten asansörler etüt yaptırılarak değerlendirilmelidir.
- Kabin içi aydınlatma lambaları LED tabanlı olmalı, kabin durduktan bir müddet sonra sönmelidir.
- Otomatik kapılarda enerji verimliliği için elektronik kontrollü (EC) motorlar kullanılması tercih edilmelidir.
- Asansör sayısına ve durak sayısına uygun kumanda sistemi seçilmelidir. Sistem, asansörün



bekleme durumunda minimum enerji çekmesini sağlamalı, bir çağrı geldiğinde kısa sürede uyanmalıdır. Yeni nesil panolarda, akıllı çağrı yanıtı algoritmaları ile çağrılara en hızlı ve en verimli şekilde cevap vermek mümkün olabilmekte, kabinlerin doluluk oranları hesaplanıp gereksiz duruş ve kalkışların önüne geçilebilmektedir.

- h) Asansörlerde işletmenin durumuna göre uygun asansör trafik kontrol algoritması uygulanmalıdır.

### 7.1.22 Kesintisiz Güç Kaynakları (KGK- UPS)

Hastanelerde, idari binalarda, veri merkezlerinde, iletişim ve güvenlik sistemlerinde, spor müsabakası yapılan spor salonları gibi elektrik kesintisi/arızalarında kesintisiz çalışması gereken sistemlerin/cihazların kesintisiz beslenmesi için gerekli sistemlerdir.

#### KGK Çeşitleri

##### Statik KGK'ları:

Kesinti esnasında gerekli olan elektrik gücünü akülerde depolar. Optimum yedekleme süresi 5-15 dakika arasındadır ancak mutlaka bir jeneratörden beslenmesi gerekir. Gürültüsü azdır. Yüksek performans için KGK'nın ve akülerin 20-25°C de tutulması gerekir. Akülerin kalitesine, şarj/deşarj sayısına, ortam sıcaklığına vb. bağlı olarak kapasiteleri zamanla azalır. Üretici önerileri, varsa izleme sistemi uyarıları, periyodik bakım sonuçları dikkate alınarak aküler değiştirilmelidir.

##### Dinamik KGK'ları:

Kesinti sırasında gerekli olan elektriği, kinetik enerji depolayan bir mekanizmada toplar. Sistemde bir dizel motor olduğundan, yedekleme süresi sorunu yoktur ve ayrıca bir jeneratöre ihtiyaç duymaz. Ancak gürültü sorunu vardır (Dışarıda kabin içinde ya da bina içinde ses yalıtımı yapılarak kullanılabilir). Dönen/mechanik sistemlerin üretici önerileri, varsa izleme sistemi uyarıları, periyodik bakım sonuçları dikkate alınarak bakımı/değişimi gerekir. 200kVA üzerindeki elektrik ihtiyaçları için uygunluğu etüt edilmelidir.

#### Örnek 7.1.22.1:

İster statik ister dinamik olsun, KGK'lar 7 gün, 24 saat devrede olduğundan verimlilik oranı çok önemlidir. Örneğin 200 kVA'lık bir KGK'da %1'lik bir verim farkı, günde yaklaşık 40kWh, yılda 15.000 kWh enerji verimliliği sağlar. Bu nedenle KGK seçiminde en önemli faktör, ömür boyu maliyeti etkileyen "verim" olmaktadır. Bu nedenle KGK'ların "Energy Star" etiketine sahip olmaları önerilmektedir.



## Sistem Yüğü

Öncelikle KGK'nın besleyeceği cihaz/sistemlerin tek ya da üç fazlı olup olmadığı ve ani yük talep edip etmediği etüt edilmelidir. Beslenecek yükler belirlendikten sonra, gerekli emniyet payı konularak KGK kapasitesi belirlenmelidir.

## Güç Faktörü

KGK'nın ortalama giriş faktörü 0,8 değeridir. Bu değerin 1'e yakın olması ile reaktif güç bedeli minimize edilmiş olur ve daha fazla verimlilik sağlanır.

## Harmonik

Elektronik devrelerin (bilgisayar, led lamba, elektronik balast vb.) oluşturduğu ve elektrik enerjisinin kalitesini bozan harmonikler düşük olmalıdır. Harmonik bozunum oranı, eski nesil (tristör doğrultuculu) KGK'larda %30 oranında seyrederken yeni teknoloji (IGBT doğrultuculu) KGK'larda %3-5 civarındadır.

## KGK ve Jeneratör Kullanımı

Yukarıda bahsedildiği gibi statik tip KGK'nın bir jeneratörden beslenmesi gerekmektedir. Tadilat yapılacak binada hâlihazırda bir jeneratör mevcut ise tercih edilecek KGK türü önemlidir. Jeneratörün gücünün kullanılacak KGK tristör doğrultuculu ise en az 2 katı kadar, yeni nesil IGBT teknolojisiyle üretilmişse en az 1,2 katı kadar olmasına dikkat edilmelidir.

## Akü Kullanımı

Aküler, statik KGK'ların en önemli bileşenidir ve seçimi önemlidir. KGK'nı destekleyen bir jeneratör varsa 5-10 dakikalık bir akü desteği yeterli olacaktır. Akü seçiminde bir başka faktör beklenen ömür boyu maliyet olup burada fiyat/performans oranına bakılmalıdır. Aküler en iyi verimi 20-25°C arasında sağlarlar, her 8°C'lik artış akü ömrünü yarı yarıya azaltır. Bu nedenle akü bölmesi/odası iklimlendirilmelidir.

### 7.1.23 Zayıf Akım – Bilişim (IT) Sistemleri Alt Yapısı

Haberleşme (telefon santralı, telsizler) hizmetleri, "Bina Yönetim Sistemi (BMS)", "Bina Enerji İzleme ve Yönetim Sistemi (BEMS)", güvenlik kamera sistemleri, kablolu-kablosuz internet sistemleri, turnike geçiş sistemi, "Personel Devam Kontrol Sistemi (PDKS)", otopark otomasyonu vb. sistemlerin yoğun olduğu özellikle hastane, kampus, havaalanı, kamu idari bina-ofislerde zayıf akım altyapısının güvenliği ve verimliliği çok önemlidir. Bu sistemler tüm yıl boyunca (8.760 saat/yıl) çalıştığından, seçilecek cihazların yüksek verimli olması, kablolarındaki kayıpların (ısınma) azaltılması için uygun kesitte seçilmesi, her iki uçtaki bağlantıların kaliteli terminallerle yapılması, mümkün olduğunca az ek yapılması gibi önlemler alınmalıdır. Ortamdaki yağ, kimyasal ve nem gibi faktörlere göre de kablolar farklı koruyucu özellikleri sağlamalıdır. Eğer iletişimi etkileyecek nitelikte başka bir sinyal ortamda bulunuyorsa ekran-

lama işleminin yaptırılması gerekir. Ekranlama işlemi yetkin mesleki yeterlik sertifikalı uzman kişiler tarafından belirlenir.

### Veri Merkezleri (Data Center)

Bu mahâller yılın tüm saatleri boyunca kullanılırlar ve bilişim teknolojileri (IT) sistemleri sürekli yüksek düzeyde enerji tüketirler ve kullandıkları enerjinin büyük bir bölümünü ısı olarak ortama yayarlar. Bu sebeple ortamın soğutulması, ayrıca bu mahâllerde havanın bayatlamaması ve ayrıca çalışanların dış hava ihtiyacını karşılamak için havalandırma yapılması gerekmektedir. Veri merkezlerinde elektrik enerjisinin yaklaşık %60-65'ini sunucular (server) ve ilgili ekipmanları tüketmektedir. Kalanı ise soğutma ve havalandırma sistemleri tarafından tüketilmektedir. Bu sistemlerde verimlilik PUE (toplam tesis elektriksel gücü/IT ekipmanları elektriksel gücü) olarak adlandırılır ve bu değer genellikle 3,0 ile 1,2 arasında değişir. Tadilatı yapılacak binada veri merkezi varsa ve PUE değeri yüksek ise (> 2,0) bu durum soğutma ve havalandırma sisteminde önemli derecede enerji verimliliği potansiyeli olduğu anlamına gelir.

#### Örnek 7.1.23.1:

3. iklim bölgesinde bulunan Ankara'da bir veri merkezi tasarımı esnasında yapılan verimlilik (PUE) hesabı aşağıda örnek olarak verilmiştir.

Filial Durum	Değer Birim	Açıklamalar
BT elektrik tüketimi (UPS çıkışı)	130,20 kW	Ölçüm verileri (12 aylık 5 dak) çap
Elektrik gücü	1.140.514 kWh/a	
IT ekipmanı elektrik tüketimi		
UPS elektrik tüketimi	80%	UPS elektrik tüketimi
UPS verimliliği	155.525 kWh/a	
Yıllık kayıp	1.296.039 kWh/a	(Ölçüm verileri + okuma sonuçları)
BT elektrik tüketimi + UPS kaybı		
Soğutma üretimi/havalandırma elektrik tüketimi		
Sunucu odası	0	
EER	275.066 kWh/a	Akış çizimlerinden/bölümlerden beklendi
Yıllık akım ihtiyacı	105.120 kWh/a	Kompresyon soğutma
Geri akış soğutucusu	232.315 kWh/a	Fan gücünün ortalama %40'ı kabul edilir
Sirkülasyon soğutucusu	0 kWh/a	Fan gücünün ortalama %40'ı kabul edilir
Serbest soğutma işletimi geri dönüş soğutucusu	0 kWh/a	Şu anda serbest soğutma işletimi yok
Sunucu iklimlendirme ara toplamı	612.506 kWh/a	
UPS odası		
Havalandırma tesisi yıllık elektrik ihtiyacı	13.140 kWh/a	Sadece havalandırma ile soğutma!
UPS odası iklimlendirme ara toplamı	13.140 kWh/a	2 x 0,75 kW fan gücü çekildi
Pompalar		
Kompresör işletimi	43.800 kWh/a	%50'de kısmi yük davranışı
Serbest soğutma işletimi	0 kWh/a	Şu anda serbest soğutma işletimi yok
Pompalar ara toplamı	43.800 kWh/a	
Soğutma üretimi/havalandırma elektrik tüketimi	669.446 kWh/a	
Diğer elektrik tüketimi		
Aydınlatma	2.500 kWh/a	250 gün boyunca günde 4 saat olarak kabul edildi
Diğer elektrik tüketimi	2.500 kWh/a	
PUE Belirleme		
BT elektrik tüketimi toplamı	1.140.514 kWh/a	
Soğutma üretimi/havalandırma elektrik tüketimi	827.471 kWh/a	
Elektrik tüketimi toplamı	1.967.985 kWh/a	
PUE	1,72	

Bu örnekte PUE değeri ortalama verimlilikte bir değerdir. Ancak yine de soğutma ve havalandırma sisteminde yapılacak verimlilik artırıcı çalışma ile %15 civarında bir enerji verimliliği sağlama potansiyeli olduğu belirlenmiştir. Bu verimlilik,  $(827.471 \text{ kWh/yıl} \times 0,15) = 124.120 \text{ kWh/yıl}$  olarak hesaplanır. Böyle bir verimliliğin sağlanabilmesi için daha yüksek verimli soğutma ve havalandırma sistemi seçilmesi gerekmektedir. Böylesi bir yatırımın geri dönüş süresi yatırımının maliyetine bağlı olacaktır.

### 7.1.24 Ofis Cihazları ve Elektrikli Aletler

Özellikle idari ofisler ve hastane, okul, yurt gibi binalarda çok farklı ve fazla sayıda ofis cihazı kullanılmaktadır. Bina tadilat öncesi veya sonrasında ofislere alınacak cihazlar, “**Ek-8.2 Enerji Verimli Satın Alma Formu Örneği**”ndeki önerilere göre yapılmalıdır.

#### Ofis Cihazları Enerji Verimliliği Öneri Listesi

- a) Alınacak cihazlar, özelliğine göre A+ veya daha yüksek verimlilik sınıfında olmalıdır.
- b) Bilgisayar, ekran, fotokopi, tarayıcı, server ve KGK’ların “Energy Star” etiketine sahip olması önerilir.
- c) Elektrikli cihazlar, mutlaka topraklı prizle kullanılmalıdır.
- d) Binanın aşırı akım ve voltaj koruması, kaçak akım koruması, topraklama alt yapısı vb. yönetmeliklere uygun olmalıdır.
- e) Temizlik, periyodik bakım, yağlama ve onarımları aksatılmamalıdır.
- f) Nemli ortamlardan korunmalıdır.
- g) Kablolarında hasar olmamalıdır.
- h) Arıza hâlinde cihaz, mutlaka yetkili servise tamir ettirilmelidir.
- i) Ekonomik ömrünü tamamlayan alet ve cihazlar yenisi ile değiştirilmelidir.
- j) Çocukların elektrikli cihazlara yaklaşımları engellenmelidir.
- k) Kullanılmadıkları zaman düğmesinden kapatılmalı veya fiş prizden çıkarılmalıdır, mümkün olduğunca “hazır” (Stand-by) konumda bırakılmamalıdır.
- l) Cihazların doğru kullanılıp kullanılmadığına bakılmalı, kullanıcılar için gerekirse eğitim düzenlenmelidir.
- m) Fotokopi vb. kâğıt kullanımını azaltıp, dijital evrak kayıt ve takip sistemine geçilmesi etüt edilmelidir.

### 7.1.25 Binalarda Atık Yönetimi (Sıfır Atık)

Binaların çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılmasında, sürdürülebilirliğin sağlanmasına atık yönetimi önemli bir role sahiptir. “Sıfır Atık”; israfın önlenmesini, kaynakların daha verimli kullanılmasını, atık oluşum sebeplerinin gözden geçirilerek atık oluşumunun engellenmesi veya minimize edilmesi, atığın oluşması durumunda ise kaynağında ayrı toplanması ve geri kazanımının sağlanmasını kapsayan atık yönetim felsefesi olarak tanımlanan bir hedeftir. Binalarda atık yönetimine tasarım aşamasında başlanmalıdır.

#### İnşaat Sürecinde Atık Yönetimi

İnşaat sürecinde atıkların nasıl bertaraf edileceği ve yönetileceği plana bağlanmalıdır. Ayrıca tadilat yapılan binanın çevresi temiz tutulmalı; toz, çamur gibi olumsuzlukların oluşmaması sağlanmalıdır. İnşaat süreci atık yönetimi konusunda “**Ek-7.1.25A İnşaat Süreci Atık Yönetimi Kontrol Formu Örneği**” ve benzeri dökümanlar kullanılabilir. Bunun için ihale dosyasına gerekli dökümanlar konulmalıdır. Bu bağlamda inşaat sürecinde ayrıca aşağıdaki ve benzeri önlemler alınmalıdır:

- Mümkün olduğunca standart ürünler ve prefabrik malzemeler kullanılmalıdır.
- Gönüllülük esasına dayalı olmakla birlikte, Çevresel Ürün Beyanı (EPD - Environmental Product Declaration) bulunan malzemeler tercih edilmelidir<sup>16</sup>.
- Sahada mümkün olduğunca geri dönüştürülebilir malzemeler kullanılmalıdır.
- Sahada malzemelerin tozdan, kirden etkilenmeyecek şekilde stoklanması, zarar görmemesi sağlanmalıdır.
- Çok fazla paketleme gerektiren ürünler mümkün olduğunca az kullanılmalıdır.

### İşletme Süreci Atık Yönetimi

Binanın cinsine göre işletmede ortaya çıkabilecek atıkların toplanması (örneğin pil, kağıt, metal, plastik, cam gibi atıkların ayrı ayrı toplanması, hastanelerde ilaveten tıbbi atıkların yönetmeliklere uygun biçimde toplanması), mutfaklarda yiyecek atıklarının öğütülmesi, ana çöp depolama alanlarının soğutulması ve bağımsız havalandırılması, kullanıcıların eğitimi konularında “Ek-7.1.25B İşletme Süreci Sıfır Atık Planı Örneği” kullanılabilir. Atık yönetiminin bu veya benzeri bir plan kullanılarak yürütülmesi uygun olur.

Hastane, lojman, yurt gibi bina tadilatlarında çöp toplama için çöp bacası yapılması ihtiyacı ortaya çıkabilir. Bu durumda sistem, sızdırmaz paslanmaz çelik baca şeklinde yapılmalıdır. Katlardaki kapaklar sızdırmaz, yaylı kapaklı olmalıdır. Çöp bacasının altında çöp odası olmalıdır. Çöp odası ve çöp bacası havalandırılmalı, çöp odası mahalli soğutulmalıdır. Çöp odasının kapısı dışarıya açılmalı ve emniyet için kapıya menfez konulmalıdır.

### 7.1.26 Montaj / İşçilik

“Mesleki Yeterlilik Kurumu (MYK)” tarafından bir mesleğin başarı ile icra edilebilmesi için kabul edilen gerekli bilgi, beceri, tavır ve tutumların neler olduğunu gösteren asgari normu açıklayan ulusal meslek standartları yayınlanmaktadır. Projelerde çalıştırılacak montaj/işçilik personellerinde, MYK tarafından standardı yayınlanmış mesleklere ait sertifika aranmalıdır. Standardı yayınlanmış meslek gruplarının güncel listelerinin takibi [www.myk.gov.tr](http://www.myk.gov.tr) adresinden yapılabilir. Bunun yanı sıra çalıştırılacak personelde yasal zorunluluk olan temel iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerini almış olmaları (yetkilendirilmiş iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarından) şartı aranmalıdır. Ayrıca proje özelliklerine göre gerekli görülmesi hâlinde çevre, enerji ve temel ilk yardım eğitimlerine de sahip olmaları tercih edilmelidir.

<sup>16</sup> [www.epdturkey.org](http://www.epdturkey.org)

## 7.2 Ofis Binaları

Ofis binalarındaki enerji verimli tadilat için temel hedefler aşağıdaki gibidir (Bu hedefler tüm bina tipolojilerinde de geçerlidir):

- a) İç mekân kalitesinin iyileştirilmesi.
- b) Enerjinin daha verimli kullanılması.
- c) Güncel mevzuata uyum sağlanması.

### 7.2.1 Isıtma-Soğutma Havalandırma (HVAC), Zonlama, Otomasyon

Ofis binası tadilatlarında hesaplara göre sadece ısıtma sistemi ihtiyacı oluşuyor ise; radyatörle ısıtma veya döşemeden ısıtma sistemleri kurulur. Eğer hem ısıtma hem de soğutma gereksinimi olursa aşağıdaki sistemlerden birisi tercih edilir:

- a) Döşemeden ısıtma/soğutma ve ısı pompası sistemi.
- b) Fan coil ısıtma/soğutma sistemi.
- c) İklim ve diğer koşullar uygun olursa değişken debili soğutucu gazlı ısıtma/soğutma sistemi (VRF).

Bu sistemlerden, döşemeden ısıtma/soğutma+ısı pompası sistemleri; kurulum, enerji verimliliği, işletme ve bakım maliyetleri yönünden uygun sistemlerdir (Yoğuşma ve havalandırma dikkate alınmak kaydı ile). Isıl konfor, iç hava kalitesinin sağlanması, enerjinin verimli kullanılması, işletme ve bakım kolaylığı için sistemlerin yapısına bağlı olarak otomatik kontrol sistemleri (örneğin kazan kontrol paneli, soğutma grubu kontrol paneli, pompalarda değişken hız sürücüler, mahâllerde termostat, termostatik vana, iç hava kalite sensörleri, merkezi havalandırma sistemi veya merkezi havalandırma olmayan kalabalık mahâllerde ısı geri kazanım cihazı kontrol paneli, sıcaklık ve basınç sensörleri vb.), bina otomasyon sistemi (BMS), enerji ölçüm izleme sistemi kurulması etüt edilmelidir (Otomasyon ile ilgili olarak daha geniş bilgi 7.1.13'te verilmiştir).

Isıtma soğutma sistemlerinde bölgelere ayırma (zonlama) yapılırsa; enerji verimliliği artar. Isıtma/soğutma sistemleri ile ilgili değerlendirmeler 7.1.8. bölümü dikkate alınarak yapılabilir. Havalandırma sistemleri için ise 7.1.7. bölümü dikkate alınarak değerlendirme yapılmalıdır.

### 7.2.2 Ofis Cihazları

Ofis binalarında kullanılan ofis cihazları bilgisayarlar, yazıcılar, soğutucular, masa tipi KGK gibi cihazlardır. Bu cihazlarla ilgili geniş bilgi 7.1.24. bölümde verilmiştir.

### 7.2.3 İç Hava Kalitesi

İç hava kalitesinin yüksek olması çalışanların iş verimliliğini artırır, sağlık problemlerini azaltır. Dış hava kalitesinin ve taze hava miktarının arttırılması, inşaat malzemelerinde sağlığa zararlı olmayan madde ve boyaların kullanılması, küf oluşumu gibi problemleri önlemek için nem kontrolü yapılması iç hava kalitesini arttıran önlemlerdir. Ayrıca 5. bölüm ve 7.1.7. bölüm dikkate alınarak binanın durumuna ve çevresel şartlara bağlı olarak havalandırma sistemi tasarımı ve uygulaması değerlendirilmelidir.

### 7.2.4 Isıtma ve Soğutmada Aşırı Yüklerin Dengelenmesi

6. bölümde açıklandığı üzere enerjiyi verimli kullanan ve yeterli konfor sağlayabilen bir ısıtma/soğutma sistemi için öncelikle ısıtma ve soğutma yükleri ekonomik olanaklar dâhilinde azaltılmalıdır. Binanın enerji talebine göre bütçe olanakları kapsamında, enerji ihtiyacının bir bölümünün karşılanması için yenilenebilir enerji sistemleri veya binada çalışma saatleri fazla ise birleşik ısı güç (kojenerasyon/trijenerasyon) sistemleri, ısı depolama sistemleri kurulması uygun olur. Böylece temel bina ısıtma/soğutma yükleri bu sistemlerle karşılanır. Bu sistemlerle karşılanamayan ihtiyaç ise enerji verimliliği yüksek ısıtma/soğutma cihazları ile karşılanır. Bu şekilde aşırı yüklerin traşlanması, sabit ve düşük maliyetli elektrik tarifeleri ile enerji satın alınması da söz konusu olabilir.

### 7.2.5 Diğer Bazı Hususlar

**Mutfak Tesisatları:** Binada yemek çıkarılması veya dışarıdan hizmet alınması durumuna göre altyapı hazırlanır.

**Asansörler:** Yukarıda, 7.1.21. bölümde, belirtilen hususlar dikkate alınarak tasarım yapılmalıdır. Yangın asansörü, yük asansörü, engelli erişimi gibi konular dikkate alınmalıdır.

**Tesisat sistemleri:** Havalandırma sistemleri 7.1.7. bölümüne, ısıtma/soğutma sistemleri 7.1.8. bölüme, yenilenebilir enerji sistemleri 7.1.11. bölüme ve 7.19. bölüme uygun olarak tasarlanmalıdır. Binanın durumuna göre otomasyon, enerji ölçüm ve izleme sistemleri de tesis edilebilir.

**Aydınlatma sistemleri:** Yukarıda 7.1.17. bölüme uygun olarak tasarlanmalıdır. Vezne, kütüphane, toplantı salonu gibi mahaller ayrıca projelendirilmelidir.

**Jeneratörler, UPS/ KGK Sistemleri:** Mevcutta varsa sağlam ve yeterli ise kullanılabilir. Mevcutta yoksa gerekli alt yapı hazırlanarak tesis edilir.

**Örnek7.2.:****ABD Lansing Cristman Ofis Binasının Enerji Verimli Tadilatı**

Bu örnek "U.S. Department Of Energy, 2011, "Advanced Energy Retrofit Guide Practical Ways to Improve Energy Performance Office Buildings" adlı yayından alınmıştır (sayfa 84).

Not: Söz konusu yayında IP olarak verilen birimler, bu rehber için SI birimlerine dönüştürülmüştür.



Yapım yılı : 1928.

Kullanım alanı : 6.400 m<sup>2</sup>.

Yapılan çalışmalar:

Bu bina inşaat, yönetim ve danışmanlık firması Cristman Şirketinin Genel Müdürlük binasıdır. Şirket, binası için LEED Platinum belgesi almak ve bu bağlamda enerji verimliliği çalışmaları yapmaya karar vermiştir. Bu çerçevede;

- Yüksek verimli ısıtma/soğutma havalandırma sistemleri kurulumu (örneğin döşeme altından havalandırma sistemi),
- Bina cephelerinde ısı yalıtımı,
- Soğuk çatı uygulaması,
- Ön cephedeki pencerelerin yüksek enerji performansına sahip çift camlı pencerelerle yenilenmesi,
- Aydınlatma sisteminin yenilenmesi,
- Enerji yönetim sistemi kurulumu,
- İşletmede sürekli enerji ölçüm, izleme ve iyileştirme,

uygulamaları yapılmıştır.

Yapılan yatırım ile ilgili bilgiler Tablo 1'de özetlenmiştir. Görüldüğü üzere %35 enerji verimliliği sağlanmıştır.

Tablo 1. Yapılan yatırım ve sonuçları ile ilgili özet bilgiler.

PROJENİN FİNANSAL ANALİZ BİLGİLERİ			
Toplam Tadilat Maliyeti (USD)	Teşvikler (USD)*	Teşvik Sonrası Şirkette Maliyet (USD)	
12.005.000	3.092.000	8.913.000	
Özgül Enerji Tüketimi - Çalışma Öncesi (kWh/m <sup>2</sup> .Yıl)	Özgül Enerji Tüketimi - Çalışma Sonrası (kWh/m <sup>2</sup> .Yıl)	Toplam Yıllık Tasarruf (USD/Yıl)	Basit Geri Ödeme Süresi (Yıl)
320	208	2.700.742	3,30
* Tarihi binaların yenilenmesine ilişkin teşvik.			

**Ofis Binaları İçin Enerji Verimliliği Öneri Listesi**

- Isıtma, soğutma, havalandırma sistemleri çalışırken pencerelerin açılmaması için gerekli önlemler alınmalı, uyarılar yapılmalıdır.
- Bina kabuğunda eğer yalıtım yoksa yalıtım yapılarak ısı kayıpları engellenmelidir.
- İnsan sirkülasyonu fazla olan ofis binalarının girişlerinde döner kapı ya da kayar kapı yapılarak ısı kayıpları engellenmelidir.
- Gün ışığından maksimum faydalanıp, gündüz aydınlatma yükleri azaltılmalıdır.
- Tüm mahallerin dış cephe birleşimlerinde kontroller yapılarak tam sızdırmazlık sağlanmalıdır.
- Armatürlerin tamamı ya da bütçeyle bağlantılı olarak kısım kısım led armatürlerle (koridor ve ıslak hacimlerde sensörlü) değiştirilmelidir.
- Isıtılan ve ısıtılmayan mahaller arasında, (bodrum kat-zemin kat gibi) ısı yalıtımı yapılmalıdır.
- Otomasyon sistemi varsa kullanım koşullarına göre güncellenmelidir.
- Bireysel elektrikli ısıtıcıların kullanımı kısıtlanmalıdır.



## 7.3 Hastaneler

Hastane tadilatları; iç mekân kalitesinin iyileştirilmesi, enerji tüketiminin azaltılması, binaların değişen ihtiyaçlara (önceleri yeterli olan bazı hizmetlerin güncel ihtiyaçları karşılayamaması, eskiden lazım olan bazı hastane alanlarına artık ihtiyaç duyulmaması, daha farklı alanlara ve fonksiyonlara ihtiyaç duyulması vb.) ve güncel mevzuata uyum sağlanması için yapılmaktadır.

Hastane binalarında yapılacak tadilatlar bütüncül bir yaklaşımla planlanıp yürütülmelidir (yöneticiler, sağlık uzmanları, mimarlar, mühendisler, danışmanlar ile birlikte). Bu yapılmadığı takdirde tadilat bittiği anda bile yeni tadilat gereksinimleri oluşabilmekte, bu ise kaynak kaybına sebep olabilmektedir. Yapılan tadilatlar sonucunda;

- Hastaneler güvenlik, enerji verimliliği, fonksiyonel ihtiyaçların karşılanması, hasta güvenliği, engellilerin erişimi, fonksiyon ve mevzuata uyum vb. yönlerinden tadilat öncesine göre daha iyi olmalıdır.
- İyi bir iç mekân kalitesi-konfor sağlanmalıdır (Isıl konfor, iç hava kalitesi, gürültü, manzara vb., 5. bölüme bakınız).
- Mevzuatın öngördüğü asgari şartların sağlanması gerekir (yangın tesisatları, kaçış yolları, merdivenler, asansörler, koridorlar, güvenlik, engellilerin erişimi, mahremiyet vb.).
- Hastane fonksiyonlarının gerektirdiği alanlara ait alt yapıların (mimari, tesisat, elektrik vb.) doğru bir biçimde sağlanması gerekir. Muayene odaları, klinikler, hasta yatış odaları, yoğun bakım alanları, ameliyathaneler, eczane, temiz odalar, mutfaklar, temizlik hizmetleri, ofis alanları ve hizmetleri, arşivler, bilgi işlem, veri işleme odaları, çamaşırhane vb. günün ihtiyaçlarına uygun hâle getirilmelidir.
- Hastanelerde enfeksiyon kontrolü için hava akımlarının temiz alanlardan kirli alanlara doğru olması gerekir. Bu durum farklı özellikteki alanlarda farklı basınç düzeyleri yaratarak, geçişlerde olabildiğince sızdırmazlık sağlanarak elde edilir (Örneğin acil servis alanları ve ameliyathane alanlarında bağımsız ve filtrasyon düzeyi yüksek havalandırma sistemleri kullanılır ve pozitif basınçta tutulur, mutfak, çamaşırhane gibi kirleticilerin olduğu alanlardan bağımsız egzoz yapılır). Ayrıca lejyoner hastalığı gibi konularda önlemler alınmalıdır (7.1.10. bölüme bakınız).
- Esaslı tadilatlarda hizmetlerin kesintiye uğramaması için mahâl bazlı, kat bazlı veya taşınma imkânı varsa bina bazlı tadilat planlamaları yapılmalıdır.

Hastanelerde mahâller, izin verilebilir mikrop miktarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

- a) Birinci sınıf odalar (ameliyathaneler ve ilgili alanları, sterilizasyon alanları, yoğun bakım alanları, cerrahi bölümler, enfeksiyon tehlikesi olan hasta odaları vb.),
- b) İkinci sınıf odalar (hasta odaları, muayenehaneler, acil bölümü, laboratuvarlar, gözlem odaları, röntgen, radyoloji alanları, bekleme alanları vb.)

Hastane mekanik ve elektrik tesisat sistemlerinin büyük bir bölümü "7.1. Ortak Uygulamalar Bölümü"nde açıklanan hususlara uymalıdır. Ayrıca ilave tedbirler alınması gereken alanlar da söz konusudur. Kirleticileri barındıran alanlar bağımsız biçimde havalandırılmalıdır. Egzos

edilen hava, bağımsız olarak dışarı atılmalı ancak bu durumda ısı geri kazanımdan yararlanabilmek için havadan suya, sudan havaya pompalı ısı geri kazanım sistemleri kurularak, bu egzoz havası ile dışarıdan alınan taze havanın ön ısıtılması sağlanmalıdır. Diğer yandan kirli havanın atmosfere atış ağızları ile dışarıdan taze hava alış ağızları (menfezler) bina cephelerinde veya çatılarda mümkün olduğunca birbirinden uzak yerleştirilmeli ve rüzgâr etkisi ile "bypass" yapması engellenmelidir. Ayrıca ısı geri kazanım, talep esaslı havalandırma sistemlerin kullanılmadığı sürelerde kapatılması gibi enerji verimliliği tedbirleri alınmalıdır.

### 7.3.1 Ameliyathane Havalandırma ve Elektrik Tesisatı

Ameliyathane bölgesinin bulaşmaya (kontaminasyona) karşı korunması (hijyen tedbirleri alınması) gerekir. Ameliyathanelerde düzgün akışlı (laminar flow) havalandırma sistemleri kurulur. Ameliyathanede havalandırma sistemleri çok temiz olmalıdır (%99,999 verimlilikte hepa filtreler, 2400 m<sup>3</sup>/h ve %100 dış hava debisi), hava sirkülasyonları düşük olmalıdır (laminer akış, hava hızı <0,2 m/s), uygun sıcaklıkta (genelde 21°C±3°C civarında) ve uygun bağıl nem (%40-50 arasında, buharlı nemlendirici) tutulmalıdır.

Ameliyathaneler komşu alanlara nazaran %10-15 pozitif basınçta tutulur. Ameliyathane klima santralleri hijyenik tip santraller olmalı, hava kanalları sızdırmaz yapıda ve temiz olmalıdır. Tüm hastane sistemlerinde de geçerli olmakla birlikte ameliyathane havalandırma sistemlerinin bakımları çok iyi yapılmalıdır.

Ameliyathanelerin ve hasta ile cihazların direk temasta olduğu bölüm/cihazların enerji beslemesinde hastaların elektrik çarpmasına karşı, tıbbi cihazların beslemesinde ise enerji kesintisinin hayati tehlike taşıması nedeniyle kullanılacak yalıtım trafoları yüksek verimli olmalı, izleme sistemleri bulunmalı ve mümkünse soğutulmalıdır.

### 7.3.2 Buhar Üretimi

Hastanelerde çamaşırhane, sterilizasyon, ameliyathane gibi alanlardaki ihtiyaçların karşılanması için buhar üretimine ihtiyaç duyulur. İhtiyaç duyulan buhar, merkezi buhar kazanı ile sağlanabilir ancak ilk yatırım maliyetlerinin artması, ekstra borulama, buhar yoğunlaşma kayıpları (kondens kayıpları), işletme zorluğu gibi olumsuzluklar olabilir. Enerji verimliliğini artırmak, kullanım kolaylığı sağlamak üzere buhar ihtiyacının yerel doğal gazlı buhar jeneratörleri ile daha küçük ihtiyaçlarda ve birbirinden uzak yerlerde ise; elektrikli buhar jeneratörleri ile sağlanması uygun olur. Buhar jeneratörlerinde basınç ve su hacmi düşük olduğu için, merkezi buhar kazanının gerektirdiği güvenlik tedbirlerine ve işletme protokollerine gereksinim duyulmadığından tercih edilirler.

Enerji verimliliği açısından hastane binalarında ve kampüs gibi tesislerde ortam ısıtması için buhar kullanımına detaylı etüt yapılarak karar verilmelidir. Bu bağlamda buhar sistemi yerine yüksek sıcaklık farkı ile çalışan kapalı devre kızgın su sistemleri veya yüksek sıcaklık farkı ile çalışan sıcak sulu ısıtma sistemleri projelendirilmelidir.

Birden çok binaya sahip hastane kampüslerinde bina altlarında veya ana kullanım alanlarında oluşturulacak eşanjör odalarında su sıcaklık rejimi, binanın ihtiyaç duyduğu sıcaklık rejimine çevrilerek bina ısıtma sistemlerinde kullanılmalıdır (döşemeden ısıtma, radyatör, fan coil vb. sistemleri vb.).

### 7.3.3 Çamaşırhane

Hastanelerde örtülerin temizlenmesi ve muhafazası için çamaşırhane alanları oluşturulur. Çamaşır yıkama makineleri enerji verimliliği yüksek ve su tüketimi düşük olanlardan seçilmelidir. Çamaşır makinelerinin üstten yüklemeli olması tercih edilmelidir. Çamaşırhanelerde kirleticiler bir egzoz sistemi ile doğrudan dışarı atılmalı, atılan havanın yerine yeterli taze hava verilmelidir.

Aynı şekilde ütü prosesi de düşük enerji tüketen nitelikte olmalıdır. Ütü ekipmanları tarafından yayılan yüksek miktardaki ısı bağımsız bir havalandırma sistemi ile kaynağından uzaklaştırılmalıdır. Aynı şekilde ütü ekipmanlarının bulunduğu alanlarda kirli havayı dışarı atmak için makinelerin üzerinde davlumbazlar bulunmalıdır. Egzoz havası atılması ve taze hava verilmesi işlemleri olabildiğince doğrudan ütü makineleri üzerinde yapılmalıdır. Ayrıca insanların konfor ihtiyaçları için yeterli soğutma da sağlanabilmelidir.

### 7.3.4 Mutfak

Hastanelerde ana mutfak, yemekhane, kat mutfakları ve kantinler gibi yiyecek sağlayan hizmetler ve alanlar bulunur. Ana mutfakta soğuk ve kuru depolar, hazırlık, pişirme, servis, kirli bulaşık, ofis gibi alanlar bulunur.

Buralarda enerji tüketen sistemler (soğuk odalar, fırınlar, bulaşık makineleri vb.) enerji verimliliği yüksek olanlardan seçilmelidir. Ayrıca bulaşık makineleri düşük su sıcaklıklarında yıkama yapabilen özellikte olmalıdır. Kat mutfaklarında çalışma tezgâhı, lavabo, buzdolabı, yiyecek ve tepsileri yerleştirmek için malzeme dolabı vb. bulunmalıdır. Ana mutfakta bağımsız egzoz ve havalandırma sistemi ile ısıtma/soğutma sistemleri, kat mutfaklarında asgari olarak egzoz sistemi bulunmalıdır. Mutfaklarda bulunan soğutucu ekipmanların yoğunlaştırıcı üniteleri (kondenserleri) ortama ısı yayarlar, havalandırma veya soğutma sistemi tasarlanırken bu ısı yükleri de dikkate alınmalıdır. Yemekhane havalandırması bağımsız olmalıdır. Mutfaklarda sıhhi tesisat sistemleri, yağ tutucu, çöp odası gibi sistemler de dikkatli biçimde değerlendirilmelidir. Bulaşık yıkama alanı bağımsız bir odada olmalı ve ayrıca havalandırılmalıdır.

### 7.3.5 Sterilizasyon

Kullanılmış ve kirlenmiş tıbbi âletler, ölçü aletleri vb. malzemelerin toplandığı ve temizlendiği mahâller sterilizasyon alanları olarak adlandırılır.

Sterilizasyon genellikle 120°C sıcaklıkta ve yaklaşık 2 bar basınçtaki kuru buhar ile yapılır ve böylece bu ekipmanlar üzerindeki mikroplar ve bakteriler temizlenir. Bu mahâllerde bağımsız egzoz ve havalandırma sistemi bulunmalıdır. Kirli ve temiz âletler aynı alanda bulunuyor ise

havalandırma havası temiz alanlardan kirli alanlara doğru olmalıdır (basınçlandırma). Sterilizasyon kabinlerinde (çekir ocak vb.) oluşacak ısı ve kirli hava, mahâle yayılmadan doğrudan bağımsız bir sistem ile dışarı atılmalıdır. Sterilizasyon alanları saatte en az 10 hava değişimi sağlayacak şekilde havalandırılmalıdır. Sterilize edilmiş ekipmanlar, bağıl nemi %50'nin altında olan mahâllerde muhafaza edilmelidir. Bu alanlarda sıhhi tesisat sistemleri, atıkların bertaraf edilmesi de önem arz etmektedir.

### 7.3.6 Medikal Cihazlar

Hastanelerde yüzlerce medikal (tıbbi) cihaz kullanılmaktadır. Bu cihazların seçimi, işletilmesi, enerji verimliliği gibi konular bu rehberin kapsamı dışında kalmaktadır. Ancak bu cihazların çalışabilmesi için gerekli ortam koşullarının sağlanması (örneğin ısıtma, soğutma, nemlendirme) için bu rehberin ilgili kısımları göz önünde bulundurulmalıdır. Burada sağlıklı bir tasarım ve düzenleme yapılabilmesi için söz konusu cihazların ihtiyaç duyduğu ortam şartları, varsa yaydıkları ısılar vb. mekanik tesisat tasarım-proje mühendisine verilmelidir.

### 7.3.7 Yoğun Bakım Üniteleri

Yoğun bakım ünitelerinde ortam sıcaklığı 21-24°C ve bağıl nem %40 civarında olmalıdır. Havalandırma sistemleri, 10-12 değişim/saat (ACH) debide filtre edilmiş hava değişimi yapmalı ve bu hava değişiminin minimum %30'u temiz hava (dış hava) olmalıdır. Yoğun bakım alanları pozitif basınçta tutulmalıdır.

### 7.3.8 Biyodinamik Aydınlatma, Gün Işığının Maksimum Kullanımı

Sağlık hizmetli sunan binalarda iç mekân kalitesi bağlamında hastaların ve çalışanların bulunduğu tüm alanların mümkün olduğu kadar günışığı alması ve dışarıya bakınca iyi bir manzara bulunması sağlanmaya çalışılmalıdır. Son yıllarda hastaların iyileşmesine yardımcı olan günışığını renk ve ışık şiddeti olarak modelleyen (simüle eden) aydınlatma sistemi olan "biyodinamik aydınlatma" sistemi geliştirilmiştir. Bütçe olanakları ölçüsünde özellikle yatan hasta, yoğun bakım, kardiyoloji vb. alanlara kurulması önerilir.

### 7.3.9 Basınçlı Hava, Oksijen ve Azot Üretimi, Isı Geri Kazanımı

Sağlık tesislerinde ameliyathane, doğumhane, müdahale odaları gibi cerrahi operasyon yapılan bölümler ile yoğun bakım, reanimasyon servisi, hasta odaları gibi bakım, tedavi alanlarında ve cerrahi âletleri çalıştırmak için oksijen, azot protoksit, 4 bar medikal hava, 7 bar cerrahi hava, karbondioksit, karışım gazlar, saf azot, vakum, anestetik atık gaz gibi çeşitli medikal gazlar ve bunlara ait tesisatlar kullanılmaktadır. Bu gazlar tüpler içinde dışarıdan temin edilebileceği gibi hastane bünyesinde de üretilebilir.

Medikal gaz sistemleri doğrudan insan hayatına yönelik risk taşıdıklarından projelendirme iyi bir mühendislik çalışmasıyla; uygulama ise bilinçli ve teknolojik, sağlığa uygun, yüksek kalitede malzemeler kullanılarak yapılmalıdır. Bundan dolayı medikal gazların sistem tasarımları, boru dağıtım hatlarıyla ilgili gaz prizlerine ulaştırılması, medikal vakum, anestetik atık gaz sis-

temlerinin yapımı özel bir önem ve ihtisas gerektirir. Sistemler zamanla ortaya çıkacak teknik gelişme ve değişikliklere adaptasyonu mümkün olacak şekilde tasarlanmalıdır. Basınçlı hava sistemlerinde enerji tüketimi diğer medikal gaz sistemlerine nazaran daha fazladır, kompresör atık ısılarının değerlendirilmesi etüt edilmelidir.

### 7.3.10 Vakumla Numune ve Dosya Taşınması

Numune (kan alma tüpleri vb.), evrak ve benzeri bir cismin, plastik borular, istasyonlar ve yönlendiricilerle, kapalı devre içindeki iki ya da daha fazla birim arasında emme ve üfleme mantığı ile iletimini gerçekleştiren sistemler "pnomatik tüp taşıma sistemi" (vakumlu numune ve evrak taşıma sistemi) olarak adlandırılır.

Burada kurulum maliyetlerini düşürmek için, yöneticiler ve kullanıcılar istasyon sayısını optimum düzeyde tutacak çalışma yapmalıdır. Gereğinden fazla istasyon, fazla borulama ve nokta sayısı, dolayısıyla maliyet anlamına gelir.

#### Örnek 7.3.:

##### ABD Connecticut Dansbury Hospital Kompleksinin Enerji Verimli Tadilatı

Bu örnek "U.S. Department Of Energy, 2018, Advanced Energy Retrofit Guide for Practical Ways to Improve Energy Performance of Healthcare Facilities" adlı yayından alınmıştır (sayfa 33).

Not: Söz konusu yayında IP olarak verilen birimler, bu rehber için SI birimlerine dönüştürülmüştür.



Kompleks ilk defa 1885 yılında inşa edilmiş, zaman içinde genişlemiştir. Kompleksin toplam kullanım alanı yaklaşık 81.000 m<sup>2</sup>'dir. Bu hastane ulusal ortalamadan yaklaşık %31 daha fazla elektrik enerjisi tüketilmekteydi. Yapılan çalışmada, (konfordan ödün vermeden) bu tüketimden önemli ölçüde enerji tasarrufu yapılabileceği belirlenmiştir.

Kompleksin yıllık elektrik enerjisi tüketiminin tamamını ve yıllık ısı enerji ihtiyacının ise %97'sini karşılayabilecek kapasitede bir trijenerasyon sistemi planlanmış ve yaklaşık 23.000 m<sup>2</sup> olarak planlanan genişleme için rezerv dikkate alınmıştır. Seçilen teknoloji 4,5 MW elektrik üretim kapasitesinde doğalgazlı türbin şeklindedir. Atık ısı kışın ısıtmada ve yazın 2450 kW kapasiteli absorpsiyonlu so-

ğutma grubu vasıtasıyla soğutmada kullanılmıştır. Kurulacak sistemler için bir yeni bina inşa edilmiş ve yaklaşık 3,2 km doğalgaz hattı çekilmiştir. Çalışmalar kapsamında ayrıca enerji verimliliğinin artırılması için mevcut soğutma gruplarının iyileştirilmesi, bina cephelerinde ısı yalıtımı, klima santralleri iyileştirilmesi, değişken hız sürücülü fan uygulamaları vb. de yapılmıştır.

Yapılan yatırım ile ilgili bilgiler Tablo 1’de özetlenmiştir. Görüldüğü üzere %31 civarında enerji verimliliği sağlanmıştır.

Tablo 1. Yapılan yatırım ve sonuçları ile ilgili özet bilgiler.

PROJENİN FİNANSAL ANALİZ BİLGİLERİ						
Enerji Etüt Maliyeti (USD)	Ekipman Maliyeti (USD)	İnşaat Maliyeti (USD)	Ölçüm ve Doğrulama (M&V) Maliyeti (USD)	Teşvik Hariç Toplam Maliyet (USD)	Parasal Teşvik Miktarı (USD)	Gerçek Proje Maliyeti (USD)
259.000	8.138.408	8.967.300	57.000	17.421.708	1.872.000	15.549.708
Parasal Enerji Tasarrufu (USD/Yıl)	İşletme Giderinden Tasarruf (USD/Yıl)	Toplam Yıllık Tasarruf (USD/Yıl)	Net Şimdi-ki Değer - NPV (USD)	Basit Geri Ödeme Süresi (Teşvikler Hariç) (Yıl)		
2.680.142	20.600	2.700.742	42.754.025	5,70		
Enerji Tüketimi						
Parasal Enerji Tasarrufu (USD/Yıl)	İşletme Giderinden Tasarruf (USD/Yıl)	Toplam Yıllık Tasarruf (USD/Yıl)	Net Şimdi-ki Değer - NPV (USD)	Basit Geri Ödeme Süresi (Teşvikler Hariç) (Yıl)		
10,57	7,42	1.230,1	851,6	31	2.700.742	

**Hastaneler İçin Enerji Verimliliği Öneri Listesi****Genel**

- 7.1.7, 7.1.8 ve 9. Bölümlerde açıklanan enerji verimliliği odakları ilgisi oranında dikkate alınmalıdır.
- Enerji maliyetlerinin azaltılması için buhar maliyetleri ve buhar sistemi verimliliği hesaplanarak literatür<sup>17</sup> değerleri ile karşılaştırılmalıdır.
- Tüm yıl boyunca sürekli soğutma ihtiyacı olabilecek ameliyethane, çamaşırhane, veri merkezi, röntgen cihazları gibi alanlar için (dış iklimsel şartlar da dikkate alınarak) serbest soğutma (free-cooling) özelliği olan bağımsız soğutma sistemleri tesis edilmelidir.
- Bütçe ve yerleşim olanakları ölçüsünde ve mevzuat uygun ise kojenerasyon/trijenerasyon sistemleri kullanılmalıdır.
- Alan ve bütçe olanakları ölçüsünde binanın kendi kullanımı için güneş kaynaklı elektrik ve/veya sıcak su sistemleri kurulmalıdır.

**Buhar Sistemleri**

- Isıtılan tankların yalıtımı yapılmalıdır (varsa).
- Kazana besli suyu ön ısıtması için ekonomizer kullanılması uygun olur.
- Buhar üretimi olabildiğince tüketim yerlerine yakın yapılmalıdır (Çamaşırhane ve diğer zorunlu yerler için buhar üretimi buhar jeneratörleri ile yapılabilir, güvenlik açısından işletme personeli için de daha uygundur). Bu bağlamda enerji maliyetlerinin azaltılması için buhar maliyetleri ve buhar sistemi verimliliği hesaplanarak değerlendirilmelidir.
- Kullanım yerlerinde ihtiyaç duyulan buhar basıncı ve hatlardaki ısı kayıpları ve kondens kayıpları azaltılıyor mu diye kontrol edilmelidir (Sterilizasyon ekipmanları, ütü, klima santrali nemlendiricileri vb.).
- Az miktarda yüksek basınçla tüketim olan yerler varsa bu kısımlar için yerel buhar jeneratörleri kullanılmalıdır. Ancak buhar basıncının düşürülmesinin kullanım yerlerinde sorun yaratıp yaratmayacağı dikkate alınmalıdır.

**Basıncılı Hava Sistemleri**

- Eski ve verimsiz kompresörlerin değiştirilmesi etüt edilmelidir. Kompresör kalkış sistemleri kontrol edilmeli, değişken hız sürücüler kullanılmıdır.
- Sistemin basınç ve kullanım açısından uygun durumda olduğu kontrol edilmelidir.
- Hava kaçakları için boru hatları zaman zaman ölçüm cihazı ile kontrol edilmelidir.
- Kompresörlerde hava giriş sıcaklığının düşürülmesi etüt edilmelidir.
- Sık devreye girip çıkmaları önlemek için; daha büyük tank kullanımı değerlendirilmelidir.
- Mümkünse kompresör basıncı düşürülmelidir.
- Duruma göre tam kapasitede çalışacak daha küçük kompresör kullanımı araştırılmalıdır.
- Basıncılı hava kurutucularında kompresör çıkışında soğutma yapılması etüt edilmelidir.
- Kompresöre mümkün olduğunca tozsuz ve serbest hava girişi sağlanmalıdır.
- Yüksek verimli elektrik motorları kullanılmalıdır.
- Kompresör atık ısı kazanımı etüt edilmelidir.

<sup>17</sup> Wulfinghoff, D. R., 199, "Enerji Efficiency Manual ", Energy Institute Press



## 7.4 Kampüsler, Üniversiteler, İlkokullar ve Orta Dereceli Okullar

Bu binaların enerji verimli tadilatlarında hedeflenen konular:

- a) İç mekân kalitesinin sağlanması,
  - b) Enerjinin verimli kullanılması,
  - c) Güncel mevzuata uyum sağlanması,
- şeklinde özetlenebilir.

Bu bina gruplarında, tadilat esnasında dikkate alınması gereken önemli bir husus bu binalardaki dersliklerin yazın boş olması (yaz tatili) ve yazın çok küçük alanların kullanılıyor olmasıdır. Bu nedenle tadilat planlamalarında detaylı etütler ve mümkünse enerji modellemesi yapılarak hangi mahâllerde ne gibi sistemler kullanılacağına karar verilmelidir.

Üniversite kampüsleri ile ilk ve orta dereceli okullar ve şehir içlerindeki tekil üniversite binalarının durumu birbirinden farklıdır.

- a) Üniversite kampüsleri genellikle buhar veya kızgın sulu merkezi sistemlerle ısıtılır. Soğutma sistemleri ve havalandırma sistemleri ise genellikle yönetim odalarında ve öğretim üyeleri odalarında bireysel (split klima, VRF sistemleri gibi) sistemlerle sağlanmaktadır. Eğer merkezi ısıtma sistemleri çok eski ise ve yenilenmesi düşünülür ise bu sistemlerin ısıtma ve soğutma özellikli olarak yapılması değerlendirilmelidir. Ancak bundan önce binaların kabuklarının iyileştirilmesi, bina içi ısıtma/soğutma tesisatlarının yenilemelerinin planlanması gerekir. Eğer merkezi ısıtma sistemlerinin yenilenmesine gerek duyulmaz ise, insan sağlığı ve öğrenim veriminin artırılması amacıyla amfi ve dersliklere bireysel ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemleri (HRMV) ile özellikle 1. ve 2. iklim bölgelerinde bireysel soğutma sistemleri (VRF sistemleri) tesis edilebilir.
- b) İlk ve orta dereceli okullar genellikle tek bir binadan oluşmaktadır. Bu binalarda tadilat bütünsel olarak dikkate alınmalı ve öncelikle bina kabuğunun ısıl performansı iyileştirilmelidir. Bu bağlamda insan sağlığı ve öğrenim veriminin artırılması amacıyla sınıflarda bireysel ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemleri (HRMV) ile 1. iklim bölgesinde bireysel soğutma sistemleri (VRF sistemleri) tesis edilebilir.

Bu bölümde incelenen binalara ilişkin diğer hususlar aşağıda açıklanmıştır.

### 7.4.1 Ders Saatlerine Göre Isıtma / Soğutma ve Aydınlatma Sistemlerinin Otomatik Kontrolü

Üniversitelerdeki ve ilköğretim okullarındaki dersliklerin (sınıflar, amfiler vb.) öğretim sezonu boyunca dolu olacağı kabul edilir. Eğer dersliklerde radyatör sistemi varsa bunlara termostatik vana takılır ve kış sezonu için üst limit 22°C'ye set edilir, gece saatlerinde tüm binada kazan suyu sıcaklığı düşürülerek hacimlerde sıcaklık 16°C civarına indirilir ve sabah saat 06:00 civarında dersliklerdeki sıcaklıkları tekrar 22°C'ye getirmek için kazan çıkış suyu sıcaklığı artırılır. Bu işlemler dış hava kompanzasyonlu kazan kontrol paneli ile yapılır.



Eğer binada ısıtma ve soğutma sistemi var ise enerji verimliliği için özellikle belirli aralıklarla kullanılan sınıflara kontrol vanaları ve bunlara kumanda edecek otomasyon sistemine bağlanabilir tipte termostatlar konulması yararlı olur. Mümkünse ders planı ile bina yönetim sistemi (BMS) entegre edilerek bu işlemler otomatik olarak yapılabilir.

Dersliklerde aydınlatma zaman programları, varlık sensörleri, günışığı kontrolü sistemi ve varsa aydınlatma otomasyon sistemi ile kontrol edilebilir. Böylece ders saatlerinde istenilen düzeyde ve kalitede aydınlatma düzeyi sağlanabilir. Eğer bu sistemlerden birisi veya birkaçı yapılamıyor ise; en geleneksel biçimde derse başlanırken anahtarlardan aydınlatma sistemi açılır, ders bitince kapatılır.

#### 7.4.2 Isı Geri Kazanımlı ve CO<sub>2</sub> Kontrollü Havalandırma Sistemleri

İç hava kalitesinin öğrenme üzerindeki etkisi 5. bölümde, mahâllerde iç hava kalitesini sağlayabilecek havalandırma sistemleri ise 7.1.7. bölümde açıklanmıştır. Diğer yandan ilköğretim sınıflarında 8 ders saati civarında art arda dersler yapılır ve havalandırma yapılmazsa son derslere doğru CO<sub>2</sub> seviyesi 5000 ppm değerini geçmektedir. Buna karşın üniversite derslikleri ders programlarına bağlı olarak kesintili biçimde kullanılabilir. Tadilatla bu ve benzeri hususlar dikkate alınmalıdır. Eğer okulda havalandırma sistemi var ise tadilat sonrası hedefler için bu sistem kontrol edilir, yenilenerek kullanılması mümkün ise kullanılabilir.

Eğer binada havalandırma yok ise binanın durumuna göre merkezi veya merkezi olmayan havalandırma sistemleri yapılabilir. Merkezi havalandırma sistemi yapılırsa dersliklere mahâl tipi iç hava kalite sensörü (CO<sub>2</sub> sensörü) tesis edilir, sınıfa giren taze hava kanalına ve dönüş havası kanalına “değişken hava debi kutusu (VAV)” kutusu konulur. Bu kutuların damperlerine CO<sub>2</sub> sensörü ile kumanda edilerek sınıf dolu ve hava kirlendi ise damperler %100 açılır, derslik boşaldıktan bir müddet sonra havası temiz olacağı için %30 civarına kadar hava debisi kısılır (talep esaslı havalandırma). Tüm derslikler için bu sistem yapılabilir ve bu şekilde tüm gün boyunca sınıfların havalandırmasına gerek olmaz. Damperlerin konumuna göre hava kanallarında basınç değişeceği için (veya varsa otomasyondan VAV kutuları damper konumlarına göre) hava debisi değiştirilir ve dolayısıyla işletmede; önemli düzeyde enerji verimliliği sağlanır.

Eğer binada merkezi havalandırma sistemi yapılamıyor ise tadilat planlamasında dersliklere ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma cihazları konulabilir. Bu sistemler sınıflarda tavana asılabilir veya pencere önlerine konulabilir. Bu cihazların fanları “elektronik kontrollü (EC)” motorlu fan olarak seçilir ve mahâle konulacak CO<sub>2</sub> sensörü ile (sınıf havasının kirlilik durumuna göre) fanların devir sayıları ve dolayısıyla hava debisi değiştirilir. Böylece hem iç hava kalitesi hem de enerji verimliliği sağlanır. Bu cihazların kendi kontrol panelleri günlük veya haftalık programlar yapılarak dersliklerin kullanma saatlerinde cihazlar çalıştırılır. Eğer binaya otomasyon sistemi eklenirse bu cihazların kontrol panelleri otomasyon sistemine bağlanarak işletimi otomasyon sistemi üzerinden daha kolay yapılabilir. Otomasyondan ayrıca arıza, filtre kirliliği gibi durumlar da izlenebilir.

Sınıflarda ve dersliklerde HRMV havalandırma sistemleri kullanılmadığı durumlarda, ısıtma ve havalandırma amaçlı olarak güneş hava kolektör sistemi yapılabilir (Bakınız şekil 7-10). Bunun için binanın çatısı ve güney cepheleri statik yapı uygun ise kullanılabilir (Burada kanal tipi ısıtıcı ile ısı takviye de sağlanabilir).

### 7.4.3 Öğrenme Odaklı Aydınlatma, Kampüs Aydınlatması

Eğitim hizmeti sunan binalarda iç mekân kalitesi bağlamında öğrencilerin ve çalışanların bulunduğu tüm alanların mümkün olduğu kadar günışığı alması sağlanmalıdır. Günışığından yararlanamayan kısımlarda ya da doğal ışığın yeterli olmadığı saatlerde uygun aydınlatma sağlayacak otomasyon sistemi kurulmalıdır. Ayrıca öğrencilerin öğrenmesine ve odaklanmasına yardımcı olmak için günışığını modelleyen (simüle eden) otomasyon ve aydınlatma sistemi olan biyodinamik aydınlatma kurulması değerlendirilmelidir.

Kampüslerde yol aydınlatması için LED armatürler kullanılmalıdır. Bütçe olanakları çerçevesinde aydınlatma otomasyonu güneş elektrik panelli (pv) sistemler kullanılabilir.

### 7.4.4 Kampüs İçi Ulaşım

Kampüslerde çevre dostu ulaşım hedeflenmelidir. Öncelikle uygun bisiklet yolları yapılması, bisiklet kiralama sisteminin kurulması ve çalışanların, öğrencilerin bisiklete güvenli-kolay ulaşımı sağlanmalıdır. Kampüs içi ring ulaşımı için, elektrikli hizmet-servis araçları, elektrikli bisiklet, elektrikli otobüs kullanımı, elektrikli araç şarj istasyonu, araç takip sistemi değerlendirilmelidir. Kampüs girişlerinde ve bölüm-bina girişlerinde bisiklet parkları yapılmalıdır. Kampüse ulaşım için toplu taşıma-servis sistemi özendirilmelidir.

### 7.4.5 Merkezi Isıtma

Tek binadan oluşan eğitim tesislerinde genellikle bina bazlı merkezi ısıtma sistemi bulunur.

Merkezi ısıtma sistemi bulunan binalarda mevcut sistem revize edilerek veya yenilenerek kullanılır. Eğer soğutma sistemi eklenecek ise soğutma sisteminin de aynı şekilde merkezi olması (ısıtma/soğutma sisteminin birleştirilmesi) uygun olur. Daha önce de belirtildiği üzere okullar için en uygun ısıtma/soğutma sistemi; döşemeden ısıtma/soğutma sistemi olmaktadır (Kısıtlar da dikkate alınmalıdır.). Eğer çok binadan oluşan bir kampüste merkezi ısıtma sistemi var ise ve tadilat yapılacak ise;

- Mevcut kampüs ısıtma sistemi buharlı bir sistem ise bunun kızgın sulu sisteme dönüştürülmesi uygun olur. Bu durumda galerilerde gerekli borulama düzenlemeleri, ısıtma merkezinde kazanda ve sistemde gerekli tadilatlar yapılır. Ayrıca bina altlarındaki eşanjör dairelerinde de gerekiyorsa iyileştirmeler yapılır.
- Kızgın su veya sıcak sulu bir sistem var ve çalışır vaziyette ise bu sistemin değiştirilmesine gerek olmayabilir. Burada galerilerdeki boruların yalıtım eksiklikleri ve başka eksiklikler varsa bunlar giderilerek sistemin daha verimli çalışması sağlanır. Ayrıca bina altlarındaki eşanjör dairelerinde de gerekiyorsa iyileştirmeler yapılır.

- c) Kampüs büyük ise birleşik ısı güç (kojenerasyon) sistemi kurulması etüt edilmelidir. Yazın okullar tatil olduğu için trijenerasyon sistemi kurulmasına gerek yoktur.

Böyle bir tesiste soğutma sistemi yapılacak ise;

- i) Bina içi sistemler döşemeden ısıtma/soğutma sistemine,  
ii) Fan coil sistemine,

Dönüştürülebilir veya sadece zorunlu mahâllere (örneğin ofisler, toplantı odaları, öğretim üyesi odaları) hava kaynaklı değişken soğutucu gaz debili soğutma sistemleri (VRF sistemleri) yapılabilir.

#### 7.4.6 Isı Pompası Destekli Sistemler

Tekli merkezi sistemlerde ısı pompaları kazan ve soğutma grubu yerine kurularak, döşemeden ısıtma/soğutma sistemi fan coil sistemini besleyebilir. Buradaki ısı pompaları toprak kaynaklı veya hava kaynaklı olabilir. Eğer eş zamanlı ısıtma/soğutma yükü çıkıyor ise bir borulama devresi oluşturup kazan-kule desteği ile sudan havaya veya sudan suya ısı pompaları da kullanılabilir (7.1.8. bölüme bakınız.). Bu sistem, tek bina bazında olabileceği gibi, kampüs bazında da (birden fazla binanın bağlandığı merkezi sistem) yapılabilir. Bunların kurulumları için binaların durumuna, iklim bölgesine göre teknik ve ekonomik etütler yapılmalıdır.

##### Örnek 7.4b.

##### İlköğretim Binasında Enerji Modelleme ile Enerji Verimliliği Çalışması

Bu örnek Ankara'daki bir ilk öğretim okulunda yürütülen gerçek bir çalışmadan alınmıştır.

Ankara'da bulunan bir ilköğretim okulunda hem Türkiye'deki mevzuata hem de Almanya'daki mevzuata uygun olarak enerji simülasyonları yapılarak iki ayrı çalışma karşılaştırılmıştır.

Tablo 1'de mevcut durum ve hedeflenen iyileştirme senaryosu için sınır koşullar örnek olarak verilmiştir.

Tablo 1. Mevcut durum için sınır şartları.

Saat	Isıtma Enerjisi İhtiyacı, Wh	Kojenden Üretilen Elektrik, Wh
Dış hava verileri	Saatlik dış hava değerleri (8760 h/yıl)	Aylık ortalama değerler
Minimum havalandırma	Sınıflar: 10 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> Ofisler: 4 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> Diğer odalar: 5 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> Wc'ler: 15 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> Depolar: 0,15 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Sınıflar: 10 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> Ofisler: 4 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> Diğer odalar: 5 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> Wc'ler: 15 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> Depolar: 0,15 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
U, duvar	1,63 W/m <sup>2</sup> K	1,57 W/m <sup>2</sup> K
U, çatı	1,213 W/m <sup>2</sup> K	0,77 W/m <sup>2</sup> K
U, toprağa oturan döşeme ve yüzeyler	2,21 W/m <sup>2</sup> K	3,4 W/m <sup>2</sup> K

U, pencere	Çift camlı pencere: 3,2 W/m <sup>2</sup> K Tek camlı pencere: 4,6 W/m <sup>2</sup> K	Çift camlı pencere: 3,0 W/m <sup>2</sup> K Tek camlı pencere: 4,2 W/m <sup>2</sup> K
U, kapı	Tek camlı demir kapılar: 6,0 W/m <sup>2</sup> K	Tek camlı demir kapılar: 6,0 W/m <sup>2</sup> K
Okulun günlük çalışma saatleri	9:00 - 16:00 hafta içi 13:00 - 16:00 hafta sonu	9:00 - 16:00 hafta içi 13:00 - 16:00 hafta sonu
Eğitim sezonu	15 Eylül - 15 Haziran	15 Eylül - 15 Haziran
Sömestir tatili	1 Şubat - 15 Şubat	1 Şubat - 15 Şubat

Türkiye’de sınıflarda havalandırma yapılması ile ilgili bir mevzuat bulunmadığından, mevcut durumda binada havalandırma yoktur. Almanya’da ise dersler esnasında iç hava kalitesinin bozulmaması için okullarda havalandırma yapılması zorunludur. Bu nedenle modelleme çalışmalarında her iki çalışmaya da havalandırma eklenerek paralellik sağlanmıştır. Daha sonra mevcut bina modelinde bina kabuğu ısı yalıtımı, aydınlatmanın yenilenmesi, ısıtma sistemi yenilemesi paketleri için bina enerji modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu modellemelerin sonuçlarına ait icmal Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Enerji modellemesi (enerji simülasyonu) iyileştirme sonuçlarının icmalı.

Ankara’da Bir İlköğretim Okulu			
Yapılması Önerilen İyileştirme Paketlerinin İlk Yatırım Maliyetleri			
Sıra No	(2017 Yılı Fiyatlarıdır)	Tutar (TL)	Alt Toplam (TL)
1	Bina Çatısı Isı Yalıtımı	53.790	719.787
2	Bina Cepheleri Isı Yalıtımı	455.847	
3	Pencelerin Yenilenmesi	67.600	
4	Isıtma Tesisatı Yenilenmesi	94.700	
5	Aydınlatma Sisteminin Led Olarak Yenilenmesi	47.850	
6	Güneş Elektrik Sistemi (Solar Pv Sistemi)	78.000	78.000
7	Sınıflara Havalandırma Sistemi Yapılması	85.000	180.752
8	Sıhhi Tesisat İşleri	57.958	
9	Yangın Tesisatı İşleri	37.794	
10	Engelli Asansörü Yapılması	105.000	105.000
Genel Toplam / Grand Total		1.083.539	
<b>Notlar</b> 1, 2, 3, 4, 5, 6. Gruplar Enerji Verimliliğinin Artırılması İle İlgilidir. Diğerleri İse (7, 8, 9, 10. Gruplar) Tadilat Sırasında Yapılması Gereken İşlerdir. 1) Tl/Usd Döviz Kuru 3,70 Tl/Usd 2) Tl/Eu Döviz Kuru 3,92 Tl/Eu 3) Usd/Eu Döviz Kuru 1,06 Eu/Usd 4) Proforma Birim Fiyatlara %30 Yüklenici Karı Ve Genel Gider Eklenmiştir.			

Yapılan enerji modellemesi (verimlilik artırıcı paketlerin mevcut duruma göre ne kadar tasarruf sağladıkları) ve paketlerin ilk yatırım maliyetleri belirlendikten sonra bu paketlerin geri dönüş süreleri Tablo 4'deki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 4. Paketlerin geri dönüş süreleri

Ankara'da Bir İlköğretim Okulu								
Geri Ödeme Süreleri								
İyileştirme	Enerji tipi	Tasarruf Miktarı				İlk yatırım maliyeti	Geri dönüş süresi	Geri ödeme periyodu
		Enerji tasarrufu	Birim	TEP/yıl	Parasal tasarruf (TL/Yıl, (A))	TL, (B)	Yıl (C=B/A)	
Paket I	Doğalgaz +elektrik	86.260	kWh	7,42	13.850	101.640	7,3	Uzun dönemli
Paket II	Doğalgaz +elektrik	415.900	kWh	35,77	54.133	625.087	11,5	Uzun dönemli
Paket III	Doğalgaz +elektrik	479.047	kWh	41,20	61.836	719.787	11,6	Uzun dönemli
Paket IV	Doğalgaz +elektrik	504.347	kWh	43,37	73.980	797.787	10,8	Uzun dönemli

Paket I : Bina çatısı ısı yalıtımı yapılması + aydınlatma sisteminin komple LED olarak yenilenmesi  
Paket II : Tüm bina cephelerine ısı yalıtımı yapılması + aydınlatma sisteminin komple LED olarak yenilenmesi  
Paket III : Tüm bina cephelerine ısı yalıtımı yapılması + aydınlatma sisteminin komple LED olarak yenilenmesi + ısıtma sisteminin yenilenmesi  
Paket IV : Tüm bina cephelerine ısı yalıtımı yapılması + aydınlatma sisteminin komple LED olarak yenilenmesi + ısıtma sisteminin yenilenmesi + 10 kW güneş elektrik sistemi kurulması

Bu hesaplardan sonra bütçe olanakları dikkate alınarak uygun bir enerji verimliliği artırıcı pakette karar kılınabilir. 4. Bölümde belirtildiği üzere, daha kompleks binalarda ömür boyu maliyet analizleri de yapılarak karar verilmesi daha sağlıklı olur. Diğer yandan Türkiye'de ve Almanya'da bu okul için yapılan enerji modelleme çalışmasının sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Türkiye'de ve Almanya'da bu okul için yapılan enerji modelleme çalışmalarının sonuçları.

Sıra No	(2017 Yılı Fiyatlarıdır)	Alt Toplam (TL)
Mevcut durum (kWh/m <sup>2</sup> yıl)	225	191
Paket IV (önerilen durum) (kWh/m <sup>2</sup> yıl)	106	80 (Almanya için hedef değer: 94)

Not : Tablo 5’de görüldüğü üzere enerji modellemesi çalışmalarında Türkiye’deki ve Almanya’daki çalışmanın sonuçlarının arasında büyük bir fark bulunmamaktadır. Var olan farklar ağırlıklı olarak Tablo 1’deki sınır şartları farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

#### Kampüsler İçin Enerji Verimliliği Öneri Listesi

- 7.1.7, 7.1.8 ve 9. Bölümlerde açıklanan enerji verimliliği odakları ilgisi oranında dikkate alınmalıdır.
- Kojenerasyon, trijenerasyon sistemlerinin kurulumu değerlendirilmelidir.
- Kampüs içinde uygun alanlarda (otopark üstleri, çatılar vb) bütçe olanakları ölçüsünde güneş elektrik sistemleri (solar PV) kurulumu değerlendirilmelidir.
- Eğer binaların kabuğunda ısı yalıtımı yoksa yalıtım yapılarak enerji kayıpları azaltılmalıdır.
- Enerji ölçüm izleme sistemleri kurularak enerji tüketimleri değerlendirmeli, verimlilik artışı sağlanabilecek sistemler belirlenmeli ve iyileştirmeler yapılmalıdır.
- Kampüse ait merkezi sistem var ise bu sistemin verimliliği incelenmelidir. Örneğin buharlı bir sistem varsa bu sistem kızgın sulu sisteme çevrilebilir, boru hatlarındaki ısı kayıpları azaltılabilir.
- Gün ışığından maksimum faydalanıp, gündüz aydınlatma yükleri azaltılmalıdır. Örnek: Sınıf/ amfi duvarlarının üst kısmının şeffaf olması (bu uygulama yapılırken, yapının deprem güvenliği açısından kısa kolon etkisi oluşturmamaya dikkat edilmelidir), koridorlarda ışık tüpleri kullanımı vb.
- Tüm mahallerin dış cephe birleşimlerinde kontroller yapılarak tam sızdırmazlık sağlanmalıdır.
- Armatürlerin tamamı ya da bütçeye bağlı olarak etaplar halinde LED armatürlerle (koridor ve ıslak hacimlerde sensörlü) değiştirilmelidir.
- Otomasyon sistemi varsa kullanım koşullarına göre güncellenmelidir.
- Gerekirse detaylı enerji etüdü yaptırılarak motor değişimi, pompa değişimi gibi diğer konular da araştırılmalıdır.

#### İlk ve Orta Dereceli Okullar İçin Enerji Verimliliği Öneri Listesi

- 7.1.7, 7.1.8 ve 9. Bölümlerde açıklanan enerji verimliliği odakları ilgisi oranında dikkate alınmalıdır.
- Öğrenim kalitesi ve sağlık için “iç hava kalitesi” çok önemlidir. Bunun için ılıman iklimlerde doğal havalandırma olanakları değerlendirilmelidir. Doğal havalandırmanın uygun olmadığı iklimlerde sınıf bazında ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma cihazları (HRMV) konulabilir. Bu yapılırken ısıtma ve elektrik sistemine entegrasyon dikkate alınmalıdır. Uygun olduğu ölçüde merkezi havalandırma dikkate alınmalıdır.
- Eğer bina kabuğunda ısı yalıtımı yoksa, yalıtım yapılarak enerji kayıpları engellenmelidir.
- Bahar ve yaz aylarında aşırı güneş radyasyonu oluşuyor ise camlara film kaplanarak veya perdeler kullanılarak parlama ve aşırı ısınma önlenmelidir.

- e) Gün ışığından maksimum faydalanıp, gündüz aydınlatma yüklerini azaltmak için önlemler alınmalıdır. Örneğin: Sınıf duvarlarının üst kısımları şeffaf yapılabilir (bu uygulama yapılırken, yapının deprem güvenliği açısından kısa kolon etkisi oluşturmamaya dikkat edilmelidir), uygunsa koridorlara ışık tüpü yerleştirilebilir.
- f) Tüm mahallerin dış cephe birleşimlerinde kontroller yapılarak tam sızdırmazlık sağlanmalıdır.
- g) Armatürlerin tamamı ya da bütçeye bağlı olarak etaplar halinde LED armatürlerle (koridor ve ıslak hacimlerde sensörlü) değiştirilmelidir.
- h) Isıtılan ve ısıtılmayan mahaller arasında, (bodrum kat-zemin kat gibi) ısı yalıtımı yapılmalıdır.
- i) Eğer radyatörlerde termostatik vana yoksa takılmalıdır.
- j) Hijyen ve su tüketiminin azaltılması için lavabolarda, pisuarlarda, alaturka helalarda fotosel kontrollü sistemler kullanılmalıdır.
- k) Bütçe olanakları ölçüsünde güneş elektrik sistemleri (solar PV) kurulumu değerlendirilmelidir.

## 7.5 Lojmanlar, Konukevleri, Kreşler, Yurtlar, Cezaevleri

Lojmanlar çok katlı konut kategorisine girer. Konuk evleri, konaklayanların kısa süreliğine kaldığı otel benzeri yapıdır. Kreşler 1-6 yaş arası çocukların bakıldığı ve eğitildiği yerlerdir. Yurtlar çok sayıda öğrencinin kaldığı kütüphane, ders çalışma alanları, yemekhane, çamaşırhane gibi mahallerin bulunduğu binalardır. Cezaevleri hükümlülerin tutulduğu binalar ile yönetim alanları ve yemekhane gibi genel alanlarla varsa kütüphane, atölye gibi özel alanlardan oluşmaktadır.

Bu başlık altında ele alınan binalara ilişkin iç mekân kalitesi, enerji verimliliği ve diğer hususlara ilişkin değerlendirmeler ve öneriler Tablo 7-13'te özetlenmiştir.

Sistem	Lojmanlar	Konukevleri	Kreşler	Yurtlar	Cezaevleri
Isıtma Sistemi	Radyatör sistemleri, döşemeden ısıtma sistemleri	Radyatör sistemleri, fan coil sistemleri, VRF sistemleri	Radyatör sistemleri, döşemeden ısıtma sistemleri, VRF sistemleri	Radyatör sistemleri, VRF sistemleri	Radyatör sistemleri
Soğutma Sistemi	Döşemeden soğutma sistemleri, VRF sistemleri	Fan coil sistemleri, VRF sistemleri	Döşemeden soğutma sistemleri, VRF sistemleri	VRF sistemleri	Radyatör ile ısıtma sistemleri, VRF ile soğutma sistemleri

Mekanik Havalandırma Sistemi	Doğal havalandırma, ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma (HRMV) sistemleri	Varsa genel mutfak ve yemekhanede	Doğal havalandırma, merkezi havalandırma, ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma (HRMV) sistemleri	Yemekhane, çamaşırhane, mutfak, ortak çalışma alanları vb. yerlerde merkezi mekanik havalandırma sistemleri, odalarda ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma cihazları (HRMV) veya doğal havalandırma	Merkezi havalandırma sistemleri
Yenilenebilir Enerji Sistemleri	Güneş sıcak su kolektör sistemleri, güneş elektrik (PV) sistemleri	Güneş sıcak su kolektör sistemleri, güneş elektrik (PV) sistemleri	Güneş sıcak su kolektör sistemleri, güneş elektrik (PV) sistemleri	Güneş sıcak su kolektör sistemleri, güneş elektrik (PV) sistemleri	Güneş sıcak su kolektör sistemleri, güneş elektrik (PV) sistemleri

**Tablo 7-13:** Lojmanlar, Konukevleri, Kreşler, Yurtlar, Cezaevlerine İlişkin Bazı Özellikler

Bu binalardan lojman, kreş ve yurtlarda insanların kapalı mekânlarda bulunma süreleri daha fazla olduğu için ısı ve hava kalitesi konusu çok önemlidir. Cezaevlerinde de aynı durum geçerli olduğundan hükümlülerin kaldığı alanlarda ısıtma/soğutma ve sıcak su imkânının sağlanmalıdır. Binaların tadilatlarında dikkate alınacak teknik hususlar için 7.1. bölüm ilgisi oranında dikkate alınır.

### 7.5.1 Gün Işığının Maksimum Kullanımı

İç mekân kalitesi bağlamında kullanıcıların ve çalışanların bulunduğu tüm alanların mümkün olduğu kadar günışığı alması sağlanmalıdır.

Kreşler için kullanıcıların kendilerini günışığındaymiş gibi iyi hissedecekleri, günışığını modelleyen (simüle eden) biyodinamik aydınlatma kullanımı değerlendirilebilir.



### 7.5.2 Merkezi Isıtma, Bölgesel Isıtma

Isıtma sistemleri ile ilgili olarak 7.1.8. bölümde açıklanan hususlar geçerlidir. Aşağıda olası farklılıklar özetlenmiştir:

#### Lojmanlar

Bina bazında merkezi ısıtma sistemi veya bir site içinde ise site bazlı merkezi bir ısıtma sistemi yapılmalıdır. Bu tip bina tadilatlarında bina kabuğunda ısı yalıtımı yapılması durumunda binanın gece soğuması zorlaşacağı için (özellikle 1, 2 ve 3. iklim bölgelerinde) radyatörler sökülerek döşemeden ısıtma/soğutma sistemi yapılması önerilir. Burada kazan yerine hava kaynaklı bir ısı pompası konulabilir. Bu sistem doğru yalıtımlı binada ilk yatırım maliyetleri, işletme ve bakım maliyetleri ile konfor açısından son derece avantajlıdır. Aynı zamanda soğutma da yapılabileceği için tüm yıl boyunca ısı konfor sağlanır. Ancak binada zeminlerin 8-10 cm kadar yükselmesi söz konusu olacağından statik yapının kontrol edilmesi gerekir. Hafif beton kullanımı, dairelerin iç kapılarının yenilenmesi, ısı geçirgenlik açısından bitişinin seramik olması gibi konular değerlendirilmelidir.

#### Konukevleri, Kreşler, Yurtlar

Binanın büyüklüğüne göre bina bazlı merkezi ısıtma sistemi veya merkezi olmayan ısıtma sistemi kullanılması mümkündür.

#### Cezaevleri

Cezaevlerinde genellikle döküm radyatörlü merkezi ısıtma sistemleri kullanılmaktadır. Enerji verimliliği için öncelikle radyatörlere termostatik vana takılması uygun olur. Özellikle kalabalık koğuşlarda havalandırma sistemi yapılması önerilir. Sıcak iklimlerde ise soğutma sistemi uygulaması dikkate alınmalıdır.

### 7.5.3 Isıtma ve Soğutmada Aşırı Yüklerin, Isı Depolaması ile Karşılanması

Yukarıda, Tablo 7-16'daki bina kategorilerinde kullanım sıcak suyu için güneş sıcak su kolektörleri kullanımı uygun olur. Kreş binaları genellikle küçüktür, konukevlerinde yıllık kullanım süreleri düşüktür, yurtlar ise yazın genellikle tatildir. Bu nedenle sistem seçimlerinde binaların bu gibi özellikleri ile insan sayısı ve kullanım yoğunluğu dikkate alınmalıdır.

#### Lojmanlar, Konukevleri, Kreşler, Yurtlar, Cezaevleri İçin Enerji Verimliliği Öneri Listesi

- Isıtma, soğutma, havalandırma sistemleri çalışırken pencerelerin açılmaması için gerekli önlemler alınmalı, uyarılar yapılmalıdır.
- Hiç tadilat yapılmasa bile radyatörlere termostatik vana takılmalı, kazan brülör ayarları yapılmalıdır.
- Bina kabuğunda eğer yalıtım yoksa yalıtım yapılarak ısı kaçışları engellenmelidir.
- Gün ışığından maksimum faydalanıp, gündüz aydınlatma yükleri azaltılmalıdır.
- Tüm mahallerin dış cephe birleşimlerinde kontroller yapılarak tam sızdırmazlık sağlanmalıdır.

- f) Armatürlerin tamamı ya da bütçeyle bağlantılı olarak kısım kısım led armatürlerle (koridor ve ıslak hacimlerde sensörlü) değiştirilmelidir.
- g) Isıtılan ve ısıtılmayan mahaller arasında, (bodrum kat-zemin kat gibi) ısı yalıtımı yapılmalıdır.
- h) Bireysel elektrikli ısıtıcıların kullanımı kısıtlanmalıdır.
- i) İlgisi oranında yukarıdaki bölümlerde verilen enerji verimliliği artırıcı öneriler de dikkate alınmalıdır.
- j) Bu tür binalarda kojenerasyon/trijenerasyon gibi sistemlerin kullanılması maliyet etkin değildir.

## 7.6 Spor Salonları ve Yüzme Havuzları

Spor salonları ve yüzme havuzları tadilatlarında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- a) 5. bölümde açıklanan "İç Mekân Kalitesi" şartları sağlanmalıdır.
- b) 7.1'de açıklanan hususlar ilgisi oranında sağlanmalıdır.

Tablo 7-14'de spor salonları tadilatlarında ve Tablo 7-15'de yüzme havuzları tadilatları için önerilen hususlar belirtilmiştir.

Spor salonu gibi yüksek tavanlı mahâllerde ısınan hava yükselip çatı bölgesinde toplandığı için enerji verimliliği açısından radyatör yerine doğal gazlı ısıma (radyant) ısıtma sistemleri kullanılması uygun olur.

No	Sistem adı	Değerlendirme
1	Isıtma, Soğutma Sistemleri	Yüksek tavanlı spor salonlarında gazlı ısınlı (radyant) ısıtma daha uygundur. Seyirci sayısı, bina yapısı ve iklimle ilgili olarak soğutma da gerekiyorsa bu durumda sulu ısınlı panelleri de kullanılabilir. Ofis kısımlarında sadece ısıtma varsa radyatör sistemleri, soğutma da varsa fan coil veya değişken debili soğutucu gaz istemleri (VRF sistemleri) kullanımı uygun olur.
2	Havalandırma Sistemleri	<ul style="list-style-type: none"><li>Mevcut durumda havalandırma varsa ve kullanılabilir durumda ise gerekli iyileştirmeler yapılarak kullanılabilir.</li><li>Mevcutta bir havalandırma sistemi yoksa ve iklim şartları uygun ise (örneğin 1, 2. iklim bölgeleri) ve spor salonu binası büyük değilse pencereler açılarak doğal havalandırma yapılabilir.</li><li>Mevcut havalandırma yoksa doğal havalandırma yapılamıyor ve seyirci sayısı fazla ise merkezi havalandırma sistemi yapılır.</li></ul>
3	Yenilenebilir Enerji Sistemleri	<ul style="list-style-type: none"><li>Duşlarda sıcak su kullanımında destek için güneş sıcak su kolektörleri kullanımı uygun olur.</li><li>Güneş elektrik (PV) panel sistemleri kurulumu etüt edilmelidir, bu bağlamda elektrik altyapısı kontrol edilmelidir.</li><li>Isıtma ve havalandırma amaçlı olarak güneş hava kolektör sistemi yapılabilir. Bunun için binanın çatısı ve güney cepheleri statik yapı uygun ise kullanılabilir (Burada kanal tipi ısıtıcı ile ısı takviye de sağlanabilir).</li></ul>

4	Aydınlatma Sistemleri	<ul style="list-style-type: none"><li>Gündüz aktivitelerinde doğal aydınlatma için;<ul style="list-style-type: none"><li>Yeterli pencere olmalıdır,</li><li>Tek katlı spor salonlarında ve yüzme havuzlarında çatı ışıklıkları ve/veya günüşiği armatürleri kullanılabilir.</li></ul></li><li>Yapay aydınlatma için LED armatürlü, gerekirse otomasyon sistemine sahip (antrenman-müsabaka- gece spor aktivitelerine uygun senar-yolara sahip) sistemler kullanılmalıdır.</li></ul>
5	Gri Su Sistemleri	<ul style="list-style-type: none"><li>Su tasarrufu için spor salonlarında duşlardan çıkan sular klozetlerde kullanılabilir.</li><li>Enerji verimliliği açısından duşlardan toplanan ılık gri suyun ısısı, sıcak kullanım suyu ön ısıtılmasında kullanılabilir. Not: Gri su partikül ve mikrobik yönlerden arıtılarak kullanılır. Bakteri ve mikrop kalıntıları için sıklıkla laboratuvar kontrolü yapılmalıdır.</li></ul>
6	Otomatik Kontrol ve Bina Otomasyon Sistemleri	<ul style="list-style-type: none"><li>Büyük spor salonlarında bina otomasyon sistemi kurulumu faydalı olur.</li><li>Binanın elektrik alt yapısının uygunluğu incelenir.</li></ul>

Tablo 7-14: Spor Salonu Tadilatlarında Enerji Verimli Uygulamalar

No	Sistem adı	Değerlendirme
1	Isıtma, Soğutma Sistemleri	Havuz alanlarında döşemeden ısıtma tercih edilir. Bunun olmadığı yerlerde radyatör konulabilir. Ofis alanlarında soğutma sistemi yapılabilir.
2	Havalandırma Sistemleri	<ul style="list-style-type: none"><li>Mevcut durumda havalandırma sistemi varsa gerekirse iyileştirme yapılarak kullanılabilir.</li><li>Mevcut durumda havalandırma sistemi yoksa ve tavan yüksekliği-statik yapı uygun ise merkezi havalandırma sistemi yapılır.</li><li>3 ve 4. iklim bölgelerinde nem alma santrali kullanımına gerek olmayabilir. Karışım havalı ve %100 dış hava ile çalışabilen normal bir santral yeterli olabilir. Bu durum psikrometrik diyagram ile kontrol edilmelidir.</li><li>1 ve 2. iklim bölgelerinde hesaplara göre gerekiyorsa nem alma santrali kullanılmalıdır.</li></ul>

3	Yenilenebilir Enerji Sistemleri	<ul style="list-style-type: none"><li>Duşlar ve diğer sıcak su kullanımında destek için güneş kolektörleri kullanılmalıdır.</li><li>Güneş elektrik (PV) panel sistemleri kurulumu etüt edilmelidir, bu bağlamda elektrik altyapısı kontrol edilmelidir.</li><li>Isıtma ve havalandırma amaçlı olarak güneş hava kolektör sistemi yapılabilir. Bunun için binanın çatısı ve güney cepheleri statik yapı uygun ise kullanılabilir (Burada kanal tipi ısıtıcı ile ısı takviye de sağlanabilir).</li></ul>
4	Yoğuşma Önlemleri	<p>Soğuk iklimlerde camlarda ve duvarlarda yoğuşma olmaması için;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Isıl performansı yüksek bina kabuğu yapılmalıdır.</li><li>Pencere önlerinde statik ısıtma yapılmalıdır.</li><li>Havalandırma sistemi kurulmalıdır.</li></ul>
5	Aydınlatma Sistemleri	<ul style="list-style-type: none"><li>Gündüz aktiviteleri için yapay (elektrikli) aydınlatma enerji tüketimini azaltmak için yeterli pencere-çatı ışıklığı sağlanmalı ve büyük binalarda aydınlatma otomasyonu kurulması değerlendirilmelidir.</li><li>Geceleri yüzme aktivitelerine uygun kalitede aydınlatma sağlanmalıdır.</li><li>Tek katlı havuzlarda günışığı bacası yararlı olur.</li></ul>
6	Gri Su Sistemleri	<ul style="list-style-type: none"><li>Su tasarrufu için yüzme havuzundan ve duşlardan çıkan sular arıtılıp, klozetlerde kullanımı verimli olur.</li><li>Enerji verimliliği açısından duşlardan toplanan ılık gri suyun ısısı, sıcak kullanım suyu ön ısıtılmasında kullanılabilir.</li></ul> <p>Not: Gri su partikül ve mikrobik yönlerden arıtılarak kullanılır. Bakteri ve mikrop kalıntıları için, sıklıkla laboratuvar kontrolü yapılmalıdır.</p>
7	Otomatik Kontrol ve Bina Otomasyon Sistemleri	<p>Büyük binalarda (örneğin halka açık yüzme havuzu tesisleri) bina otomasyon sistemi kullanımı uygun olur.</p>

**Tablo 7-15:** Yüzme Havuzu Tadilatlarında Enerji Verimli Uygulamalar

### 7.6.1 Aydınlatma Senaryoları

Spor salonlarında uluslararası ya da ulusal müsabakalar yapılıyor ise antreman, müsabaka, serbest zaman gibi farklı faaliyetlere yönelik aydınlatma seviyeleri belirlenerek enerji verimliliği sağlanabilir. Ayrıca LED aydınlatma ve otomasyon ile önemli derecede enerji verimliliği sağlanmaktadır.

**Örnek7.6.1.1:**

Spor tesislerinde aydınlatma senaryoları müsabaka dışında, örneğin sadece antreman var ise tribünlerin aydınlatmasının kapatıldığı veya kısıldığı, sadece sahanın aydınlatıldığı bir senaryo uygulanmalıdır. Örnek Vaka: İstanbul'da Kamuya ait bir Spor Tesis Basketbol Sahasında uygulanan aydınlatma ve aydınlatma otomasyonu tadilatı ile daha önce 44.510 kWh/yıl tüketimi olan 63 adet 250 W metal halide lamba-projektör yerine, 38 adet 220 W LED lamba ile değiştirilerek 14.630 kWh/yıl enerji tüketimi sağlanmış, böylece %77 verimlilik sağlanmış ve geri ödeme süresi (GÖS) 4,6 yıl olmuştur.

**7.6.2 Gün Işığının Maksimum Kullanımı**

Spor hizmetli sunan binalarda iç mekân kalitesi bağlamında kullanıcıların ve çalışanların bulunduğu tüm alanların mümkün olduğu kadar günışığı alması sağlanmalıdır. Günışığı kullanımını arttırmak için çatı ve tesis uygun ise günışığının artırılması için çatı ıslıklıkları, ışık bacaları, ışık tüpleri, ışık rafları kullanılması değerlendirilmelidir. (Detaylı bilgi için bölüm 7.1.4'e bakınız)

**7.6.3 Isıtma ve Soğutmada Aşırı Yüklerin Isı Depolama ile Karşılanması**

Özellikle tüm yıl yoğun kullanımı olan halka açık spor salonları ve yüzme havuzlarında konfor sağlarken enerji ve su tüketiminin azaltılması önem arz etmektedir. Bu bağlamda öncelikle ısı yalıtımı, verimli cihaz kullanımı, otomasyon vb. ile ısıtma/soğutma, havalandırma enerji ihtiyacının azaltılması gerekir. Diğer yandan bu tür binalarda yoğun duş kullanımı (dolayısıyla sıcak su) ve havuz suyu ısıtması söz konusudur. Bu sebeplerle sıcak sulu güneş kolektörleri kurulumu, Türkiye'nin tüm bölgeleri için çok yararlı olacaktır. Gün içindeki arz-talep dengesini sağlamak için ise uygun kapasitelerde güneş enerjisi ısı depolaması yapılması uygun olur. Bunun için tesislerden günlük olarak yararlanacak insan sayısı, günlük toplam sıcak su ihtiyacı tespit edildikten sonra, uygun kapasitede kolektör sistemi ve ısı depolama sistemleri projelendirilip, uygulanmalıdır.

**7.6.4 Nem Kontrolü**

Havuz mekânlarında suyun buharlaşması sebebiyle yüksek nem söz konusu olabilmektedir. Burada maksimum bağıl nem %65'in üzerine çıkmamalıdır. Bağıl nemin bu seviyenin üstüne çıkması hâlinde insanlarda solunum güçlükleri, cephe yüzeylerinde yoğunlaşma, mantar oluşumu (5. bölüme bakınız.) gibi olumsuzluklar meydana gelmektedir. Bu nedenle havuz alanlarında havalandırma ile nem kontrolü yapılmalıdır. Psikrometrik diyagram dikkate alınarak;

- Kuru ve soğuk iklimlerde karışım havalı ve aynı zamanda %100 dış hava ile çalışan klima santralleri,
- Sıcak ve nemli bölgelerde nem alma klima santralleri kullanılır.

Ayrıca cam cephe alanlar varsa buralarda yoğunlaşmayı önlemek için sıcak hava üflenir. Spor salonlarında nem kontrolüne gerek yoktur.

### 7.6.5 Sıcak Su, Güneş Enerjisi Kullanımı

Yukarıda, 7.6.3. bölümünde açıklandığı üzere bu tür tesislerde, güneş sıcak su kolektör sistemleri ve burada ısıtılan suyun depolaması önem arz etmektedir. Güneş enerjisinin yeterli olmadığı durumlar için ise; kazandan ısıtma desteği sağlanır. Burada kazan ve güneş enerjisi sistemlerinin aynı depoya bağlanmaması, sistem verimliliği açısından büyük önem arz eder. Bu bağlamda sıcak suyun güneş enerjisi ile ısıtma devresi (borulama, eşanjörler, depolar) ön ısıtıcı olarak tasarlanır. Güneş enerjisi ile ön ısıtılan su; kazan desteği için ikincil depolara gelir, bu depolardaki su sıcaklığı 45-50°C civarına ayarlanır. Eğer su, güneş sıcak su kolektörü devresinde bu değerlere kadar ısınıyor ise; kazan devreye girmez, eğer yeterli sıcaklıkta değilse; kazan devreye girer.

Diğer yandan yoğun duş kullanımı olabilen bu tür tesislerde gri su sistemi hem ısı enerjisi verimliliği hem de su tasarrufu için çok yararlı olmaktadır. Burada 30-40°C sıcaklığındaki duş suları uygun hacimde ısı yalıtımlı bir ön depoya alınır. Bu depoya bağlı bir eşanjör, pompa ve borulama devresi ile sıcak su için kullanılacak soğuk suyun ön ısıtılması yapılır. Depodaki su filtrasyon sisteminden geçirildikten sonra, filtre edilmiş su deposuna alınır ve buradan da klozetlere ve alaturka tuvaletlere temizlik için verilir.

Diğer yandan yaz aylarında, genellikle, tatil nedeniyle kullanıcı sayısının azalması ve güneş radyasyonunun daha fazla olması gibi sebeplerle âtil güneş enerjisi söz konusu olmaktadır. Bu durumda buhara kalkış için önlemler alınmalıdır. Bu sistemlerle ilgili daha detaylı bilgi için 7.1.10., 7.1.11. ve 7.1.15. bölümlerine bakınız.

#### Spor Salonları ve Yüzme Havuzları İçin Enerji Verimliliği Öneri Listesi

- Bina kabuğunda eğer yalıtım yoksa yalıtım yapılarak ısı kaçışları engellenmelidir.
- Gün ışığından maksimum faydalanıp, gündüz aydınlatma yükleri azaltılmalıdır.
- Bu binalarda güneş sıcak su kolektör sistemleri, güneş hava kolektör sistemleri uygulamaları maliyet etkin ise kullanılabilir.
- Bina dış cephe birleşimlerinde kontroller yapılarak tam sızdırmazlık sağlanmalıdır.
- Aydınlatma armatürleri bütçeyle bağlantılı olarak led armatürlerle (koridor ve ıslak hacimlerde sensörlü) değiştirilmelidir.
- Isıtılan ve ısıtılmayan mahaller arasında, (bodrum kat-zemin kat gibi) ısı yalıtımı yapılmalıdır.
- Otomasyon sistemi varsa kullanım koşullarına göre güncellenmelidir veya yeni sistemler kullanılmalıdır.
- Spor salonlarında doğal aydınlatma için çatı ışıklıkları gibi olanaklardan yararlanılmalıdır.
- İlgisi oranında yukarıdaki bölümlerde verilen enerji verimliliği artırıcı öneriler de dikkate alınmalıdır.
- Bu tür binalarda gri su sistemleri maliyet etkin olabilmektedir.

## 7.7 Ulaştırma Binaları (Havaalanları, Gar Binaları)

Ulaştırma binaları, yılın tüm saatleri için hizmet verdiklerinden enerji tüketimleri yüksektir. Bu tür binaların tadilatlarında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

5. bölümde açıklanan “İç Mekân Kalitesi” şartları sağlanmalıdır.
- 7.1. bölümde açıklanan genel hususlar ilgisi oranında sağlanmalıdır.
- Güncel mevzuata uyum sağlanmalıdır.

Bu bağlamda uygulanabilecek sistemlerle ilgili değerlendirmeler Tablo 7-16’da verilmiştir.

No	Sistem adı	Değerlendirme
1	Isıtma, Soğutma Sistemleri	<ol style="list-style-type: none"><li>Mevcut sistemler çalışır durumda ise revizyon yapılarak kullanılması değerlendirilebilir.</li><li>Yüksek tavanlı yolcu salonları gibi mahâllerin tadilatlarında sadece insanların bulunduğu bölgenin ısı konforu için döşemeden ısıtma/soğutma sistemleri öncelikte etüt edilmelidir.</li><li>Rooftop gibi tüm havalı sistemler ve yüksek atışlı menfez (jet nozul) değerlendirilebilir.</li><li>Ofis mahâllerinde döşemeden ısıtma/soğutma, fan coil, radyatör + değişken debili soğutuculu gazlı iklimlendirme (VRF) sistemleri kullanılabilir.</li><li>Hangarlar, depolar gibi büyük, tek hacimli ve yüksek tavanlı mahâllerde sadece ısıtma yeterli olabilmektedir. Bunun için gazlı ışınlı (radyant) ısıtma sistemleri, basma yükü yoksa döşemeden ısıtma sistemleri tercih edilebilir.</li></ol>
2	Havalandırma Sistemleri	<ol style="list-style-type: none"><li>Mevcut durumda havalandırma varsa ve çalışır durumda ise; gerekli iyileştirmeler yapılarak kullanılabilir.</li><li>Mevcutta bir havalandırma sistemi yoksa binanın yapısına uygun merkezi havalandırma sistemleri yapılır.</li><li>Isıtma, soğutma sistemlerinde 1.c) seçeneğinde anlatılan rooftop gibi tüm havalı sistemler havalandırma için kullanılabilir.</li></ol>
3	Yenilenebilir Enerji Sistemleri	<ol style="list-style-type: none"><li>Bu binalarda elektrik tüketimi genellikle fazla olduğu için güneş elektrik (PV) sistemleri kurulumu uygun olur.</li><li>Kullanım suyu ön ısıtması için güneş su kolektörleri kurulumunun değerlendirilmesi uygun olur.</li><li>Bu sistemlerin kurulumu için binanın yapısı ve diğer ilgili alt yapı kontrol edilir.</li></ol>
4	Aydınlatma Sistemleri	<ol style="list-style-type: none"><li>Yolcu salonları, hangarlar vb. hacimlerde doğal aydınlatma için pencereler, çatı ışıklıkları, günışığı bacaları gibi olanaklardan yararlanılması planlanmalıdır.</li><li>Yapay aydınlatma için LED armatürlü, otomasyona bağlı aydınlatma sistemleri kullanımı uygun olur.</li></ol>

5	Gri Su Sistemleri	<p>a) Su tasarrufu için lavabo ve duşlardan çıkan sular arıtılıp klozetlerde kullanımı verimli olur.</p> <p>b) Enerji verimliliği açısından duşlardan toplanan ılık gri suyun ısısı, sıcak kullanım suyu ön ısıtılmasında kullanılabilir.</p> <p>Not: Gri su partikül ve mikrobik yönlerden arıtılarak kullanılır. Bakteri ve mikrop kalıntıları için sıklıkla laboratuvar kontrolü yapılmalıdır.</p>
6	Kojenerasyon-trijenerasyon sistemleri	<p>Bu binalar tüm yıl boyunca 7/24 çalıştıkları için gerekli analizler yapılarak kojenerasyon/trijenerasyon sistemleri kurulumu önerilir. Bu sistemlerin kurulumunda uygun yer bulunması, sistemlere entegrasyon ve gürültü gibi hususlar da etüt edilir.</p>
7	Bina Otomasyon Sistemleri	<p>Bu binalarda mekanik tesisat otomasyonu, yangın otomasyonu, aydınlatma otomasyonu, güvenlik otomasyonu vb. sistemlerin entegrasyonu yapılarak bina yönetim sistemi (BMS) kurulumu uygun olur. Buna ilaveten binanın durumuna göre taşıma sistemleri otomasyonu gibi sistemler de kurulabilir. Tüm bu sistemler işletmede verimliliği artırır, işletmeye hız kazandırır.</p>

**Tablo 7-16:** Ulaştırma Binaları Tadilatlarında Enerji Verimli Uygulamalar

#### Ulaştırma Binaları İçin Enerji Verimliliği Öneri Listesi

- 7.1.7, 7.1.8 ve 9. Bölümlerde açıklanan enerji verimliliği odakları ilgisi oranında dikkate alınmalıdır.
- Tüm yıl boyunca sürekli soğutma ihtiyacı olabilecek veri merkezi gibi alanlar için (dış iklimsel şartlar da dikkate alınarak) serbest soğutma (free-cooling) özelliği olan bağımsız soğutma sistemleri tesis edilmelidir.
- Bütçe ve yerleşim olanakları ölçüsünde ve mevzuat uygun ise kojenerasyon/trijenerasyon sistemleri kullanılmalıdır.
- Alan ve bütçe olanakları ölçüsünde binanın kendi kullanımı için güneş elektrik ve güneş sıcak su sistemleri kurulmalıdır.
- Mümkün olduğunca doğal havalandırma ve doğal aydınlatma olanaklarından yararlanılmalıdır.
- İlgisi oranında daha önceki bölümlerde verilen enerji verimliliği önerileri dikkate alınmalıdır.



# 8

## Uygulama, Kabul ve Kontrol Süreci

Bina tadilat ihale dosyası hazırlandıktan sonra, işin ihalesine çıkarılarak yapım sürecine geçilir. İnşaat sürecinde yapılan işlerin projelere, mevzuata uygun olarak yapıldığı "Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kamu Yapıları Denetim Hizmetleri Yönetmeliği" çerçevesinde kontrol edilmelidir. Bu kontrolleri idareler kendi personeli ile yapabileceği gibi, günümüzde yürütülen projelerin geniş kapsamı ve çok yönlülüğü göz önüne alındığında uzman firmalardan müşavirlik-kontrollük hizmeti de alabilirler.

İnşaat tamamlandıktan sonra kabul sürecine geçilir. Geçici kabul ve kesin kabul işlemleri, "Yapım İşleri Muayene ve Kabul Yönetmeliği" esaslarına göre yapılır. Bu süreçte "Test Ayar Dengeleme (TAD)" danışmanlığı hizmeti alınabilir. Bu şekilde işlerin projelere ve şartnamelere göre yapıldığı nihai olarak kontrol edilir, enerji tüketen sistemlerin enerji performans ölçümleri yapılarak raporlanır. Raporlarda yer alan eksiklikler, inşaatın yüklenici firmaları tarafından tamamlanır ve geçici kabul süreci tamamlanarak bina işletmeye açılır.

### 8.1 Kontrollük, Müşavirlik Kapsamında Dikkat Edilecek Hususlar

Esaslı tadilatların inşaat işlerinin ihale dosyasına, fen ve sanat kaidelerine uygun olarak yaptırılabilmesi, müşavirlik hizmeti alınması yararlı olmaktadır. Bu konuda aşağıdaki adımların takip edilmesi yararlı olur:

- Tadilat/inşaat çalışmaları esnasında, yapılan işlerin uygulama projelerine/aşamalarına uygunluğunun denetlenmesi,
- Yıkım/söküm sırasında ortaya çıkabilecek uyumsuzluklara müdahale edilmesi, gerektiğinde önlemlerin alınması,
- İş uygulama aşamalarının incelenerek projeler arası koordinasyonun kontrol edilmesi ve bu kontrol sonrası yıkım/söküme geçilmesinin sağlanması,
- Yıkım/sökümde kullanılacak malzemelerin/ekipmanların şartnamelere uygunluğunun denetlenmesi, malzeme/ekipman onay prosedürünün takibi,
- Malzeme/ekipman seçimi için gerekli organizasyonun yapılması,
- Günlük raporların yüklenici tarafından hazırlanmasının sağlanması ve idareye sunulması, belirli periyotlarla idare, yüklenici ve kontrol teşkilatının bulunduğu toplantılar düzenlenerek sürecin ilerlemesinin takip edilmesi.

## 8.2 Malzeme Onaylarında Özellikle Enerji Verimliliğine Dikkat Edilmesi

Kamu binalarında enerji verimli tadilat uygulamalarında en önemli hedeflerden biri de satın alınacak uygulamaların, cihaz-sistemlerin de enerji verimli olmasının sağlanmasıdır. Malzeme onay süreçlerinde dikkat edilecek hususlar için **Ek-8.2 Enerji Verimli Satın Alma Kontrol Formu Örneği**'ne bakınız.

## 8.3 Montaj Hatalarına Karşı Nitelikli Personel Seçimi

Uygulama ve montaj/kurulum hatalarına karşı nitelikli personel seçilerek;

- Enerji verimliliğin sağlanması ve güvenli-doğru çalışma için belirlenen teknik düzenlemelere-projelere uyulması,
- Kazaları önleme ve çevreyi korumaya ilişkin bütün ulusal mevzuata uyulması,
- Montaj ve kurulum esnasında oluşacak problemlerde mutlaka İdarenin haberdar edilmesi ve problemin giderilebilmesi için destek alınması,
- Düzenli bakım periyotlarının belirlenmesi ve uygulanması/uygulatılması,
- Montaj/kurulum, işletmeye alma ve işletme süreçlerinde iş sağlığı ve güvenliği kuralları ve ilgili yasal düzenlemelere uygun hareket edilmesi ve bu kuralların gerektirdiği tüm tedbirlerin alınması gerekir.

## 8.4 Hakedişler

Yüklenicinin hakedişleri ihale dosyası ve İdari şartnamelere uygun olarak yapılmalıdır. Hakediş kontrolleri ekteki **Ek-8.4. Hakediş Kontrol Formu Örneği** ve ihale şartnameleri çerçevesinde yetkin personel tarafından gerçekleştirilmesi gerekir.

## 8.5 Test Ayar Dengeleme (TAD), Devreye Alma

TAD ve devreye alma süreci aşağıdaki sırayla gerçekleştirilir:

1. Sahadaki uygulamaların ihale dosyasına uygunluk kontrolü **Ek 8.5A TAD Ön Kontrol Formları Örneği** gibi formlar kullanılarak yapılır. Varsa eksik ve kusurlu imalatlar düzeltilir,
2. Cihaz ve sistemler, üretici firmaların yetkili servisleri tarafından devreye alınır,
3. Bina kabuğunun yalıtım performansı ile cihaz ve sistemlerin performans testleri, ayarlar ve dengelemeler (işlevsel, enerji verimliliği vb.) **Ek 8.5B TAD Performans Ölçüm Formları Örneği** gibi formlar kullanılarak yapılır ve raporlanır. Belirlenen tüm eksiklikler giderilir.

Binalarda test ayar dengeleme uygulamaları için **Ek-10 Vaka Örnekleri V-8.5 Binalarda Test Ayar ve Dengeleme Uygulama Örnekleri** bölümüne bakınız.

TAD çalışmalarından elde edilecek yararlar aşağıdaki gibidir:

- a) Bina sistem performans ve fonksiyonları iyileşmektedir.

- b) Bina enerji performansı iyileşmektedir.
- c) Daha düşük bakım ve işletme maliyetlerine katkı sağlanmaktadır.
- d) İç mekân kalitesi hedefleri daha kolay sağlanabilmektedir.
- e) İşletme personelinin eğitilmesi sağlanmaktadır.
- f) Ekipman ömrü uzamakta, arıza sıklığı azalmaktadır.
- g) İdare ile yüklenici arasında daha az sorun olmaktadır.
- h) Daha güvenli bir çalışma ortamı oluşmasına katkı sağlanmaktadır.
- i) İşletme aşamasında daha az bakım ve değişikliğe ihtiyaç duyulmaktadır.
- j) Hedeflere ulaşıp/ulaşılmadığının kontrol edilmesi mümkün olmaktadır.
- k) İşletme ve bakım el kitaplarının hazırlanmış olması, işletmede kolaylık sağlamaktadır.

TAD süreci, binanın durumuna göre aşağıdaki ve benzeri ekipman ve sistemleri kapsayabilir:

- a) Bina kabuğu (bina statifi, ısı yalıtımı, su yalıtımı, pencereler, çatılar-termal kamera çekimleri, sızdırmazlık testleri, ısı performans testleri vb. yapılması),
- b) Asansör sistemleri,
- c) Yangından korunma ve güvenlik sistemleri (yangın algılama, alarm, yangın söndürme sistemleri kontrolleri),
- d) Duman kontrol sistemleri, acil aydınlatma sistemleri vb.,
- e) Isıtma (kazan veya ısı pompaları), soğutma (soğutma grubu, ısı pompası vb.) ve havalandırma sistemleri (klima santralleri, hava kanalları, menfezler, ısı geri kazanım (IGK) sistemleri, egzoz fanları, yangın fanları vb.),
- f) Müşterek tesisat sistemleri (pompalar, borular, vanalar, kontrol vanaları, termostatlar, radyatörler vb.)
- g) Aydınlatma sistemleri, günışığı kontrol sistemleri ve ışık seviyesi ayarlama (dimleme) sistemleri,
- h) Acil durum jeneratörleri,
- i) Kesintisiz güç kaynağı (KGK) sistemleri,
- j) Elektrik sistemleri (panolar, kablolar, motorlar, frekans invertörleri, enerji ölçüm ve izleme sistemleri, topraklama ve paratoner sistemleri, aşırı akımdan ve düşük akımdan koruma sistemleri),
- k) Sıhhi ve pis su tesisat sistemleri (kullanım suyu, yağmur suyu, sıcak su, gri su, pis su sistemleri, bahçe sulama sistemleri vb.),
- l) Yenilenebilir enerji sistemleri (güneş elektrik panel sistemleri, güneş sıcak su kolektörleri, güneş sıcak hava sistemleri, jeotermal sistemler vb.),
- m) Data ve iletişim sistemleri (internet, telefon vb.),
- n) TV, kapalı devre TV, uydu ve güvenlik sistemleri,
- o) Bahçe sulama sistemleri,
- p) Düşey ve yatay taşıma sistemleri,

Bu sistemlerin hepsinin bir binada bulunmadığı durumlarda, binada hangi sistemler var ise o sistemler çalışma kapsamına alınır.

TAD firmalarının bu alanda birçok ölçüm âleti, standart formlar, hesaplama ve analiz programları kullanması ve uzmanlaşması nedeniyle, böyle bir hizmet alınması (sistemlerin uzman bir göz tarafından kontrol edilip performans ölçümlerinin yapılarak raporlanması ve bu raporlara göre eksikliklerin giderilmesi) yukarıda belirtilen yararları sağlayacaktır.

## 8.6 Nihai (As Built) Projeler

Daha önce belirtildiği üzere ihale dosyası içeriğindeki projeler genellikle 1/50 ölçekli uygulama projeleri düzeyinde hazırlanmaktadır. Detay projeleri içeren, "üst üste çakıştırılmış (superpoze)" projelere sahip ihale dosyasına rastlanmaktadır. Ayrıca "Kamu İhale Kanunu" nedeniyle cihaz veya ekipman markası belirtilmediği için cihazlar inşaat esnasında seçilmektedir. Seçilen bu cihazların boyutları projelerdeki yaklaşık ölçülerden farklı olabilmektedir. Yine borulamalar, hava kanalları, elektrik tavaları, asma tavanlardaki menfezler, dedektörler, anons ekipmanları, aydınlatma armatürleri vb. cihazlar da inşaat esnasında superpoze edilmeye çalışılarak montajları yapılmaktadır. Nokta detayları da (shop drawing) bu aşamada yapılmaktadır.

Bu gibi sebeplerle ihale dosyasındaki projeler uygulamada önemli ölçüde değişmektedir. Bu değişikliklerin projelere işlenip "as built" projelerin oluşturulması çok önemli olmaktadır. Çünkü;

- a) Kesin hakkediş, bu projeler esas alınarak yapılmaktadır.
- b) İşletme sürecinde ekipmanların yerleri ve nitelikleri bu projeler kullanılarak sağlıklı biçimde belirlenebilmektedir. "As built" projeler, tüm disiplinlerde inşaatın gerçek durumunu ifade edecek nitelikte hazırlanmalıdır. "As built" projeler kapsamında aşağıdaki ve benzeri dokümanların da hazırlanarak İdareye verilmesi gerekir.
  - a) İşletme talimatları,
  - b) Bakım talimatları,
  - c) Arıza giderme talimatları,
  - d) İmalatçı katalogları,
  - e) Yedek parça listeleri.

## 8.7 Belgelendirme

Bina tadilatlarında ve sonrasında zorunlu veya gönüllü olarak alınabilen mevcut binanın enerji verimli işletilmesi, sürdürülebilir bina olması gibi kriterlere göre bazı bina sertifika sistemleri mevcuttur. İskân raporu ve bina ruhsatı dışında, binanın enerji verimliliğini gösteren sertifika sistemleri aşağıda belirtilmiştir.

### Zorunlu Sertifika:

*Bina Enerji Kimlik Belgesi (EKB):* "5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu" ve buna bağlı olarak çıkarılan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"ne göre, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasını sağlamak için asgari olarak binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, yalıtım özellikleri ve ısıtma ve/veya soğutma sistemleri ile ilgili bilgileri içeren belgedir.

Mevcut binaların, dış cephe duvarlarında ısı yalıtımı, ısıtma sisteminde kazan değişikliği, ferdi ve merkezi ısıtma sistemleri arasında dönüşüm yapılması, merkezi soğutma sistemi kurulması, kojenerasyon sistemi kurulması veya yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretilmesi ile ilgili konularda tadilat yapılması halinde, bu Yönetmelik hükümleri doğrultusunda uygulama projesi hazırlanır ve yapı kullanım izni veren ilgili idare tarafından onaylanır ve uygulanması sağlanır.

Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ne göre; mücavir alan dışında kalan ve yapı inşaat alanı 1000 m<sup>2</sup>'den az olan binalar hariç diğer binalarda binanın enerji performansını değiştirecek her türlü tadilatın sonunda binanın enerji performansını ortaya koyan enerji kimlik belgesinin yeniden düzenlenmesi zorunludur. Enerji kimlik belgesi düzenlenmemiş binalarda yapılacak tadilatlar ve ruhsata tabi olmasına rağmen ruhsat alınmaksızın inşa edilen yapılara Kanunun 32 nci maddesi kapsamındaki ruhsat ve yapı kullanma izni işlemlerinde de enerji kimlik belgesi düzenlenmesi şarttır.

#### Gönüllü Sertifika Sistemleri:

Aşağıdaki sertifikalardan uygun ve gerekli olan yönetim sistemleri isteğe bağlı olarak kamu binalarında danışmanlık hizmeti alınarak kurulabilir:

- a) TS EN 9001 Kalite Yönetim Sistemi.
- b) TS EN 14001 Çevre Yönetim Sistemi.
- c) TS EN 45001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi.
- d) TS EN 27001 Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi.
- e) TS EN 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi.
- f) TS EN 50001 Enerji Yönetim Sistemi.
- g) Gönüllü Yeşil Bina Sertifika Sistemleri (YeS-TR Ulusal Yeşil Sertifika Sistemi, LEED, BRE-AM, DGNB vb.).

## 8.8 Geçici – Kesin Kabuller

Yukarıda açıklandığı üzere inşaat işlerinin tamamlanmasının ardından "Yapım İşleri Genel Şartnamesi" ve "Muayene ve Kabul Yönetmeliği" hükümleri doğrultusunda kabul işlemleri yapılır. Kamu binalarının enerji verimli tadilatı ihalelerinin kabul işlemleri de yine aynı şartname ve yönetmeliklere göre yapılır. Bu bağlamda aşağıdaki hususlar dikkate alınır.

#### Kabul Öncesi Aşaması:

Kabul öncesinde takip edilecek işlemler, "Yapım İşleri Genel Şartnamesi"nin "Geçici Kabul" başlığı ve "Yapım İşleri Muayene ve Kabul Yönetmeliği" maddelerinde tarif edildiği şekilde yapılır.

#### Geçici Kabul Aşaması:

Geçici kabul sürecinde, kabul öncesinde olduğu gibi "Yapım İşleri Genel Şartnamesi"nin "Geçici Kabul" başlığı ve "Yapım İşleri Muayene ve Kabul Yönetmeliği"nde tarif edilen süreç takip edilir. Bina tadilat ihaleleri kapsamında ayrıca aşağıdaki hususlara da dikkat edilmelidir:

- a) İşin sözleşmesi, uygulama projeleri ve özel teknik şartnamelerinde binanın hangi bölümlerinde ne tür imalatların yapılmasının ön görüldüğü, kayıtlar incelenerek kabulleri yapılacak imalat kalemleri atlanmamalıdır.
- b) Binanın ısı hesap raporu incelenerek, kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin ısı hesap raporuna uygun seçilip seçilmediğine bakılmalıdır.
- c) Malzeme seçimlerinin doğru yapıp yapılmadıkları, seçilen malzeme veya cihazların projelerine, şartnamelerine, hesap raporlarına ve enerji verimliliği kriterlerine uygun olup olmadıkları kontrol edilmelidir.
- d) Yapılan tadilat esnasında binanın diğer bölümlerine ve imalatlara zarar verilip verilmediği kontrol edilmelidir.
- e) Sözleşme kapsamında TAD firmasından hizmet alımı bulunmuyor ise yükleniciden, geçici kabul esnasında, enerji tüketen sistemlere ve bina kabuğuna ait performans ölçüm formları ve raporları da istenmelidir.
- f) Binanın taşıyıcı elemanları incelenerek kolon, perde, kiriş ve döşemelerde kırma, delik açma gibi taşıma güçlerini zayıflatacak tadilat yapıp yapılmadığı kontrol edilmelidir.

#### **Kesin Kabul Aşaması:**

Kesin kabul sürecinde de "Yapım İşleri Genel Şartnamesi"nin "Kesin Kabul" başlığı ve "Yapım İşleri Muayene ve Kabul Yönetmeliği"nde belirtilen süreç takip edilir.

# 9

## Sürdürülebilirlik ve Süreç Takibi

Bir binanın yaşam döngüsünde (yaklaşık 50 yıl,) ömür boyu maliyet içinde inşaat maliyeti: %12, tadilat-bakım-onarım maliyeti: %4 paya sahip iken, enerji ve işletme gideri yaklaşık: %84 ile en yüksek değere sahiptir. Dolayısıyla kamu binalarında bu rehber gereğince yapılacak tadilatlar sonucunda, sadece binaların enerji verimli hâle getirilmeleri, kaliteli bir bina elde edilmesi için yeterli olmayacaktır. Binaların hizmet vereceği süre boyunca işletim ve bakımlarında da gerekli özenin gösterilmesi ve sürdürülebilirliğin sağlanması gerekmektedir.

### Binalarda Enerji Verimliliği

#### Bina Yaşam Döngüsünde Ömür Boyu Maliyet Dengesi



Şekil 9-1: Bina Yaşam Döngüsünde "Ömür Boyu Maliyet Dengesi"<sup>1</sup>

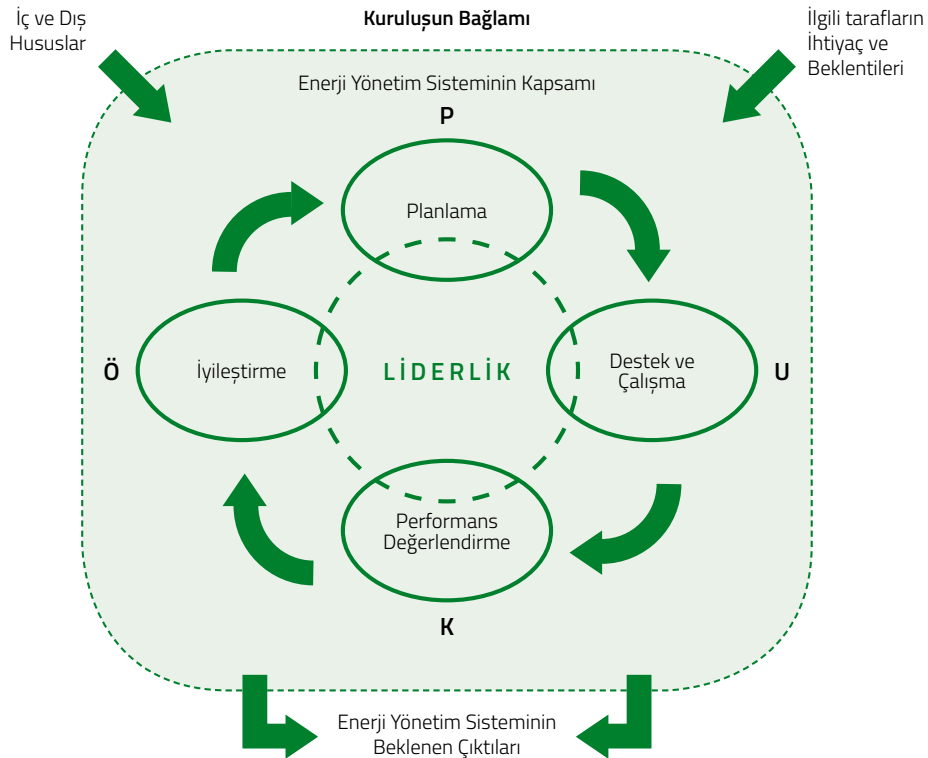
<sup>1</sup> Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Sunumları

## 9.1 ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi (EnYS) ile Enerji Performansının Sürekli İyileştirilmesi

EnYS; bir endüstriyel tesiste/işletmede üretimi azaltmadan, bina da ise hizmet kalitesini düşürmeden, kullanılan enerjiyi azaltmak ve kurumun enerji verimliliğini arttırmak amacıyla planlı olarak yürütülen faaliyetler bütünüdür. Etkin bir EnYS kurulması sonucunda, oluşacak farkındalık ile sadece %10-15 civarında enerji verimliliği sağlanması, sistematik bir yol haritası ile tüm enerji tüketim noktalarının etüt edilmesi ve “teknik ve ekonomik açıdan uygulanabilir” projelerin gerçekleştirilmesi ile de %40-50’ye varan oranlarda enerji verimliliği sağlanması mümkündür.

Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmeliğe göre enerji yöneticisi görevlendirmekle yükümlü (toplam inşaat alanı en az on bin metrekare veya yıllık toplam enerji tüketimi iki yüz elli TEP ve üzeri olan) kamu binaları için 2023 yılı sonuna kadar TS EN ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi kurularak belgelendirilmesi gerekmektedir.

ISO 50001 EnYS, enerji performansının **sürekli iyileştirilmesi** esasına dayanmaktadır. Bu ise “Planla – Uygula – Kontrol Et – Önlem Al” şeklindeki “Deming Döngüsünü”, enerji yönetimi için esas alan sistematik bir yaklaşım benimsenerek sağlanabilir. EnYS’nin uygulanması, tek başına bir amaç değildir önemli olan sistemin sonuçlarıdır, günlük uygulamalarda enerji kullanımına dikkat edilerek enerji performansının sürekli iyileştirilmesidir.



Şekil 9-2: Deming Döngüsü<sup>2</sup>

<sup>2</sup> ISO 50001:2018 standardından adapte edilmiştir.



Her sektörde (bina, sanayi, tarım vb.) ve en büyükten en küçüğe kadar her işletmeye/binaya uygulanabilen ISO 50001 EnYS, tek başına uygulanabileceği gibi diğer yönetim sistemleri ile entegre olarak da yürütülebilir. ISO 50001 EnYS'in uygulandığı binalarda enerji performansının geliştirilmesinin yanında (sayılanlarla sınırlı olmamak üzere) aşağıdaki **enerji dışı faydalar** da sağlanabilir:

#### 1. Finansal Faydalar:

- Ülke olarak enerjide dışa bağımlılık/ithalat azaltılır.
- Enerji tüketiminin azaltılması sayesinde kurumun enerji için ödediği maliyetlerde düşüş sağlanır.
- Sürekliliğin gerçekleştirilmesi adına ekipmanın enerji tüketimleri ve çalışma koşulları izlenir, bu sayede ortaya çıkabilecek arızalar ve hizmet aksamaları önlenir.

#### 2. Yasal Yükümlülüklere Uyum:

- Enerji kullanımına ve enerji ile ilgili tüm yasal düzenlemelere sürekli uyum gerçekleşir.
- Sera gazı salımları azaltılarak mevcut ve gelecek düzenlemelere uyum kolaylaşır.

#### 3. Harici Kazanımlar:

- Kurumun sosyal sorumluluk imajı artar.
- İklim değişikliği ile mücadeleye destek verilir, çevreye verilen zarar azaltılır.

#### 4. Dahili Kazanımlar:

- Üst yönetimin katılımı ve taahhüdü sağlanarak, kuruluş bütününde enerji performansı iyileştirmeleri gerçekleştirilir.
- Birimler arası koordinasyon gelişir.
- İyileştirilmiş çalışma koşulları sonunda işletme verimliliği artar, sağlık sorunlarında azalma görülür.
- Çalışanların aidiyet duygusu artar.
- Enerji risklerine dair alınan önlemler ile personel için daha güvenli bir çalışma ortamı sağlanır.
- Farkındalık eğitimleri sonucunda iş performansının gelişmesi ve kurumsal kimlik güçlenir.
- Enerji performansı iyileştirmeleri adına yeniliklerin takip edilmesi sağlanır.

#### ISO 50001 EnYS Kurulması İçin Gerekli Adımlar:

Enerji Yönetim Sisteminin kurulumunda, etkin bir sonuç alınması; sadece teknik değil, yönetim-sel ve stratejik yapılanmanın da sağlıklı çalışmasına bağlıdır.

#### 1. Kuruluşun Bağlamı (İçeriği):

EnYS kurulumu için ilk basamakta, aşağıdaki maddeler gerçekleştirilir ve stratejik yapı oluşturulur:

- Mevcut durum değerlendirmesi (ilgili taraflar, ihtiyaç ve beklentiler, zayıf ve kuvvetli yönler).
- Yasal ve diğer şartların belirlenmesi.
- Gerekli analizlerin yapılması.
- Kapsam ve sınırların belirlenmesi.

## 2. Sürekli İyileştirme İçin Taahhüt:

EnYS kurulumu için yönetimin desteği olmazsa olmazdır.

- Üst yönetimin liderliği ve taahhüdü.
- “Enerji Yönetim Ekibinin” oluşturulması.
- Enerji politikasının belirlenmesi.

## 3. Planlama-Performansın Değerlendirilmesi

Bu aşamada tesisin enerji kullanımı analiz edilerek enerji performansının iyileştirilmesi için baz alınacak değerler ve verimlilik fırsatları ortaya konur.

- Verilerin/tüketimin toplanması ve izlenmesi.
- “Enerji Referans Çizgisi (EnRÇ)” oluşturulması (6.2.3. bölüme bakınız).
- “Enerji Performans Göstergelerinin (EnPG)” belirlenmesi (6.2.3. bölüme bakınız).
- Enerji kullanım şeklinin analizi.

## 4. Planlama-Hedeflerin Belirlenmesi

- “Önemli Enerji Kullanımlarının (ÖEK)” belirlenmesi.
- Kaynakların, rollerin, yetki ve sorumlulukların tanımlanması.
- Hedeflerin ve amaçların belirlenmesi.
- İşletme kontrollerinin belirlenmesi.

## 5. Planlama-Eylem Planlarının Oluşturulması

- Enerji verimliliği fırsatların belirlenmesi (etüt, enerji modelleme, öneriler, vb).
- Teknik ve mali değerlendirmenin yapılması.
- Eylem planlarının hazırlanması.

## 6. Uygulama

Enerji Yönetim Sistemi ile taahhüt edilen amaç ve hedefleri gerçekleştirmek için adım adım yürütülen çalışmalardır. Bu adımların kuruluş içine yerleşmesi ve EnYS sürekliliği açısından, sistematik ve periyodik olarak uygulanması çok önemlidir.

- Eylem planlarının uygulanması.
- Farkındalık ve yetkinlik eğitimleri.
- Kültürel değişim.
- İletişim.
- Belgelendirme ve kayıtlar.

## 7. Uygulama- İşletim

- Operasyonel plan ve kontrol (set değerleri).
- Enerji verimli bakım.
- Enerji verimli tasarım.
- Enerji verimli satın alma (ömür boyu maliyet).

## 8. Kontrol-Performansın Değerlendirilmesi

- EnYS’nin ölçümü, izlenmesi ve analizi.
- Cihaz kalibrasyonları.
- Dokümantasyon.
- Yasal ve diğer gerekliliklerin uygunlukları.

## 9. Gözden Geçirme-Önlem

Enerji Yönetim Sistemi gözden geçirmesi, sistemin kurulması ve uygulanmasının ardından işlevselliğini denetlemek üzere gerçekleşen bir süreçtir. EnYS unsurları üst yönetim tarafından kontrol edilerek süreklilik sağlanması amaçtır.

- Eylem planının gözden geçirilmesi.
- Düzeltici ve önleyici faaliyetler.

## 10. Gözden Geçirme-Sürekli İyileştirme

- İç denetimler.
- Yönetim gözden geçirme.
- Planlama (yeni hedefler).

## 11. Başarıların Paylaşımı

- Dahili Paylaşım.
- Harici Paylaşım.

## 9.2 Enerji İzleme ve Fatura Takip Sistemi ile Tüketimlerin Takip Edilmesi

Kamu binalarında enerji verimli tadilatların belirlenmesi, tadilat öncesi ve tadilat sonrası elde edilecek olan verimliliğin ölçülmesi, EnYS uygulanması durumunda enerji verimliliği fırsatlarının belirlenmesi gibi amaçlarla enerjinin izlenmesi için, bir enerji izleme ve yönetim sisteminin kurulması değerlendirilmelidir.

Bu sistemler mekanik otomasyon sisteminden, aydınlatma otomasyonundan farklı olarak binada kullanılan her türlü enerji (elektrik, doğalgaz, motorin, kömür vb.) ile su tüketimlerini sürekli izlemek, kaydetmek, raporlamak, analiz etmek, karşılaştırmak, fatura takibi ve enerjiyi yönetmek amaçlıdır. Enerji izleme ve yönetim sistemi ile çok daha ayrıntılı ve sağlıklı veriler elde edilerek geçmiş ve gelecek analizleri, eğrileri, kullanım trendleri oluşturulabilmektedir. Enerji Yönetim Sistemi (EnYS) var veya kurulacak ise EnYS’nde istenen “sürekli iyileştirmenin” gerçekleştirilebilmesi için raporlama yapabilen bir enerji izleme ve yönetim sistemi seçilmesi değerlendirilmelidir.

Öncelikle tesislerin enerji girişleri ile ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, priz yükleri, ana panolar, katlar, bloklar, özel hizmet binalarında ise gerekli alt kırılımlar (örneğin hastanelerde ameliyathaneler, tıbbi cihazlar, mutfak, çamaşırhane, veri merkezi, vb.) enerji tüketimleri izlenmelidir. Ölçüm ve izleme sürecinden elde edilen bilgiler değerlendirilerek gerekli önlemler alınır.

Eğer mevcutta böyle bir sistem varsa ve yenilenmeyecek ise:

- a) Mevcut mekanik elektrik sayaçları, su sayaçları elektronik haberleşebilen sayaçlara dönüştürülmelidir.
- b) Mekanik elektrik-su-doğal gaz sayaçları, günlük olarak okunmalı ve tüketimler kaydedilmelidir.

### 9.3 İşletme, Bakım-Onarım Giderleri İçin Bütçe Ayrılması, Periyodik Bakımlar ile Sistemlerin En Uygun (Optimum) Verimde Çalıştırılması

#### İşletme

Binaların, enerji verimli tadilatlarının yanı sıra, verimli biçimde işletilmesi de çok önemlidir. Bina sistemlerinin (bina kabuğu, kazan, soğutma grubu, klima santralleri, asansör vb.), uzman personel tarafından gerekli malzemeler kullanılarak istenen çıktılar (ortam, sıcaklık-nem, elektrik, güvenlik, ulaşım, iletişim vb.) düzenli bir şekilde sağlanması için yapılan çalışmaların bütünü "bina işletimi" olarak adlandırılır. Bu çalışmalar için;

- Personel,
- Cihaz ve tesisat,
- Malzeme,
- Zaman,
- Para gerekir.

Bu unsurların beraber ve uyumlu çalışmasını sağlayan kişiler, işletme personeli veya "işletme-ci" olarak adlandırılır. Bu kişiler kuruluşun kadrolu personeli olabileceği gibi, geçici görevli ya da dışarıdan hizmet yoluyla da temin edilebilir. Personelin yetkinliği iş başı eğitimi ve kurum içi veya dışı eğitimler ile pekiştirilmelidir.

#### Bakım ve Onarım

Binalarda bulunan ekipman ve sistemlerin zamanla eskimesi, arızalanması kaçınılmazdır. Bu ekipman ve sistemlerin fonksiyonlarını en yüksek performansta sürdürmeleri için gerçekleştirilen faaliyetler bütününe "bakım" denilmektedir. Bakımın amacı;

- Hizmetin sürekliliğini korumak (kesintisiz),
- Makine/ekipman/binanın ömrünü arttırmak (uzun ömürlü),
- Hizmet kalitesine katkıda bulunmak (verimli),
- Hizmetin maliyetini düşürmek (ekonomik),
- Çevreye en az zararı vermek (çevreci) şeklinde özetlenebilir.

#### Bakım Yöntemleri

##### 1- Plansız Bakım:

Bu yöntem aslında bir bakım yöntemi olarak düşünülmemelidir. Sadece sistem/cihaz/makina bozulduğu (arızalandığı) zaman yapılır. Sistem tamamıyla bozulup verimsizlik başlayana veya hizmet kalitesi düşene kadar bir bakım yapılmaz. Birçok yerde uygulanmasına karşın, bu yöntemin birçok dezavantajı olduğu açıktır:

- a) Arızanın ne zaman olacağı belli olmaz ve bu yüzden, hangi parçanın-cihazın değiştirileceği ve ne kadar iş gücü gerekeceği gibi bakım için gerekli ön bilgilere önceden sahip olunamaz.
- b) Çok daha pahalı bakım masrafları ortaya çıkarabilir.

- c) Bazı arızalar sonucu sistemin/cihazın tamamıyla değiştirilmesi gerekebilir.
- d) Operatör veya çalışanlar için can güvenliği problemi ortaya çıkabilir.
- e) Plansız olması nedeniyle makine veya sistemin durmasıyla oluşacak hizmet kaybı da bakım maliyetlerine eklenecektir.

## 2- Planlı Bakım:

Adından da anlaşılacağı gibi, bakımın öngörülen (planlanan) bir tarihte (veya kullanım süresinde), öngörülen eleman sayısı ve sarf malzemesi ile yapılmasıdır.

### 2.1- Koruyucu Bakım:

Üretici/projeci/tesisi kuran firmaların tavsiyeleri ve çalışma koşulları gözönüne alınarak belli bir programa göre cihaz ve sistemlerin bakımlarının yapılmasıdır. Koruyucu bakımda esas amaç arıza nedeniyle hizmette aksama olmaması ve sistemin ekonomik ömrünün uzatılmasıdır. Ayrıca iş yükünün planlanabilmesine imkân sağladığı gibi, sistemlerin orijinal durumlarına yakın hâlde tutulmaları da önemlidir. Bununla birlikte periyodik bakımda dikkat edilmesi gerekli hususlar da vardır. Bunlar:

- a) Sağlıklı çalışan bir sistemin sökölüp bakıma alınması ile kalitesi ve düzeni bozulabilir. Söküp takma işlemi sırasında bazı parçalar orijinal hâlindeki gibi uygun bağlanmayabilir veya eksik kalan bağlantılar bulunabilir, ayarlar bozulabilir.
- b) Periyodik bakım aralıklarını iyi tespit etmek gerekir. Eğer bir periyodik bakım zamanı belirlenmiş ve bu program dahilinde hiçbir arıza olayıyla karşılaşılıyorsa bakım aralıkları çok kısa seçilmiş ve para boşa harcanıyor demektir. Örneğin, 10 yıl idare edebilecek bir çatının her 5 yılda bir aktarılması gibi.
- c) Sistem içindeki her parçaya tasarım aşamasında bir ömür tayin edilir (örneğin Tablo 4-3). Periyodik bakımda parçalar genellikle emniyet açısından ömürlerini doldurmadan değiştirilir.

Ömrü dolmamış ve daha uzun süre kullanılabilecek parçaların erken değiştirilmesi ve hizmet akışının durdurulması dezavantajdır. Maliyetinin azlığı, fazla kalifiye elemana ihtiyaç göstermemesi ise avantajdır.

### 2.2- Kestirimci Bakım:

Bu bakım yönteminde sistemlerin durumu çeşitli parametrelerin (titreşim, yalıtım, sıcaklık, ses vb.) ölçülmesiyle, bir plan dahilinde sürekli olarak gözlenir ve olası arızalar henüz sorun yaratmadan tespit edilerek gerekli bakım planlanır. Bir başka deyişle sistemlerin güncel ve geçmişteki durumlarının izlenmesiyle gelecekteki durumlarının kestirilmesi. En önemli avantajı, bakım zamanlamasının en iyi şekilde yapılmasına imkân vermesidir. Yani ne arıza bakımının dezavantajı olan çok geç bakım ne de koruyucu bakımın dezavantajı olan erken bakım, burada söz konusu değildir. Kestirimci bakımın en önemli dezavantajı daha ileri teknoloji, pahalı cihazlar ve kalifiye eleman gerektirmesidir.

Ancak yapılacak tüm bakımlara rağmen bazen sistem/cihaz/makine arızalanabilir, bu durumda onarımı gereklidir. Onarımın da yetkin kişiler tarafından ve orijinal parça kullanılarak yapılması önemlidir, aksi hâlde ciddi tehlikeler, arızalar, verimsizlikler ortaya çıkabilir.

### İşletme ve Bakım Maliyetleri

İşletme ve bakım maliyetleri; binanın yaşına, büyüklüğüne, binanın bulunduğu yerin iklim özelliklerine, iç mekân kalitesine, binadaki mekanik-elektrik-elektronik tesisatların yapısına, mekânların ve sistemlerin temiz tutulmasına, bakımına vb. bağlıdır. İşletme-bakım-onarım giderleri hesaplanırken aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

#### **Enerji Bedeli (Elektrik, Doğalgaz, Kömür, Fuel-oil vb.):**

İyi bir işletme ve bakım ile ciddi oranda verimlilik sağlamak mümkündür. Örneğin kazan brülörlerinin bakımı, kompanzasyon sisteminin devamlı takibi, yük atma vb. tüketimlerin bir enerji izleme ve yönetim sistemi ile takip edilmesi önerilir.

#### **İşletim-Sarf Malzemesi (Su, Yağ vb.):**

Sistemin gereksinimlerine uygun olmalıdır. Örneğin şartlandırılmış su, uygun viskozitede yağ kullanımı vb.

#### **Yedek Parça:**

Mümkün olduğunca orijinal ve kaliteli parça kullanılmalıdır. Örneğin, jeneratörde kullanılacak kalitesiz hava filtresi verimsizliğe sebep olabilir.

#### **Eİ Aletleri:**

Yapılacak işe uygun ve kaliteli olmalıdır. Örneğin elektrikçilerin kullanacağı pense, yan keski vb. izoleli olmalıdır.

#### **Güvenlik Malzemeleri:**

Personel güvenliği için, ilgili yönetmeliklere uygun iş güvenliği donanımı kullanılmalıdır.

#### **İşçilik/Servis Giderleri:**

Sistemlerin bakım ve onarımı, mutlaka "yetkili servise" ve "orijinal" malzeme ile yaptırılmalı ve enerji verimli tamir/bakım sonrası uygun set değerlerinde çalıştığı kontrol edilmelidir.

Bu maliyetler, sistemlerin çalışması için gerekli olan kalemlerin getirdiği maliyetlerdir. Bu noktada yıllık enerji/su maliyetlerinin, toplam enerji tüketim miktarını birim enerji bedeli ile çarparak bulmanın her zaman doğru bir yaklaşım olmayacağına dikkat edilmelidir. Ayrıca yatırılan sermayenin zamana yayılan geri ödeme analizlerinde gelecekteki yakıt fiyatları da ayrıca değerlendirilmelidir.

#### **Periyodik Bakımlar ile Sistemlerin En Uygun (Optimum) Verimde Çalıştırılması**

Enerji verimliliği uygulamalarının en uygun (optimum) verimle çalıştırılabilmesi için periyodik bakımlarının düzenli olarak yapılması önemlidir. Bu konuda hazırlanmış olan **Ek-9A Periyodik Bakım Tablosu Örneği** verilmiştir. Binada bulunan tüm sistem/cihaz/makinalar için bir örneği verilen **Ek-9C Makina Sicil Kartı Örneği** doldurulması, ayrıca bakımlarda yapılan tüm işlemler ve karşılaşılan olumsuzlukların **Ek-9B Bakım Formu Örneğine** işlenmesi önerilir. Bu işlemler elle (manuel olarak) yapılabileceği gibi yazılımlarla da takip edilebilir.

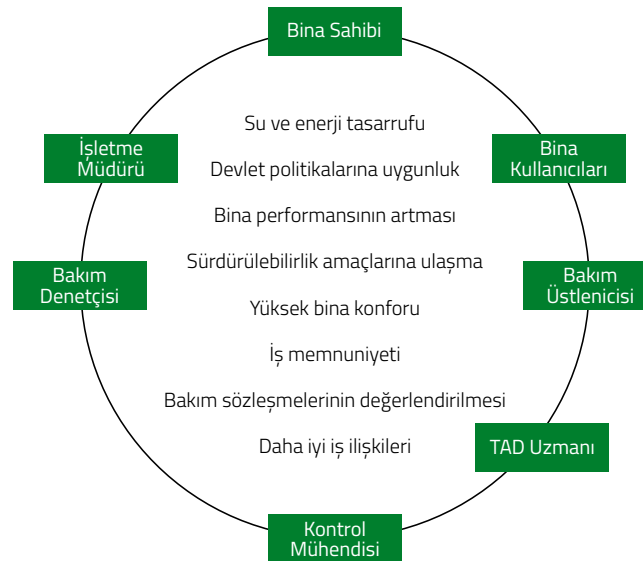
Binalar giderek daha teknolojik, karmaşık ve daha akıllı hâle gelmektedir. Bir binada çok verimli cihaz ve ekipmanlar bulunabilir ancak doğru işletme stratejileri uygulanamaz ise bunlar birlikte verimli biçimde çalışamayabilir. Bu durum, çok iyi müzisyenlerden oluşan bir orkestraya benzetilebilir. Eğer iyi bir orkestra şefi yoksa iyi bir müzik elde edilemez. Bu bağlamda "Bina Yönetim Sistemi (BMS)", doğru kurgulanmak kaydı ile üst düzeyde konfor ve enerji verimliliğinin sağlanmasında önemli rol üstlenir. Ancak yine de sistemleri işletecek yeterli ve yetkin personel bulunmazsa bu ve diğer sistemlerin işlevselliği ve verimliliği azalır.

#### İşletme, Bakım-Onarım İçin Öneri Listesi

- Kullanıcı odaklı bir işletme yapılmalı, ortak yaşama kültürünü destekleyici ve teşvik edici önlemler alınmalıdır.
- Kurulan sistemler hakkında işletmeciler ve kullanıcılar eğitilmelidir.
- Enerji ölçüm, izleme ve faturalama sistemi kurulmalıdır.
- İhale şartnamelerine yüklenicinin yaptığı sistemlerin işletilmesini 2-3 yıl gibi bir süre için yapacağı hükmü konulmalıdır.
- İşletmecilerin, kendilerinin bilgi sahibi olmadığı durumlarda, en az yılda 1 defa ilgili sistemleri kuran firmalardan veya TAD konusunda deneyimli firmalardan ölçüm ve servis hizmeti alması sağlanmalıdır.

### 9.4 Minimum İşletme Personel İhtiyacının Belirlenmesi

Binanın işletme ve bakım sürecinde binanın cinsine-büyüklüğüne bağlı olarak idareciler ve işletme personeli yer alır. Hastane gibi büyük ve kapsamlı kamu binalarının işletme sürecine katılan yetkililer Şekil 9-4'te verilmiştir. Daha küçük ve daha basit binalarda buradaki genel şemadan bina yetkilisi, işletme müdürü, TAD uzmanı, denetçiler gibi görevliler çıkarılarak daha basit şemalar oluşturulabilir.



Şekil 9-3: Büyük ve Kapsamlı Bir Binanın İşletme ve Bakım Döngüsü İçin Örnek Şema

Tablo 9-1’de işletme ve bakım hakkında bilgi sahibi olması önerilen paydaşların sahip olmaları önerilen bilgilendirme seviyeleri gösterilmiştir. Burada belirtilen paydaşlar ve sağlayabilecekleri katkılar binanın türüne ve büyüklüğüne göre değişkenlik gösterir.

	Tesisat Bakım Uygulamaları	Bina İşletmesi	Dökümantasyon	Finansal Değerlendirme	Tesisat Ekipmanları Verimliliği	Denetim Tabloları
A : İleri seviye						
B : Orta seviye						
C : Temel seviye						
Bina Yönetimi	B	C	A	A	C	C
İşletme Müdürü	A	A	A	A	A	A
Bakım Üstlenicisi Firma	A	A	C	C	B	C
Enerji ve Bakım Denetçileri	C	C	C	C	A	A
Tasarım Mühendisleri	C	C	A	C	A	C
TAD Uzmanları	C	C	A	C	A	A

**Tablo 9-1:** İşletme ve Bakım Konusunda Paydaşların Yapısı ve Bilgi Seviyeleri

İşletme ve bakım paydaşları kapsamı binanın cinsine, büyüklüğüne ve binadaki sistemlerin karmaşıklığına göre değişir. Ancak kamuda bina yetkililerinin sayısı kısıtlıdır ve ayrıca bina cisine göre işletme ve bakım paydaşlarının kapsamı değişir. Örneğin kiracılar enerji müdürü, bakım müdürü, denetçi vb. olmayabilir.

## 9.5 Personel Eğitimi (Teknik, İdari)

Binanın büyüklüğüne ve cinsine bağlı olarak bina işletmeye açılmadan önce binadaki teknik sistemler hakkında işletme personeline (mühendis, tekniker, teknisyen, usta) ve işletme ile ilgilenen idari personele yönelik olarak Ek-9.5 Personel Eğitim Programı Örneğinde belirtilen içerikte eğitimler verilebilir. Bu eğitimler;

- İş yapan yüklenici firmanın mühendisleri,
- Sistemleri kuran firmalar veya yetkili servisleri,
- Varsa TAD yetkilisi,
- Bina idari yetkilisi veya işletme yetkilisi,



e) Tesis yönetimi şirketleri veya danışman ve uzmanları tarafından düzenlenebilir/verilebilir. Eğitim ile ilgili olarak sunum veya basılı eğitim dökümanları hazırlanmış olmalıdır. İşletme ve bakım eğitimlerinin her yıl periyodik olarak yapılması uygun olur.

## 9.6 Optimizasyon Çalışmaları

İşletme sürecinde sürekli olarak binadaki mevcut tüketimlerin ölçülüp kontrol edilerek analiz edilmesi, yıllık verimlilik hedefleri konulması ve bunları gerçekleştirmek için çalışmalar yapılması gerekir. Bu işlemler binanın büyüklüğüne ve cinsine bağlı olarak değişir. Örneğin hastaneler, kampüsler, büyük idari binalar gibi büyük ve kapsamlı binalarda enerji verimliliğini artırma çalışmalarını daha düzenli yürütmek için ISO 50001 (EnYS) ve enerji ölçüm ve izleme sistemi gibi sistemlerinin kurulması yararlı olur. Binada doğru ve uygulanabilir bir optimizasyon yapılabilmesi için aşağıdaki hususların sağlanması önemlidir.

### İşletme Süreci Enerji Verimliliği Öneri Listesi

- Mahâllerin kullanım şekli değişir ise havalandırma sistemlerinde yeni duruma göre TAD işlemleri yapıp, termal kamera vb. kullanılarak kaçak yerler tespit edilip giderilebilmelidir.
- Enerji performansının ölçülmesi, değerlendirilmesi ve verimlilik hedefleri oluşturulmalıdır.
- Alt sistemlerde enerji ve su ölçümü yapılması, bu işe uygun yazılım vb. kullanılarak ölçülen değerler analiz edilmelidir. Enerji ölçüm ve izleme için binanın büyüklüğüne ve cinsine bağlı olarak temel düzeyde binanın elektrik, doğal gaz ve su sayaçlarından başlanabilir. Daha ileri analizler için alt sistemlere doğru elektrik analizörleri, modbus uyumlu gaz ve su debimetreleri veya sayaçlar, kalorimetreler, sensörler, gerekli kablolama, elektrik panoları, yazılım vb. kullanılarak analizler yapılabilirdir.
- Binada enerji ve suyun nasıl kullanıldığı anlaşılmaya çalışılmalıdır (spesifik enerji tüketimlerin hesaplanması, sistemlerin verimliliklerinin hesaplanması vb.).
- Ekonomik analizler yapılmalı, iyileştirme öncelikleri belirlenmelidir.
- Enerji verimliliği tadilat çalışmaları yapıldıktan sonra, hedeflenen verimliliklerin sağlandığı işletme sürecinde kontrol edilmeli ve sonuçlar raporlanmalıdır.
- İşletme personelinin sürekli eğitilmesi ve kapasitesinin artırılması sağlanmalı, bilgileri güncellenmelidir.
- Benzer şekilde bina kullanıcıları da sıklıkla bilgilendirilmeli, eğitilmeli; kullanım alışkanlıkları iyileştirilmeli, farkındalıkları artırılmalıdır.
- Motor, fan, değişken hız sürücüler, giriş damperleri, drenaj tavaları, damper motorları, sensörler, hava kanalları, serpantinler, kabinler ısı geri kazanım (IGK) üniteleri sıklıkla kontrol edilmelidir. Arıza, temizlik, senaryo uygunlukları işlemleri yapılmalıdır.
- Nemlendiricilerin su kalitesi, nozullar vb. sıklıkla kontrol edilmeli, varsa buhar kapanları (kondens-stop) da kontrol edilmelidir.
- Damper kanatlarının sızdırmazlıkları, rahat hareket edip etmedikleri kontrol edilmelidir.
- Hava filtrasyon sınıfını ve kalitesini iyileştirerek dış hava ihtiyacını azaltma gibi konular incelenmelidir.
- İşletmede edinilecek tecrübelerle göre gerekirse hava kanalları yeniden zonlandırılmalıdır.

- n) İşletme sürecinde (gerekiyorsa) kanallara ısı geri kazanım ekipmanları monte edilmelidir.
- o) Sabit debili klima santrallerinde, insanların ofiste olmadığı zamanlarda (mesai bitimi, öğlen araları) kapatılması, ara saatlerde ise saatte 30 dk. çalıştırılması ve 30 dakika durdurulması gibi önlemler verimliliği artırır. Binada insan sayısını tahmin edebilmesi veya ana mahâllerde (kalabalık mahâller) iç hava kalitesi (CO<sub>2</sub>) ölçümü ile bu sistemler verimli biçimde çalıştırılabilir. Benzer şekilde konfor bozulmadan önemli düzeyde enerji verimliliği sağlanabilmelidir.
- p) Sistemin debi ve basınç gereksinimi zaman zaman kontrol edilmeli, sistemdeki mevcut fanların özellikleri ile karşılaştırılıp sistemde emniyet payı fazla ise veya ihtiyaç değişmişse; sistem verimli hâle getirilmelidir.
- q) Fanların ve pompaların en verimli olduğu bölgede çalışması sağlanmalıdır.
- r) Sistemlerin büyüklük ve adetlerine göre ya kendi enerji verimlilik optimizasyon yazılımları ya da bu amaçlı optimizasyon yazılımları değerlendirilmelidir.
- s) Santrallerde ısı tekerlekli ısı geri kazanım sistemlerinde mahâl dönüş sıcaklığı ile dış hava sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı 5°C veya daha düşük ise ısı tekerleği durdurulmalıdır.
- t) Garaj havalandırmasında uygun bir işletim senaryosu öngörülmelidir. Normal işletmede CO, NOx gibi kirleticiler esas alınarak yapılacak işletme ile yangın esnasında duman tahliye senaryoları kontrol edilmelidir.
- u) Lejyoner bakterisi kontrolü kimyasal yöntemlerle de yapılabileceği dikkate alınmalıdır.
- v) Uzun süre sıcak su ihtiyacı olmayacaksa sirkülasyon pompası durdurulmalıdır. (Gerekirse en uzak dönüş hattının ucuna sıcaklık sensörü koyup suyun buradaki soğumasına göre pompa çalıştırılmalıdır).
- w) Kolektör sıcaklığı depo sıcaklığından büyük olduğu takdirde, güneş enerjisi sirkülasyon pompası çalıştırılmalıdır.
- x) Güneş enerjisi sistemleri (PV panelleri, sıcağı kolektörleri, hava kolektörleri) sıklıkla temizlenip, kontrol edilmelidir.
- y) Ekipmanların ayar değerleri enerji verimliliğini arttıracak şekilde değiştirilebilmelidir (Örneğin, soğutma grubu evaporatör çıkış sıcaklığı dış hava şartları müsait olduğunda yükseltilebilmelidir).
- z) Kullanılmayan mahâllerdeki sistemler kapatılabilmeli, kış ve yaz sıcaklık termostat ayar (set) değerleri enerji verimliliğini sağlayacak şekilde değiştirilebilmelidir.
- aa) Termometre, manometre, sıcaklık sensörü, termostat, basınç sensörü gibi saha ölçüm cihazlarının doğru çalıştıkları ve doğru yerlere monte edilmiş oldukları kontrol edilmelidir (Ayrıca temizlenip, kalibrasyonları yaptırılmalıdır).
- ab) Motorlu damper, motorlu vana gibi ekipmanların doğru çalıştıkları kontrol edilmelidir (Ayrıca temizlenip, kalibrasyonları yapılmalıdır).
- ac) Gerekirse sensörlerin ve ölçüm cihazlarının yerleri değiştirilip, daha doğru okuma yapılması sağlanmalıdır (Örneğin, bir kolektörün bir köşesine konulmuş bir termometre veya sıcaklık sensörü kolektörü temsil edebilen bir okuma yapamaz).
- ad) Otomasyon algoritmaları zaman zaman kontrol edilerek, gerçek işletme ihtiyaçlarına veya enerji verimliliğine daha uygun hâle getirilmelidir.
- ae) Otomasyon panosu (DDC panosu), elektrik güç panosu (MCC) ve devreleri kontrol edilmeli, arızalı ekipmanlar zamanında değiştirilmeli ve ayarları için program yapılmalıdır.
- af) İşletme sürecinde ihtiyaç duyulabilecek yerlere sıcaklık sensörleri, varlık sensörleri, kalorimet-

reler, pitot tüpleri, güneşiği sensörleri, zaman saatleri, CO<sub>2</sub> sensörleri vb. monte edilmelidir. Bu cihazlar otomasyon sistemine veya enerji ölçüm izleme sistemine bağlanarak tüketimler ölçülüp, kaydedilerek izlenir. Elektrik tüketimleri de ölçülerek soğutma grubu, ısı pompası, pompa, fan gibi ekipmanların anlık, sezonluk verimlilikleri bu işe uygun algoritmalar kullanılarak analiz edilir ve enerji verimliliği artırılabilir.

- ag) Basınç ve akış miktarlarının uygun değerlerde olduğu kontrol edilmelidir, gereksiz yüksek basınçlı su kullanması önlenmelidir.
- ah) Su arıtma sistemleri var ise bunların ters yıkama sularının gri su sistemlerine bağlanması etüt edilmelidir.
- ai) Binada su kayıp ve kaçakları önlenmelidir. Gelen su (binanın ana girişindeki sayaç) ile harcanan su (herkesin tek tek harcadıklarının toplamı) miktarları periyodik olarak ölçülmelidir.
- aj) Düşük sıcaklıkta temizlik yapabilen deterjanlar kullanılmalıdır.
- ak) Su depoları yılda bir temizlettirilmeli, dezenfekte ettirilmelidir.
- al) Lejyoner riskine karşı sıcak ve durgun suların oluşmasından kaçınılmalıdır.
- am) Elektrik tüketiminde kayıpların önlenmesi için panolar, kablolar, aydınlatma sistemi vb. elektrik tesisatları periyodik olarak kontrol edilip bakımları yapılmalıdır.
- an) İş sağlığı ve güvenliği yönetmelikleri gereğince mahâllerde gerekli aydınlatma-gürültü-sıcaklık, iç hava kalitesi ölçümlerinin yaptırılması sağlanmalıdır.
- ao) İşletmede yılda bir ısıtma, soğutma, havalandırma sistemlerinin verimlilikleri, otomasyon algoritmaları (değişebilen şartlar da dikkate alınarak) kontrol edilmelidir.
- ap) Kazan kapasitesi, çalışma basıncı ve kazan verimliliği yılda bir kez kontrol edilmeli; mevcut kazan/brülör/sistem gereksinim ve çalışma, işletme şartları analiz edilerek işletmenin durumuna göre gerekirse revizyonlar yapılmalıdır.
- aq) Buhar dağıtım borulamaları ve çürük buhar kullanım yerleri kontrol edilmeli, buhar kaçakları kontrol edilip onarılmalıdır (örneğin kondensatörler – buhar kapıları – kontrol ve onarımı).
- ar) Kazan blöfü asgariye indirilmelidir. Blöf sistemi, blöften kaynaklanan enerji kaybı, sıcak su veya buhar geri kazanım durumu araştırılmalıdır.
- as) Isı değiştirici vb. kullanılarak flaş buhar enerjisinden yararlanılmalı ve flaş buhar tankı kullanılmalıdır.
- at) Buhar üretim sistemlerinde buhar basıncı olası en alt düzeyde tutulmalıdır (Kazan verimliliği basınç azaldıkça artar, kayıplar azalır – buhar sıcaklığı bar cinsinden basıncın karesi ile orantılıdır-böylece kaçak ve kayıplar azalır.).
- au) Kazan borularında taşlaşma ve oksijen korozyonu gibi olumsuzluklar buharın işletme basıncı düştükçe azalır, bu gibi hususlar kontrol edilmelidir.
- av) Buhar tüketimi ölçülüp değerlendirilmelidir (Bu şekilde %5-%20 arasında verimlilik sağlanabilmektedir).

# 10

## Mevzuat

Bu rehberin hazırlanması sürecinde yararlanılan kanun, yönetmelik ve şartnameler aşağıda verilmiştir. Ancak bu kanun, yönetmelik ve şartnamelerin zamanla değişikliğe uğramaları durumunda, tadilat esnasında güncel olanları değerlendirmeye alınmalıdır.

- Enerji Verimliliği Kanunu.
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanıma İlişkin Kanun
- Büyükşehir Belediyesi Kanunu.
- İl Özel İdaresi Kanunu.
- Belediye Kanunu.
- Taşkın Sulara ve Su Baskınlarına Karşı Korunma Kanunu.
- Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEP Yönetmeliği).
- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik.
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.
- Türkiye Binaların Yangından Korunma Hakkında Yönetmelik.
- Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği.
- Elektrik İç Tesisleri Proje Hazırlama Yönetmeliği.
- Elektrik Tesisleri Kabul Yönetmeliği.
- Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği.
- Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği.
- Genel Aydınlatma Yönetmeliği.
- Asansör İşletme ve Bakım Yönetmeliği
- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği.
- 3030 Sayılı Kanun Kapsamı Dışında Kalan Belediyeler Tip İmar Yönetmeliği.
- Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği.

- Plansız Alanlar İmar Yönetmeliği.
- Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği.
- Erişilebilirlik İzleme ve Denetleme Yönetmeliği
- Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği.
- Katı Atık Yönetimi Yönetmeliği.
- Asbestle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik
- Su ve Kanalizasyon Belediye Yönetmeliği.
- Tesisat Projesi Belediye ve Doğalgaz Yönetmeliği.
- Binalarda Su Yalıtımı Yönetmeliği.
- Sığınak İnşasına Yönelik Yönetmelikler.
- Otopark Yönetmeliği.
- Yapım İşleri Muayene ve Kabul Yönetmeliği.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Kamu Yapıları Denetim Hizmetleri Yönetmeliği.
- İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik.
- Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, "*İnşaat ve Tesisat Birim Fiyat Tarifleri*", 2020.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, "*Teknik Şartnameler*", 2020.
- Diğer Kamu Kurumları Şartnameleri.
- 21 Ağustos 2020 tarih ve 2850 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı.
- 16 Ağustos 2019 tarih ve 2019/18 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi.

# 11

## Kaynakça

Rehberin hazırlanması esnasında yararlanılan kaynaklar aşağıda topluca verilmiştir.

- \* Aktacir, M. A., H. Bulut, 2010, "İklimlendirme Sistemleri İçin Serbest Soğutma Potansiyel Analizi", Termodinamik Dergisi.
- \* Aktacir, M. A., H. Bulut, 2008, "Sıcaklık ve Entalpi Kontrollü Serbest Soğutma Uygulamalarının Karşılaştırılması", TTMD Dergisi, 56.
- \* Andrei Litui vd., 2017, "Introduction to Building Automation, Controls and Technical Building Management", REHVA Publication, Brussels.\* Arısoy A., Cetegen E., 2014, "Binalarda Yıl Boyu Soğutma+Isıtma Enerji maliyetlerinin Optimizasyonu", 6. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu.
- \* Allard, F., 1998, "Natural Ventilation in Buildings", Science Publishers Ltd., London.
- \* ASHRAE Standard 90.1, 2019, "Energy Standard for Buildings Except Low Rise Buildings".
- \* ASHRAE Standard 62.1, 2016, "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality".
- \* ASHRAE Standard 55, 2017, "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy".
- \* ASHRAE Standard 105, 2015, "Standard Methods of Measuring and Comparing Building Energy Performance".
- \* ASHRAE Standard 189.1, 2017, "Standard for the Design of High-Performance Green Buildings".
- \* ASHRAE Standard 0, 2005, "The Commissioning Process".
- \* ASHRAE Fundamentals Handbook, 2017, Air Flow Around Buildings.
- \* ASHRAE Uygulama El Kitabı, 2003, "Kurulum ve İşletme Maliyetleri"- bölüm 36, TTMD Yayınları, İstanbul.
- \* ASHRAE Systems and Equipment Handbook, 2012, "Solar Energy Systems".
- \* ASHRAE Application Handbook, 2015, "Thermal Energy Storage".

- \* ASHRAE Sistemler ve Ekipmanlar El Kitabı, 2006, "*Veri İşleme ve Elektronik Büro Mahâller*", bölüm 17, TTMD Yayınları, İstanbul.
- \* ASHRAE Uygulama El Kitabı 2003, "*Yeni Binalarda Kabul, Kontrol İşlemleri*", bölüm 42, TTMD Yayınları, İstanbul.
- \* ASHRAE Uygulama El Kitabı 2003, "*Nemlendiriciler*", bölüm 20, TTMD Yayınları, İstanbul.
- \* ASHRAE Sistemler ve Ekipmanlar El Kitabı, 2004, "*Sistem Seçimi*", bölüm 1, TTMD Yayınları, İstanbul.
- \* ASHRAE Guidline, 2013. "*HVAC&R Technical Requirements for the Commissioning Process*".
- \* ASHRAE Guidline, 2008, "*Healthcare Facilities: Design Considerations and Best Practice Application, A professional Development Seminar*".
- \* ASHRAE Standard 170, 2017 "*Ventilation Guidelines*".
- \* ASHRAE Guideline, 2011, "*Energy Efficiency Guidline for Existing Commercial building. Technical implementation Guidance and Busines Case for Building Owner and Managers*", Atlanta, USA.
- \* ASHRAE Guidline, 2017, "*Advanced Energy Design Guide for K-12 School Building, Achieving Zero Energy*".
- \* ASHRAE Guidline, 2015, "*Combined Heat and Power Design Guide*".
- \* ASHRAE Guidline, 2009, "*Best Practices For Datacom Facility Energy Efficiency*".
- \* ASHRAE Guidline 14, 2014, "*Measuring Energy and Demand Saving and International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)*".
- \* ASHRAE Green Guide, 2018, "*The Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings – Edition 5th*", Elsevier, New York.
- \* Balaras, vd., 2007. "*Solar Air Conditioning in European Overview*". Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- \* Best, R., Ortega, N., 1999, "*Solar Refrigeration and Cooling*", Renewable Energy.
- \* Boz, E., 2000, "*Mekanik Tesisat Uygulama Kitabı*", TTMD Yayınları, İstanbul.
- \* Çakmanus, İ., Özbalta, T., 2008, "*Binalarda Sürdürülebilirlik: Ömür Boyu Maliyete İlişkin yaklaşımlar*", Doğa Yayınları, İstanbul.
- \* Çakmanus, İ., 2011, "*Yaklaşık Sıfır Enerjili Binalar*", Yeşil Bina Dergisi, Mayıs-Haziran Sayısı.
- \* Çakmanus İ., Toprak G., Künar A, Gülbeden A., 2010, "*A Case Study In Ankara For Sustainable Buildings*" REHVA World Climate Congress.
- \* Çakmanus, İ., Böke, A., 2001, "*Binaların Güneş Enerjisi ile Pasif Isıtılması ve Soğutulması*",

MMO Tesisat Mühendisliği Dergisi.

- \* Çakmanus, İ., 2004, "Bina Yenilenmelerinde Güneş Enerjisi Kullanılması: Bazı Uluslararası Projelerden Elde Edilen Sonuçlar ve Deneyimler", Yapı Dergisi.
- \* Çakmanus, İ., 2014, "Entegre Serbest Soğutma ve Güneş Enerjili Tek Basamaklı Lityum Bromür– Su Soğurmalı Soğutucuların Performans Analizi" (Çeviri), Yeşil Bina Dergisi.
- \* Çakmanus, İ., 2018, Ankara'da Bir Konut Bloğu İçin Trijenerasyon Sistemi Optimum Kapasite Belirleme Çalışması.
- \* Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015, "Isı Yalıtım Uygulama Kılavuzu".
- \* Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014, "Yeni Binalarda Enerji Verimliliği Kontrol Formu Açıklama Kılavuzu"
- \* Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015, "Kamu Binalarının Yenilenmesinde Enerji Verimliliği Rehberi Hazırlanması İşine Ait Teknik Şartname".
- \* Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019, "İnşaat ve Tesisat Birim Fiyat Tarifleri".
- \* Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019, "Makine Tesisatı Teknik Şartnameleri".
- \* Cho, J., Jeong C, Kim, S., 2007, "Evaluation Of Aisle Partition System's Thermal Performance in Large Data Centers For Superior Cooling Efficiency", REHVA 9. Clima Conference, Helsinki.
- \* CIBSE- BSRIA Application Guide AG 15/2002: "Illustrated Guide to Mechanical Service Systems"
- \* CIBSE Guide, Applications Manual, AM10, 1997, "Natural Ventilation in Non-domestic Buildings".
- \* Deniz, V., Bostancı, Ö., Salur, A., 2012, "Binalarda Su Tasarrufu ve Hijyen".
- \* Deniz, E., "Su Etkin Peyzaj Tasarım ve Uygulama İlkeleri", Ankara Üniversitesi, FBE, Tezsiz Yüksek Lisans Projesi, 2009.
- \* Dieter, G., 1983, "Engineering Design A Materials and Processing Approach", McGraw-Hill Int. Book Co., New York.
- \* Engin, N. (2012). Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: Doğal Havalandırma. Tesisat Mühendisliği. (129).
- \* EDSL TAS Sotware ve yardım dökümanları.
- \* ETKB-ÇŞB, 2016, "Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı - Uygulama Kılavuzu", Ankara.
- \* ETKB-ÇŞB 2016, "Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı – Uygulama Rehberi", Ankara.
- \* ETKB-ÇŞB 2016, "Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı – Bina Performansına Yönelik Öncelik ve Hedefler", Ankara.



- \* European Union, 2002, "Directive on Energy Performance of Buildings 2002/91"
- \* Evren, E., 2011, "*Medikal Gaz Sistemleri*", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- \* Fanger, P., O., 2002, "*İç Hava Kalitesinin İyileştirilmesi ve Ofis Verimliliğinin Artırılması*", TTMD Dergisi Mayıs-Haziran. 2002.
- \* Güreren, H., Pekışık, G., A., 2005, "*Yalıtım ve Cam*", TTMD Dergisi.
- \* Carrier Co, "*Handbook of Air Conditioning System Design*".
- \* Hausladen, G., Saldanha, M., Liedl, P., Sager, C., 2011, "*Climate Design – Solution For Buildings that Can Do More With Less Technology*".
- \* Hepbaşlı, A., 2010, "*Enerji Verimliliği Yönetim Sistemi; Yaklaşımlar ve Uygulamalar*", Esen Ofset Matbaacılık, İstanbul.
- \* *IESNA Lighting Handbook: Reference & Application*. 9. Baskı, New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2000.
- \* International Energy Agency, 2017, "*Deep Energy Retrofit (DER)– A Guide for Decision Makers*".
- \* ISISAN Çalışmaları No: 351, 2005, "*Enerji Ekonomisi*", İstanbul.
- \* İzoder, 2013, "*İnşaat Teknolojisi, Binalarda Su Yalıtımı*".
- \* J. Babiak, J., Olesen, B., Petráš D., 2012, "*Low Temperature Heating High Temperature Cooling*", Rehva Publication, Burussels.
- \* Karakoç, T.H., 2011, "*Uygulamalı TS825 ve Kalorifer Tesisatı Hesabı*", Demirdöküm Yayınları.
- \* Khanlar A., 2013, "*Güneş Duvarı Sistemlerinin Dünyadaki Uygulamaları ve Türkiye'deki Uygulanabilirliği*", Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- \* Kılış, B., 2009, "*What Is A High Performance Building and What Is Not? Description, Definitions And Basic Functions*", TTMD Journal, March-April 2009.
- \* Kim, D.-S., 2007, "*Solar Absorption Cooling*". Ph.D. Dissertation, Delft University of Technology, Netherlands.
- \* Kreider, F., Rabl A., 1994, "*Heating and Cooling Of Buildings, Design For Efficiency*", Mc. Graw Hill Book Co., New York.
- \* Kreith, F., Bohn, M.S., 1986, "*Principles of Heat Transfer*", Harper abd Row Publisher Inc., New York.
- \* Küçükçalı, R. 1998, "*Mekanik Tesisatta Sık Yapılan Hatalar*", Tesisat Dergisi, İstanbul.
- \* LEED Sertifikasyon Dökümanları.

- \* Lui Y., 2010, "*Waterside And Airside Economizers Design Considerations For Data Center Facilities*", ASHRAE Winter Conference.
- \* MacCracken, 2004, "*Thermal Energy Storage In Sustainable Buildings*", ASHRAE Journal.
- \* Makina Mühendisleri Odası, 2008, "*Hastane İklimlendirme Tesisatı ve Denetim Esasları*", Ankara.
- \* NSAI Standard Recommendation S.R. 54, 2014, "*Code of Practice for The Energy Efficient Retrofit of Dwellings*", Ireland.
- \* PROWAT, 2008, "*Su Kaybının Azaltılması Stratejisi ve Uygulaması Kılavuzu, Temel Su Kaybı Kitabı*".
- \* Recknagel, 2010, "*Taschenbuch für Heizung und Klima Technik*", Oldenburg Verlag, München.
- \* Roaf, S., 2003, "*Ecohouse 2: A Design Guide*", Architectural Press, Oxford.
- \* Robbins, C. L., 1986, "*Daylighting Design and Analysis*", New York.
- \* Sağlık Bakanlığı, 2010, "*Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu*", Ankara.
- \* Schmidt, D. ve Kaiser, J., 2007, "*Binalarda yüksek performanslı soğutma- Sürdürülebilir Bina Merkezi- ZUB*", TTMD Dergisi.
- \* Seppanen O., Wargocki, P., 2006, "*Indoor Climate and Productivity in Offices*", Rehva Publication, Brussels.
- \* Sodha, M. S., Vd., 1985, "*Evaluation of an Earth-Air Tunnel System for Cooling/Heating of a Hospital Complex*", J. of Building Environment.
- \* Stein, B. vd., 1982, "*Mechanical and Electrical Equipments for Buildings*", John Wiley and Sons Co., USA.
- \* Stoecker, F. W. and Jones, W. J., 2006, "*Refrigeration and Air Conditioning*", Mc. Graw Hill Book Co., Singapore.
- \* Şener F., 2009, "Mimaride Gün Işığı Kullanımı ve Simülasyon Programlarında Gün Işığının Yeri", 4.Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu, Mersin, Türkiye.
- \* Toksoy, M., 1993, "*Isıl Konfor*", 1. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir.
- \* U.S. Department Of Energy: "*National Best Practices Manual For Building High Performance Schools*".
- \* U.S. Department Of Energy, 2011, "*Advanced Energy Retrofit Guide Practical Ways to Improve Energy Performance Office Buildings*".
- \* U.S. Department Of Energy, 2018, "*Advanced Energy Retrofit Guide for Practical Ways to Improve Energy Performance of Healthcare Facilities*".

- \* Wiggington, M., and Harris, J., 2002, "*Intelligent Skins*", Butterworth-Heinemann, Oxford.
- \* Wouters, P., 2006, "*Building Ventilation, The State of the Art*", Earthscan, London.
- \* Wulfinghoff, D. R., 199, "*Enerji Efficiency Manual*", Energy Institute Press.
- \* Yeang, K., 2012, "*Ekotasarım Ekolojik Tasarım Rehberi* (Çev. D. Eryıldız, S. Eryıldız). İstanbul: YEM Yayınları.
- \* Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2018, "*166 Adet Kamu Binasına Ait Enerji Verimliliği Etüt Çalışması Değerlendirme Sonuç Raporu*".
- \* Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2019, "*Kamu Binalarında Tasarruf Hedefi ve Uygulama Rehberi*".
- \* Yüksel, N., 2005, "*Günümüz Kurumlarında Yapısal Konfor Koşullarının Tespit Edilmesine Yönelik Bir Çalışma*", Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 10.
- \* [www.pub.gov.sg](http://www.pub.gov.sg), "*Water Efficient Building Design Guidebook*".
- \* [www.csb.gov.tr](http://www.csb.gov.tr)
- \* [www.myk.gov.tr](http://www.myk.gov.tr)
- \* [www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon\\_iller.aspx](http://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon_iller.aspx)
- \* [www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Yillik-Gunes-Radyasyonu.pdf](http://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/Turkiye-Yillik-Gunes-Radyasyonu.pdf)
- \* [www.designingbuildings.co.uk/wiki/Design\\_life](http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Design_life)
- \* [www.intellis.io/blog/how-to-decide-if-you-should-build-renovate-or-demolish-a-ging-buildings-and-infrastructure](http://www.intellis.io/blog/how-to-decide-if-you-should-build-renovate-or-demolish-a-ging-buildings-and-infrastructure)
- \* [www3.epa.gov/region1/airquality/voc.html](http://www3.epa.gov/region1/airquality/voc.html)
- \* [www.taek.gov.tr/ogrenci/bolum4\\_02.html](http://www.taek.gov.tr/ogrenci/bolum4_02.html)
- \* [www.hsa.ie/eng/Your\\_Industry/Chemical/Asbestos/](http://www.hsa.ie/eng/Your_Industry/Chemical/Asbestos/)
- \* [www.gunisigiyaydinlatma.com/Product/SkyboxShelf](http://www.gunisigiyaydinlatma.com/Product/SkyboxShelf)
- \* <https://happho.com/natural-ventilation-methods-house-constructions/>
- \* <https://happho.com/natural-ventilation-methods-house-constructions/>
- \* <https://l-s.com.au/portfolio/gallery-living/cross-ventilation/>
- \* <https://efficiencymatrix.com/the-evolution-of-heating-the-home/>
- \* [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Light\\_shelf](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Light_shelf)

## Ekler

Ekler rehberde geçtiği şekilde bölüm/alt bölümlere göre numaralandırılmıştır.

**Ek-4.1** - Betonarme ve Çelik Yapı İnceleme Formu Örneği

**Ek-4.4** - Yangın Sistemleri Kontrol Formu Örneği

**Ek-4.5A** - Kamu Yapıları Envanteri Bilgi Formu Örneği

**Ek-4.5B** - Bina Altyapı Kontrol Formu Örnekleri

**Ek-6.2.1** - Bina Kullanıcıları İçin Anket Formu Örneği

**Ek-7.1.1** - Yıkım, Söküm Kontrol Formu Örnekleri

**Ek-7.1.3.2** - Uçucu Organik Bileşenler (VOC) Ve Kirleticiler Kontrol Formu Örneği

**Ek-7.1.25A** - İnşaat Aşaması Atık Yönetimi Kontrol Formu Örneği

**Ek-7.1.25B** - Sıfır Atık Yönetim Kontrol Formu Örneği

**Ek-8.2** - Enerji Verimli Satın Alma Kontrol Formu Örneği

**Ek-8.4** - Hakediş Kontrol Formu Örneği

**Ek-8.5** - TAD Kontrol Formu Örnekleri

**Ek-9A** - Periyodik Bakım Tablosu Örneği

**Ek-9B** - Bakım Formu Örneği

**Ek-9C** - Makina Sicil Kartı Örneği

**Ek-9.5** - Personel Eğitim Programı Örneği

**Ek-10** - Vaka Örnekleri

### Notlar:

- Yukarıdaki ek numaraları rehberdeki ilgili bölümü göstermektedir.
- Ek-4.1, Ek-4.4, Ek-4.5A, Ek-4.5B, Ek-6.2.1, Ek-7.1.1, Ek-7.1.3.2, Ek-7.1.25A, Ek-7.1.25B, Ek-8.2, Ek-8.4, Ek-9A, Ek-9B, Ek-9C, Ek-9.5 bu çalışma kapsamında, çeşitli kaynaklardan yararlanılarak uzmanlar tarafından hazırlanmıştır.
- Ek-10 Uzmanların kendi çalışmalarından yararlanılarak oluşturulmuştur.
- Ek-8.5 TAD Kontrol formu Örnekleri; *ASHRAE Standard 0, 2005 "The Commissioning Process"* ve *ASHRAE Guideline, 2013. "HVAC&R Technical Requirements for the Commissioning Process"* adlı dokümanlardan yararlanılarak oluşturulmuştur.

Rehber ve Ek'lerde yer alan formların tamamına, rehberin arka kapağı içinde yer alan QR Kod ve <https://mesleki-hizmetler.csb.gov.tr/kamu-binolarinin-enerji-verimli-yenilemesine-yonelik-rehber-i-99595> web adresinden dijital olarak ulaşılabilir.

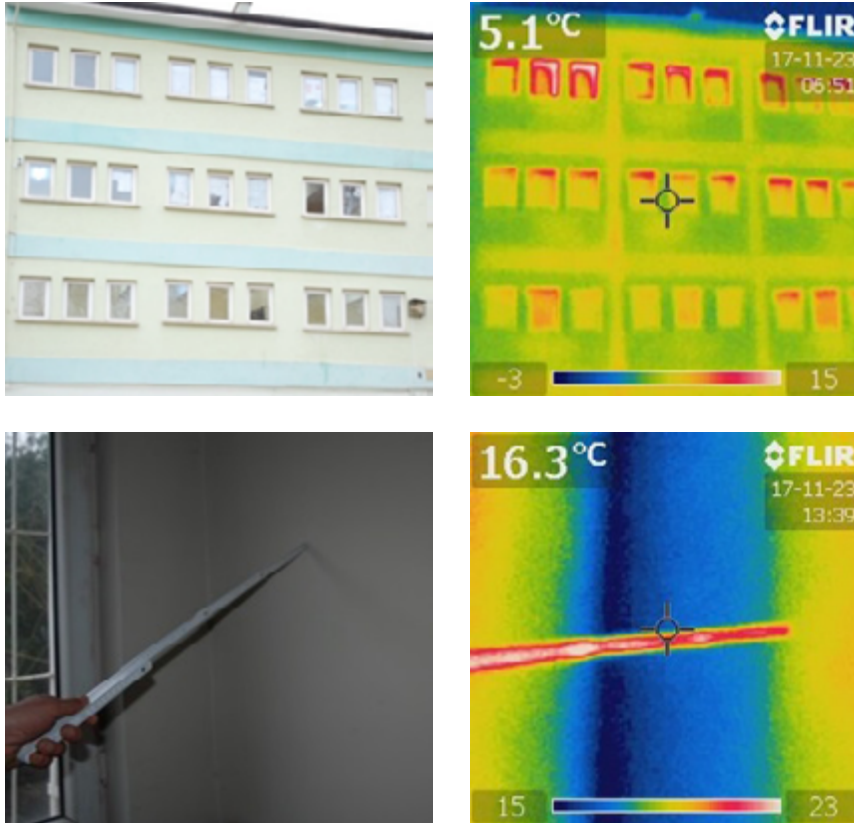
## Kamu Binalarının Enerji Verimli Tadilatına Yönelik Rehber

### Ek-10. Vaka Örnekleri

Burada yeni binalarda ve bina tadilatları uygulamaları için örnekler verilmiştir. Bu örnekler genel olup, binanın büyüklüğüne ve cinsine bağlı olarak binada bulunabilir, bulunmayabilir veya kısmen bulunabilir. Burada;

- Rehber içeriğinde açıklanan sistemlere olabildiğince örnek verilmesi,
- İyi uygulamalara örnekler verilmesi,
- Eksik veya hatalı uygulamalara örnekler verilmesi, amaçlanmıştır.

### V - 4.1 Deprem İnceleme ve Uygulama Örnekleri



Betonarme çerçeveyi içeriden gösteren özel termal kamera görüntüsü örnekleri



Deprem güçlendirme uygulama örnekleri



## V - 4.4 Binalarda Yangın Sistemleri Örnekleri



Uygun biçimde monte edilmiş yangın pompaları ve yangın kolektörü tesisatı örneği



Motorlu yangın damperi örneği



Yangın dolabı örneği



Yangın kontrol santralı örneği

## V - 7.1.2.2 Bina Çevresi ve Peyzaj Uygulama Örnekleri



Ağaçlandırılmış okul bahçesi örneği



Bina bahçesi peyzaj uygulama örnekleri



## V - 7.1.4 Bina Kabuğu Uygulama Örnekleri



Tarihi taş bina cephesi örneği. Cam/duvar oranları uygun. Dıştan ve içten gölgeleme (panjur) yapılmış. Bu tür binalarda ısı yalıtımı içten yapılmalıdır



Eski bir brüt beton bina cephesi örneği. Camlar içeri çekilerek ve dikeyde perdelerle gölgeleme etkisi yaratılmış. Brüt beton bir mimari akımı temsil ettiği için böylesi binalarda ısı yalıtımı içten yapılmalıdır (örneğin ODTÜ yerleşkesindeki eski binalar da bu türdendir).



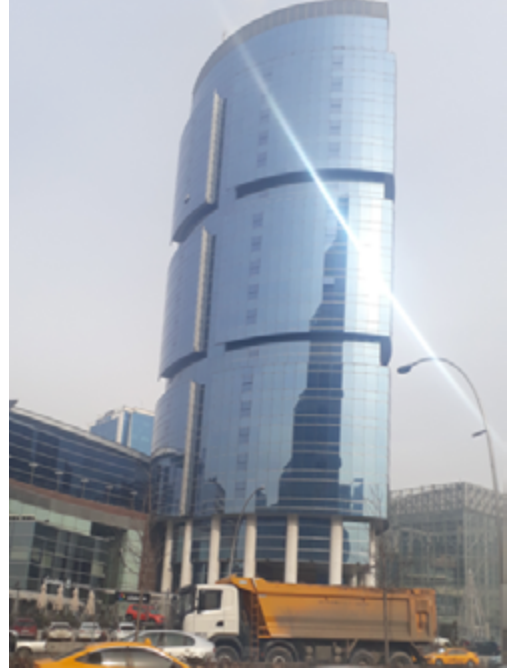
Çatı ışıklığı ile doğal aydınlatma ve evaporatif soğutma yapılmış 25000 m<sup>2</sup> bir mahâl örneği (hangarlar, spor salonları için uygun bir örnek).



Çatı ışıklığı örneği. Ancak burada güneş radyasyonu konusunda önlem alınmaması (gölgeleme olmaması), nedeniyle soğutma yükü yüksektir



Dıştan gölgeleme yapılmış bina örneği



Dıştan gölgeleme yapılmamış cam bina örnekleri  
(Isıtma ve soğutma yükleri yüksektir)



Uygun saydam/opak yüzeyli bina cephesi örneği



## V - 7.1.6 Binalarda Isı Yalıtım İnceleme ve Uygulama Örnekleri



Tipik eski bina ahşap çatı görüntüsü

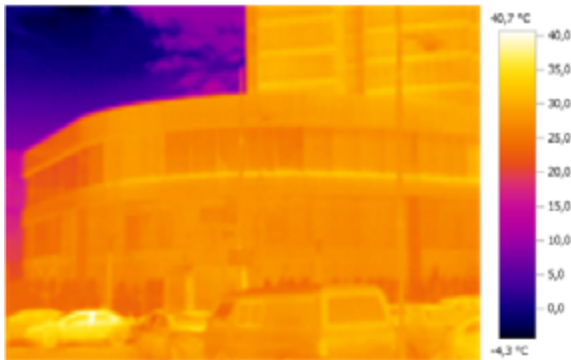
(Eski ve uygun olmayan uygulama örnekleri)



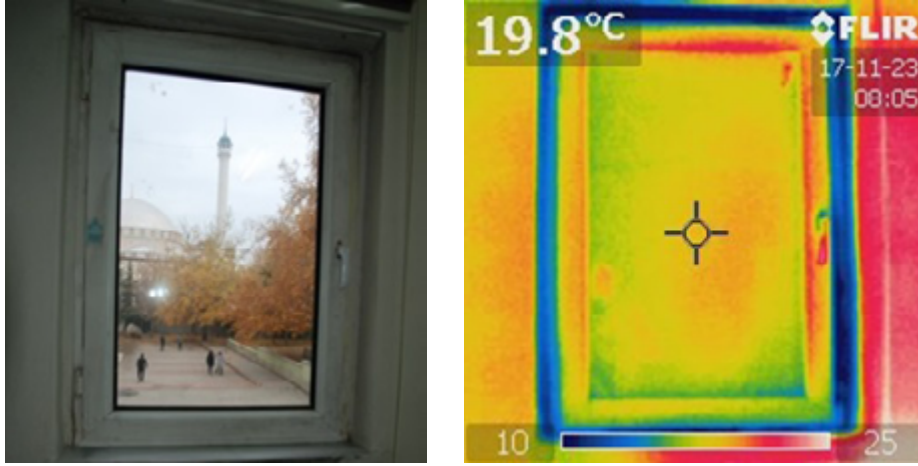
Çatı boşluğundaki üst kat yalıtımı



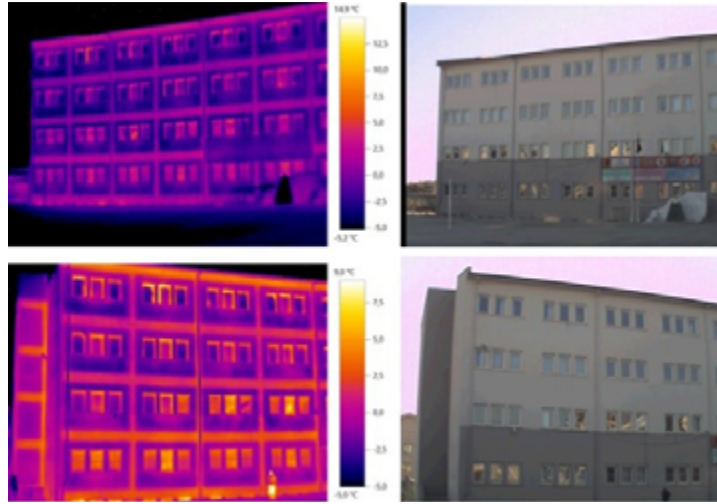
Kapılar açık veya tam kapanmıyor



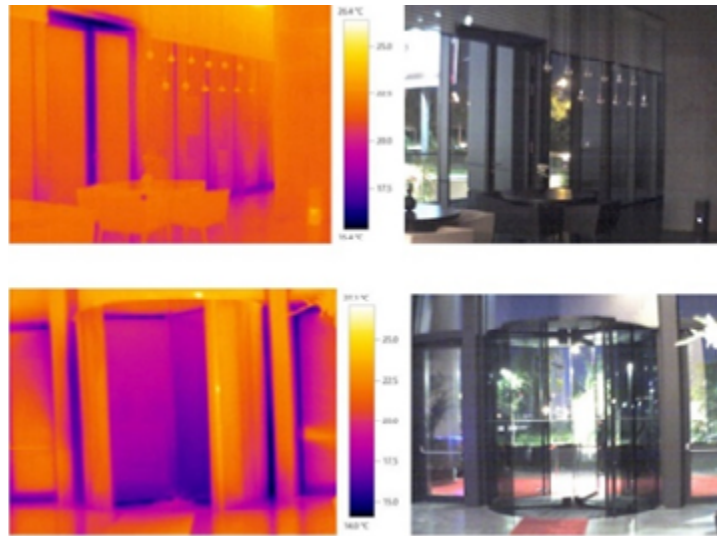
Şekildeki gibi gölgeleme de bulunmayan cam cepheler, yüksek ısı kaybı ve yüksek ısı kazancı nedeniyle enerji verimliliği açısından düşük performans göstermektedir.



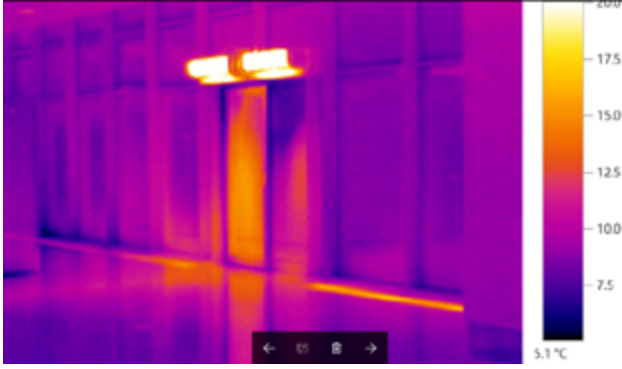
Pencere termal kamera görüntüsü (pencere kenarlarında ısı köprüleri ve hava sızıntısı)



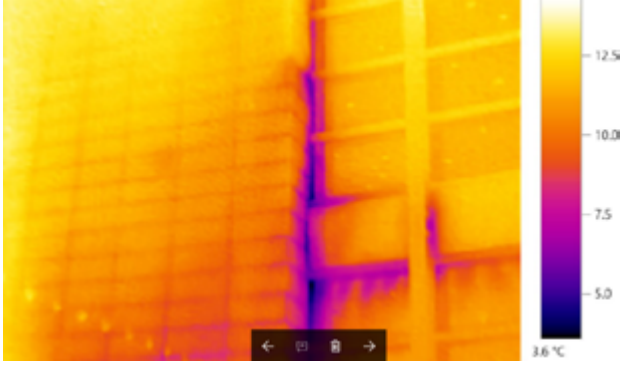
Isı izolasyonu olmayan eski bir binanın cephesinde termal görüntüler



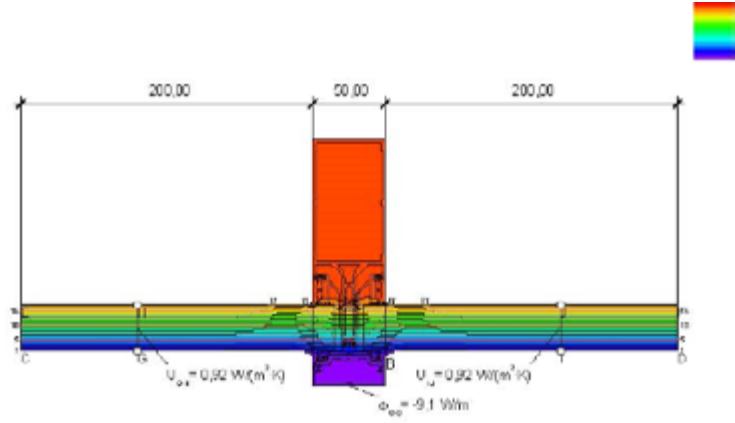
Yeni bir binada ısı köprüleri



Hava perdesinin olduğu yerler sıcak, diğer yerler soğuk, kapıda hava sızıntıları vardır



Camlarla duvarların birleştiği yerlerde ısı köprüleri



Yüksek performanslı üçlü cam ve ısı yalıtımlı doğrama örneği ve ısı performans hesaplama örneği.





Bir projede kullanılan doğrama örneği ve aynı doğramanın sahada uygulanmış durumu



150 mm taşyünü ile ısı yalıtımı yapılmış ve üçlü camlar, güneş elektrik sistemi, güneş sıcak su sistemi, ısı pompaları, pelet kazanı kullanılmış yüksek performanslı bina tadilatı örneği



Isı yalıtımı yapılmış ve üzeri saç kaplanmış, vana ceketi uygulanmış tesisat sistemi örneği

## V- 7.1.7 Binalarda Havalandırma Sistemleri Uygulama Örnekleri



Hava alanı, atrium gibi yüksek tavanlı salonlar için uygun havalandırma uygulamaları  
(Sadece insanların bulunduğu - occupied - zonun havalandırılması).



Laboratuvarlar, fotokopi odaları gibi yerlerde cihazlardan çıkan emisyonların doğrudan dışarı atılmasına örnekler.





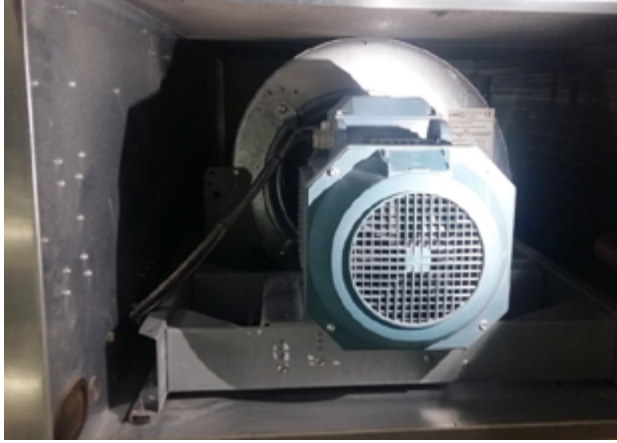
İnşaat esnasında havalandırma sisteminin tozdan korunmasına yönelik uygun bir örnek



Talep esaslı havalandırma için VAV kutusu örneği



Bir jeotermal havuz mekanı. Mekan doğal ışık alıyor, buna karşın yazın güneş radyasyonu söz konusu, havalandırma menfezleri uygun değil, çatıda yoğunlaşma var.



Klima santrali solda normal motorlu, sağda EC motorlu



Hava kanalı branşman alma örneği (uygun)



Uygun olmayan kanal tipi fan bağlantı örneği.

(Flexible bağlantı yok, redüksiyonlar kısa, türbülans nedeniyle verimsizliğe sebep olur)



Hatalı kanal bağlantısı (fleksible bağlantı yok, çıkış redüksiyonu uygun değil, enerji kaybına sebep olur).



Uygun olmayan kaide örneği



Uygun olmayan sensör yeri örneği (Dirsek üzerine değil, düz hat üzerine monte edilmeli)



Jet fan montaj hatası (ortadaki sabit bağlantı, iki yandaki yaylı bağlantının etkisini kaldırmış)





Klima santralleri ve hava kanalları bina terasına korumasız biçimde konulmuş.

(365 gün açıkta / yalıtımsız çalışan klima santrali yaz ve kış çalışmasında ciddi enerji kayıpları nedeniyle enerji verimliliği açısından doğru bir uygulama değildir. Üstünün kapatılması, harici şartlara uygun yalıtımlı klima santrali kullanılması gerekir).



Yanlış klima santrali uygulaması:

- a) Taze hava alışı ağız ile egzoz atışı pancuru birbirine çok yakın, kirli havanın taze hava tarafına emilme riski çok yüksek,
- b) Cihazlar çatıda ve kışın donma riski çok yüksek,
- c) Çatıda açık hava maruz olduğu için ısı kayıpları çok fazla olacaktır,
- d) Cihaz emişinde duman algılaması ve YİS'den santralin durdurulması için CO<sub>2</sub> sensörü konulmamış.



Yanlış klima santrali uygulaması:

- a) Santral yemekhane santralidir, atış kapalı garaja yapılmış. Garajda koku olacaktır,
- b) Motorlu yangın damperleri yoktur, yangın yönetmeliği açısından santralin garaja açık biçimde konulması mümkün değildir,
- c) Mahal gidiş kanalı cihaz bağlantı redüksiyonu ile sensörlerin bağlanma yeri uygun değildir.

#### Havalandırma Tesisatlarında Sık Yapılan Hatalara İlişkin Örnekler:

1. Konutlarda fırın üstü mutfak aspiratörlerini 100 mm'lik PVC boru ile bacaya veya dış havaya bağlamak yaygın bir uygulamadır. Çoğu zaman bu PVC boru ahşap mutfak dolapları içinden geçer. Halbuki aspiratörlerin filtreleri zamanında değiştirilmediği için hem filtre kağıdı, hem de PVC boruların içi yağ filmi ile kaplanır. Ocaktan yükselecek bir kıvılcım veya ocak üzerinde içinde yağ olan tavanın unutulması sonucu alev alması ile filtre kağıdının ve daha sonra da PVC borunun yanması ve mutfakta yangın çıkması sık karşılaşılan olaylardan biridir. Diğer yandan 100 mm'lik boru kullanılması yüksek hava hızları nedeniyle ses kaynağı oluşturmaktadır. Bu iki dezavantajı ortadan kaldırmak amacı ile mutfak aspiratörü bağlantılarında 125 mm veya 150 mm çapında metal boru kullanmak daha uygundur. Bu amaçla kullanılacak metal borunun esnek alüminyum boru yerine düz yüzeyli metal boru olması temizlik ve direnç açısından çok daha uygundur. Özellikle çok katlı yapılarda ciddi yangın riski oluşturan bu kötü alışkanlıklardan mutlaka vazgeçilmelidir.
2. Banyoların rutubete ve kokuya karşı havalandırılması şarttır. Doğal havalandırma yeterli olmamakta, oluşan rutubet aynaların bozulmasına, mantar oluşumuna neden olmakta ve banyodan kötü kokular yayılabilmektedir. Bunu önlemek üzere konulacak aspiratörler küvet üzerine monte edil melidir. Böylece buharın banyoya yayılmadan dışarı atılması mümkün olur. Aspiratör çıkışları en iyisi bir şönt bacaya bağlanmalıdır. Banyonun dış havaya açılan penceresi varsa, havalandırma şartının sağlandığı düşünülür. Oysa dış havanın soğuk olduğu günlerde, banyo yaparken cam açma alışkanlığı olmadığı için havalandırma gereklidir.
3. Akü odaları, ameliyathane gibi yerlerde havalandırması için paslanmaz çelik aspiratör ve kanal olarak ise PVC boru kullanılmalı, galvaniz sac kullanılmamalıdır.

4. Kapalı yüzme havuzları egzost kanalı ve egzost fanı paslanmaz malzemeden yapılmalıdır.
5. Teras katına yerleştirilmiş soğutma kuleleri varsa, katların egzost havası buraya üflenebilir. Böylece yazın soğutma kulesi etkenliği arttırılabilir.
6. Büro binalarında katların egzost havası çatı arasına verilirse, kışın çatı arası sıcaklığı yükselecek ve ısı ekonomisi sağlanacaktır. Benzer ekonomi yaz kliması için de geçerlidir. Ancak;
  - a. Çatı arası ile katlar arasının sızdırmaz kapı ile ayrılması gerekir.
  - b. Sadece büro hacimlerinde havalandırma yapılmalıdır.
7. Ofis, alışveriş merkezi vb. yapılardaki egzoz havaları kokusuz ve filtrenmemiş olmaları ve yangın önlemleri alınmak şartı ile kapalı garaj havalandırmasında kullanılabilir.
8. Mutfak, kafeterya gibi kokulu hacimlerin aspiratörleri ile emilen havayı taşıyan kanallarda negatif basınç olmalıdır. Eğer bu kanallarda (+) basınç olursa ve bu kanallar temiz hacimlerden geçerse koku sızması olabilir.
9. Hava kanallarında klapelerden sonra kontrol kapağı konulmalıdır.
10. Hava kanalı askıları mümkün olursa, yalıtım üzerinden yapılmalıdır.
11. Devamlı çalışan mutfak aspiratörleri müşterek olabilir. Ancak farklı zamanlarda kesintili çalışan aspiratörler bağımsız olmalıdır.
12. Çamaşırhanelerde, üzerinde davlumbaz olan ütülerde davlumbazda yoğunlaşma meydana gelmektedir. Yoğuşan su ise damlayıp çamaşırlarda leke oluşturur. Bu nedenle silindir ütü emişleri, silindir içinden yapılmalıdır.
13. Asansör makina daireleri yazın yükselen sıcaklığa karşı aspiratörlerle havalandırılmalıdır. Yazın dış hava sıcaklığının yüksek olduğu yerlerde ise, asansör makina dairelerinin tavanı izole edilmelidir. Bina da klima tesisatı varsa, büro hacimleri egzost havası kısmen asansör dairesine basılarak soğutma yapılır. Bu hava asansör dairesinden bir aspiratörle zorlanmış olarak veya dış hava panjurları ile doğal olarak dışarı atılır.
14. Havalandırma ve klima sistemlerinde hava kanalları montajı yapılırken, inşaat süresince açık kalacak olan menfez ağızları veya kanal uçları naylon ile kapatılarak, yapıştırıcı bantla dıştan sarılmalıdır. Aksi halde kanalların içerisine dolan tozlar fanların ilk çalışmasında bitmiş durumdaki binayı kirletecektir. Hatta kanal içinde kalacak bazı parçalar, hava hareketinde sürekli gürültü kaynağı oluşturmaktadırlar.
15. Asma tavanın dönüş havası plenumu olarak kullanılması halinde kanal maliyetlerinde önemli bir tasarruf sağlanır. Buna karşılık;
  - a. Bütün binada uygun hava dengelenmesi zorlaşır.
  - b. Çatlaklardan hava sızıntısı olur ve bu noktalarda kirlenmeye neden olur.
  - c. Emiş en yakın dönüş havası açıklandığından daha fazla hava emilerek hava dağılımını bozabilir ve sese neden olabilir.
  - d. Ofis alanları arasında ses geçişine neden olur.
16. Garaj havalandırma uygulamalarında, egzost gazlarının bazıları havadan ağır olduğu için, egzost kanalı ile yapılan emişlerin % 30'u galvaniz kanal eklenerek döşeme üzerinden yapılmalıdır.

## V- 7.1.8 Binalarda Isıtma/Soğutma Sistemleri Uygulama Örnekleri



Isı yalıtımlı ve üzeri saç kaplanmış, vana ceketli uygulanmış düzenli tesisat dairesi örnekleri.  
(Düzenli ve uygun tesisat sistem örnekleri).



Yalıtımlı ve düzenli bir kazan dairesi örneği

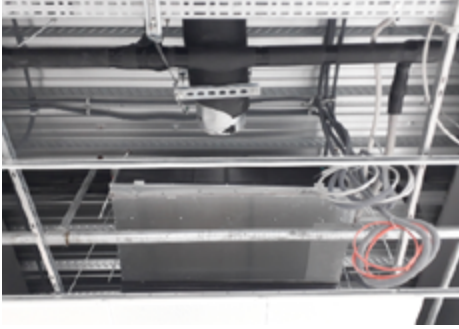




Su kaynaklı ısı pompası borulama örneği



Soğutma suyu ısı depolama örneği



Gizli tavan tipi fan coil örneği



Toprak kaynaklı ısı pompası uygulaması örneği





Hava kaynaklı ısı pompası uygulaması örneği



Çatıda hava kaynaklı soğutma grubu (chiller) örneği



Veri merkezleri (data center) soğutması için çatıda kuru soğutucu (dry cooler) örneği

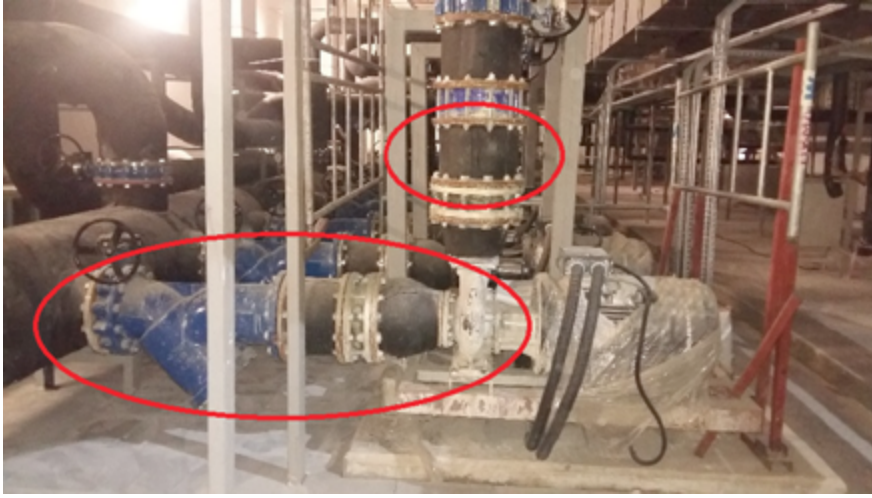


Tesisat sistemi yıkaması için torbalı filtre uygulaması örneği



Isıtma/soğutma devreleri yıkama (fluhing) sürecindeki su kalitesi örnekleri





Kompansatör doğru bağlanmış, ancak mavi renkli pislik tutucu zemine monte edilmeyip kompansatöre taşınmış.



Üst kollektör zemine monte edilmeyip, pompalara taşınmış  
(işletmede montaj ve demontaj için uygun değil)



Döşemeden ısıtma uygulaması (uygun)



Döşmeden ısıtma/soğutma sistemi kollektör uygulaması örneği



Döşmeden ısıtma/soğutma ana borulama devreleri örneği

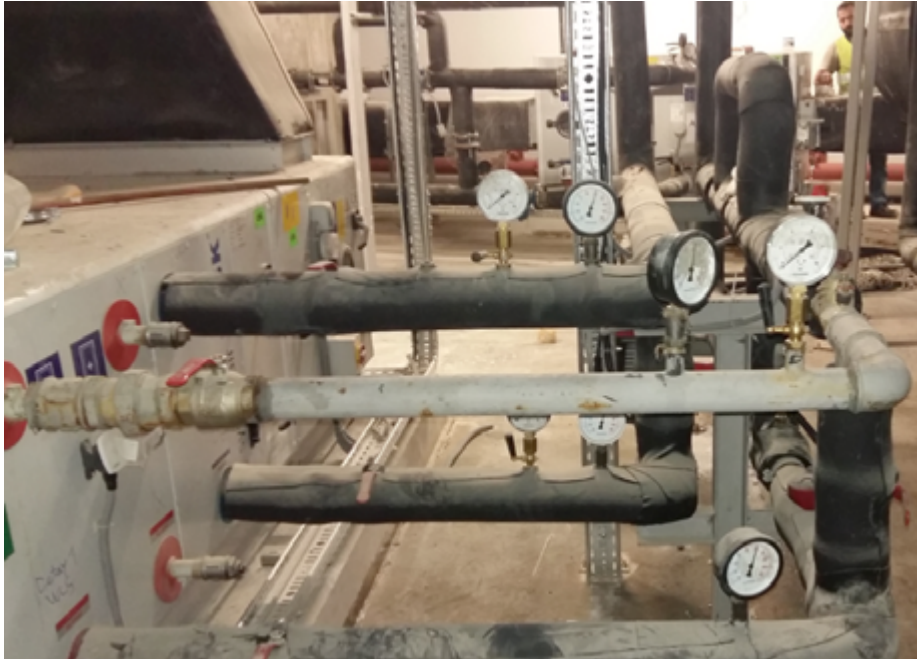


Pislik tutucunun kirlendiğini anlayabilmek için manometre bağlantısı örneği





Split klimalarla yapılmış verimsiz soğutma sistemi ilavesi örnekleri



Isı pompası, soğutma grubu boru bağlantı örneği



Uygun ve düzenli borulama tesisat örnekleri



Bağımsız bölümler için kalorimetre tesisatı örneği



Büyük çaplı kalorimetre örneği



Yanlış klima santral drenaj (yoğuşma) bağlantısı.

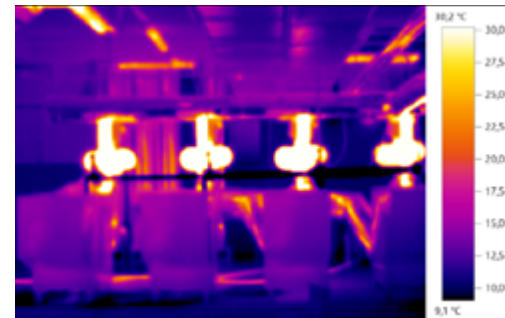
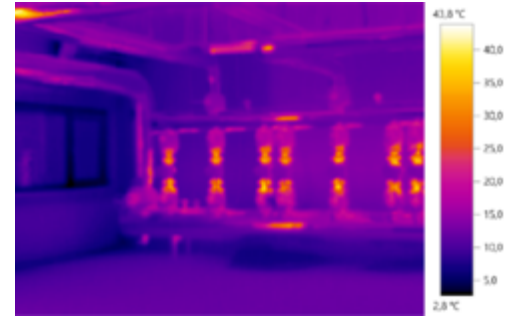
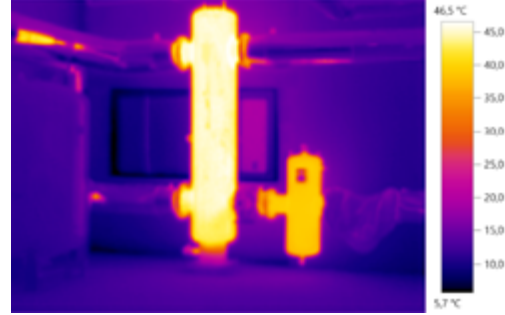


Galvaniz borulara kaynak uygun değil





Duvar boru geçişleri kapatılmamış (gürültü, ısı kaybı ve yangında duman yayılımına sebep olur)



Isı yalıtımı yapılmamış ekipmanlar



Pompada fark basınç manometresi yok



Pompalarda fark basınç manometresi var



Isıtma/soğutma tesisatlarında hava tüpü ve  
prüjörün birlikte uygulanması örnekleri



Isıtma/soğutma tesisatlarında termometre  
manometre, sıcaklık sensörü bağlantısı örnekleri

#### Isıtma/Soğutma Tesisatlarında Sık Yapılan Hatalara İlişkin Örnekler:

1. Bir ısıtma tesisatı projesini uygulamadan önce, tasarımcının hesaplarda belirttiği malzemelerin kullanıp kullanılmadığını (cins ve kalınlıkları ile), cam boyutlarında, hatta bina boyutlarında projeye göre farklılıkların olup olmadığını kontrol ediniz. Ayrıca projede gösterilen yönün uygulamada doğru olduğundan emin olunmalıdır. Özellikle bina kabuğu ısı yalıtımı kontrol edilmelidir.
2. İç hacimlerin ısı kaybı hesabında yön zammı alınmaz. Dış duvarı birden fazla olan odalarda en yüksek olan yön zammı alınır.
3. Dış hava sıcaklığına göre kazan suyu sıcaklığını ayarlayan otomatik kontrol sistemine sahip üflemleri brülörlü doğalgaz kazanlarında, iyi havalarda düşük su dönüş sıcaklığına bağlı olarak kazanda yoğunlaşma oluşmaktadır. Bunun önüne geçmek üzere ısıtma kapasitesi 100 kW'dan büyük kazanlarda sisteme bir şönt pompa ilave edilmelidir. Seçilecek pompa debisi, sıcaklık farkı en fazla 30°C olacak şekilde ve pompa en az 2mSS. olacak şekilde belirlenir.
4. Kapalı genişleme depolarında su ile gazı ayıran membran bile olsa, bu membran difüzyonla gazı geçirebilmektedir bu nedenle kapalı genişleme depolarında azot gibi nötr bir gaz kullanılmalıdır.



Hava kullanıldığında suya difüzyonla geçen oksijen sistemde korozyona neden olur. Kapalı genleşme depolu sistemlerde, tesisat su ile doldurulmadan önce genleşme deposunun gaz basıncı sistemin statik basıncına eşitlenmelidir. Genellikle bu işlem yapılmadığı için ısıtma tesisatında su ısınınca emniyet ventili dışarıya su atmakta, genleşme deposu ise düşük kapasite ile çalışmaktadır.

5. Doğalgaz kullanılan ısıtma tesisatlarında, kazan olarak atmosferik brülörlü kazan seçilmesi tavsiye edilir. Bu kazanlar sessiz olmaları, ekonomik olmaları, bacada yoğunlaşma problemlerinin en az olması, bakım gerektirmemesi gibi üstün özelliklere sahiptir. Doğalgazda üflemlili brülörler ancak büyük kapasitelerde tercih edilmelidir.
6. Banyo ve mutfak gibi hacimlerde mimari projede radyatörü monte edecek yer bırakılmış ise, radyatör yukarı asılır. Bu durumda ısı yukarıda toplanacağı için bir kayıp söz konusudur. Pratikte bu radyatörlerin kapasitesi % 10-15 arttırılmalı, panel tipi radyatörler ızgara alt yüzeyde olacak şekilde (aşağıdan görüleceği için) monte edilmelidir. Veya yoğunlaşma konusu enerji modelleme programları ile kontrol edilmelidir.
7. Cam yüzeyde saatteki ısı kaybı bir metre uzunluktaki yüzeyde (cam+du-var toplam ısı kaybı) 450 Watt/m (387 kcal/m) değerini geçiyorsa, cam altına ısıtıcı serpantin, radyatör vb. ısıtıcı monte edilmelidir. Örneğin yüksekliği 2.7 m olan çift camlı bir yüzey için Antalya'da cam önü ısıtması zorunlu olmadığı halde, Erzurum'da mutlaka cam önünden ısıtma yapılmalıdır.
8. Isı kaybı az olan hacimlerde, radyatör miktarı 2 dilimden az hesaplanmış ise bu hacimlere radyatör koymayıp, ısı kaybını komşu hacimlere eklenebilir.
9. Yüksek performanslı bina kabuğu ısı yalıtımı yapılmış binalarda radyatör ihtiyacı çok azaldığı için, cam önüne monte edilen klasik tip radyatörlerin boyları cam uzunluğuna göre çok az yer kaplamaktadır. Isının cam altından daha yaygın dağıtılması konforu arttıracığından klasik 6 ve 4 kolonlu döküm radyatör yerine 2 veya 3 kolonlu döküm radyatörler kullanılmalıdır.
10. Isıtma tesisatı borularında (soğutma tesisatları için de geçerlidir) basınç kaybı hesaplanırken;
  - a. Kritik devre veya devrelerde en düşük hızlar alınmalıdır.
  - b. Kritik devre şemasından ayrılan her ısıtma kolonunun basınç kaybı, kritik devre ile eşit olacak şekilde hesaplanmalıdır. (Daha yüksek hız seçip, direnci artırmak daha küçük çaplı boru seçerek sağlanabilir).
11. Bölge ısıtmasında (çok sayıda binanın bir merkezden ısıtılması halinde) tesisat "eşit direnç yöntemi" ile yapılmalıdır. Yani ısıtma kazanından gidiş borusu tüm binalara dağıtım yapılmalı, dönüş borusu ise birinci binadan toplamaya başlayıp, son binanın dönüşünü aldıktan son.u kazan daireesine dönmelidir. Sonuçta birinci binanın gidiş borusu uzun, dönüş borusu kısa olacaktır. Tüm binaların gidiş dönüş borularının toplam uzunluğu ve direnci eşit olacaktır.
12. Tek kazanlı sistemde ısıtma kazanının giriş ve çıkışına vana monte edilmemelidir. Çok kazanlı sistemlerde ise gidiş vanasını kolektör üzerine monte edilmelidir. Çünkü kazan üzerine vana monte edildiğinde, vana salmastrasından sızabilecek su, kazan yalıtımını batıracaktır.
13. Dirençleri farklı ısıtıcılar aynı sistemde yer alıyorsa, farklı basınçta sirkülasyon pompaları kullanarak ayrı zonlar oluşturulmalıdır. Aynı sistemde hem döküm radyatör hem de panel radyatör kullanılırsa, su direnci az olduğu için döküm radyatörlerden daha çok geçecektir. Sonuçta panel radyatörün verimi azalacaktır. Benzer şekilde fan coil ve radyatör aynı sisteme monte edilirse, pompalarının ayrı ayrı seçilerek iki ayrı zon yapılması daha uygundur.
14. Isıtma tesisatında düşey kolonlara monte edilen kosva vanaların şi-ber vanadan farklarından biri de; vanayı kapatınca yukarıdaki suyu boşaltabilmesidir. Montajda boşaltma vanasının üstte

olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca havalık borusu üzerine de şiber vana yerine 1/2" kosva vana monte edilmeli, boşaltma ağzı aşağıda olmalıdır. Havalık borusundaki kosva vana kapatılıp, boşaltma ağzı açılmazsa veya şiber vana kullanılırsa, sistem üstten hava almayacağı için kolondaki su tam boşalmaz.

15. Emniyet ventili suyu atarken etraftaki yalıtımları bozmasın, b. Kaçıran emniyet ventiline kör tampa takma saçmalığını yaptırmayalım. Otomatik pürjörlerin üstteki tapasını gevşetiniz, (sıkı durumdayken hava atma görevini yapmayabilir).
16. Kızgın su tesisatında tüm boşaltmalara çift vana monte edilmelidir. (Sistemin basınç dengesinin korunması için).
17. Termostatik radyatör ve valfleri mutlaka kullanılmalıdır. Türkiye’de ısıtma mevsiminde güneşli gün sayısı oldukça fazladır. Isı ekonomisi ve konfor sağlanacaktır.
18. Isıtma tesisatında 2440 normdaki siyah borular yerine API normuna uygun doğalgaz borularının kullanılması önerilir. Bu boruları buhar ve kızgın su devrelerinde de (10 bar basınca kadar) rahatlıkla kullanılabilir.
19. Hidrometre ve manometreden önce mutlaka bir vana (manometremusluğu) monte edilmelidir.
20. Isıtma tesisatında ve özellikle sıhhi tesisatta kalitesi sınırlı, ucuz fittings kullanmanın bedeli çok pahalıya mal olmaktadır. Son dönemde doğu bloku ve Uzakdoğu malı kalitesiz fittings ithali yapılmış ve bu fittingslerdeki sorunlar binalarda daha sonra oluşan kaçaklar nedeniyle ciddi hasarlar yaratmıştır. Boru ve boru montajı malzemesinin her zaman en iyisini kullanmak işletmede daha ekonomik olacaktır.
21. Sirkülasyon pompalarını eski alışkanlıklarımızdan vazgeçerek gidişe yerleştirmek gerekir. Sistemin hava yapmadan rahatça çalışabilmesi için bu şarttır. Ayrıca üst katların ısınmama probleminin nedenlerinden biri ortadan kalkacaktır.
22. Elektrik motorları (Pompa vb.) için termik koruyucu seçerken, termik orta noktası cihazın çektiği akım mertebesinde olmalıdır. Termik koruyucular orta noktada ideal çalışır. Başlangıç ve son değerleri çok hassas olmayabilir. Benzer not presostatlar (Basınç şalterleri) için de geçerlidir.
23. Isıtma tesisatın sirkülasyon pompaları kat ısıtmaları dışında genellikle yedekli seçilir. Ayrıca pompaların gidiş-dönüş kollektörleri arasında by-pass borusu ve vanası yapılır. Kömürlü kazanlarda elektrik kesildiğinde pompa duracak, kazandaki su ısınmaya devam edecektir. Bu durumda by-pass vanası açılarak doğal sirkülasyon ile bina kısmen ısıtılabilir, kazandaki sıcaklık yükselmesi önlenir. By-pass vanası yalnız kömürlü sistemlerde kullanılmalıdır. Sıvı ve gaz yakıtlı kazanlarda by-pass borusu ve vanası kullanmak gereksizdir.
24. Kapalı genleşme depolu sistemlerde presostat kullanılması yararlıdır. Sistemde basınç yükselmesi olursa (ısıyan suyun genleşmesi nedeniyle) presostat brülörü durduracak, sistem güvenliğini sağlayacaktır.
25. Kömür kazanlarında su sıcaklığı 90°C’ye ulaştığında kazan termostatu bir uyarı zilini (veya daha ciddi bir alarmı) çalıştırmalı, kazan hava giriş kapakları kapatılmalıdır.
26. Kazan dairelerinde binanın diğer katlarına ait aspiratör klima santrali gibi cihazların olmaması daha iyidir. Vakum etkisi yapıp, kazan çekişini etkiler ve brülör arızası oluşturabilir.
27. Kazan dairelerini fayans kaplamak lüks gibi görünse de pratik yararlar sağlamaktadır. (Servis kalitesinin artması, yöneticilerin, kazan dairesiyle ilgilenmeleri gibi.) Ancak ısıtma kazanı, pompa vb. cihazların beton kaidelerinin üstü kesinlikle fayans, seramik gibi malzeme ile kaplanmamalıdır (Beton daha sağlam zemin oluşturur).
28. Soğutma tesisatlarında da benzer hususlar geçerlidir.

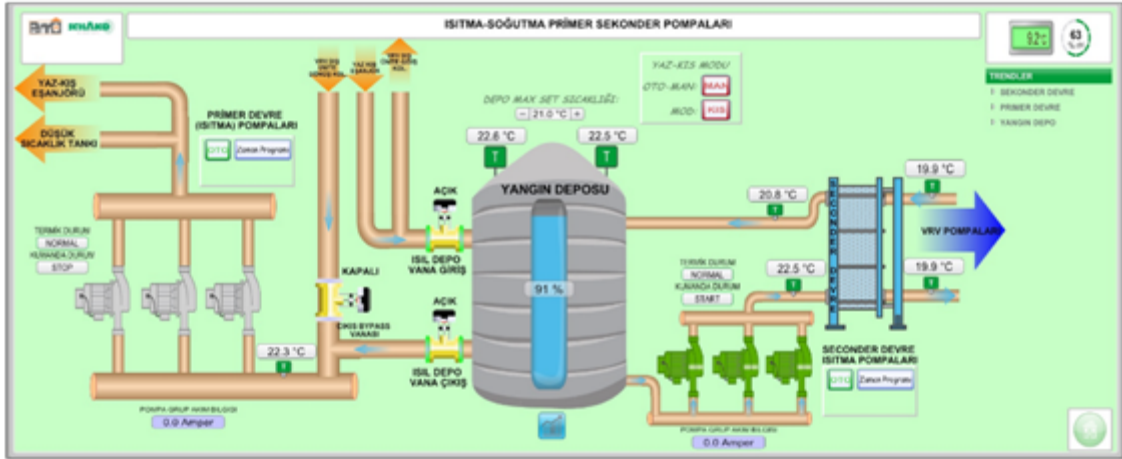
## V- 7.1.11 Binalarda Güneş Kollektörleri ve Isıl Depolama Uygulama Örnekleri



Güneş sıcak su kolektörü örneği. Düz çatıya monte edilmiş

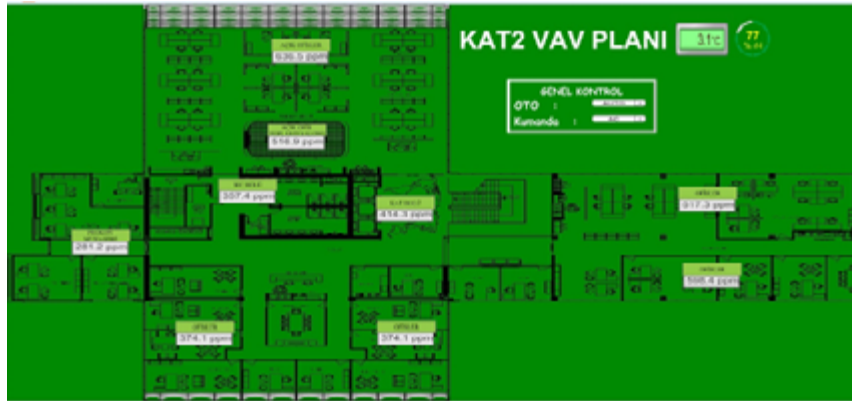


Güneş hava kolektörü uygulama örneği

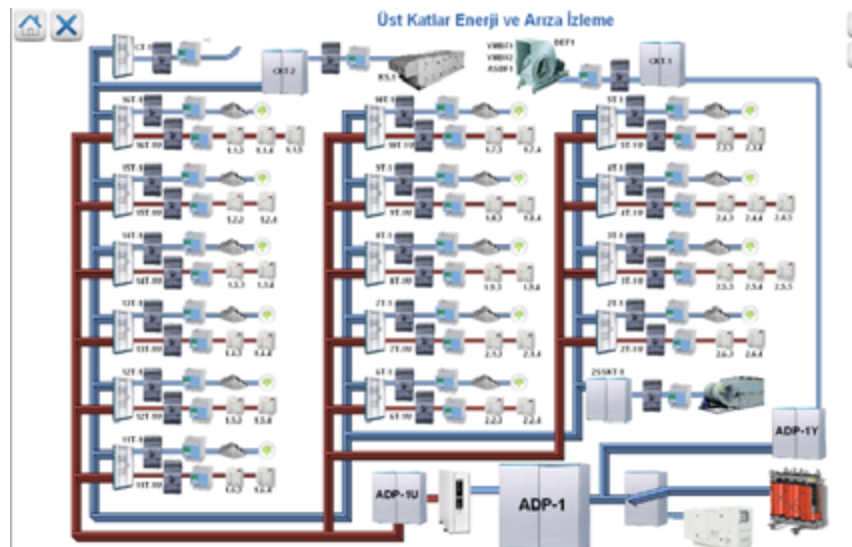


Yangın deposunun aynı zamanda ısı pompası için ısıl depo olarak kullanım örneği

## V - 7.1.13 Binalarda Otomasyon Sistemleri Uygulama Örnekleri

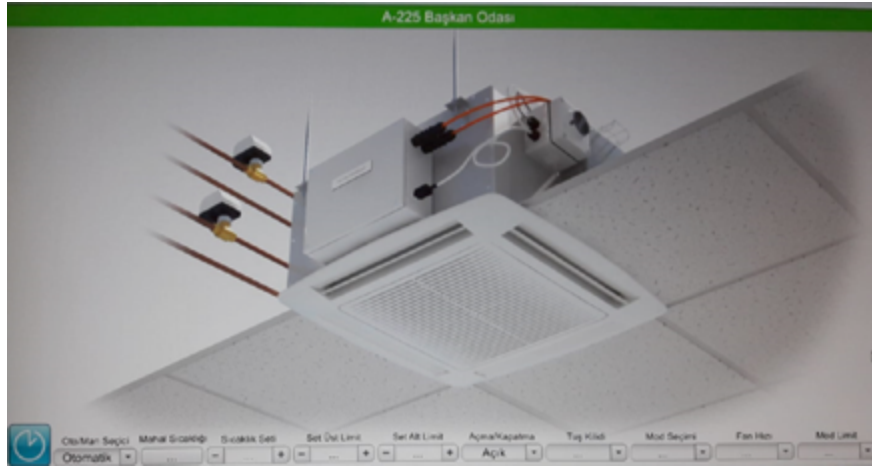


İç hava kalitesinin otomasyondan izlenmesi örneği

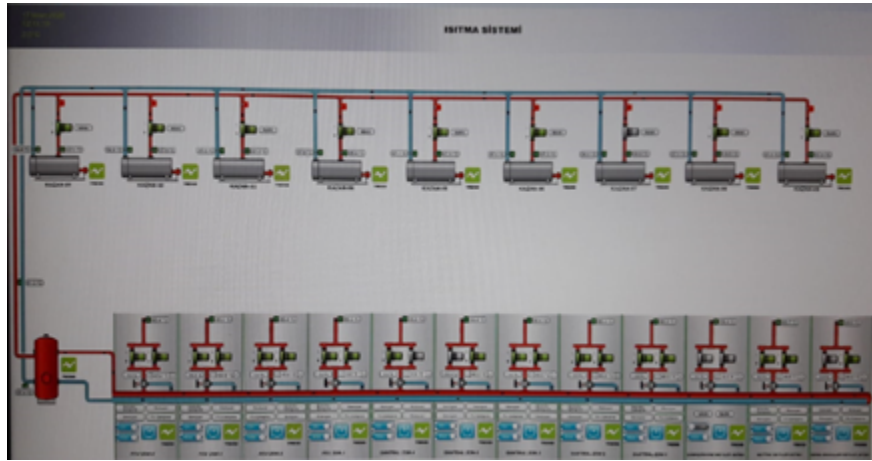


Uygun biçimde düzenlenmiş arıza izleme sayfası örneği

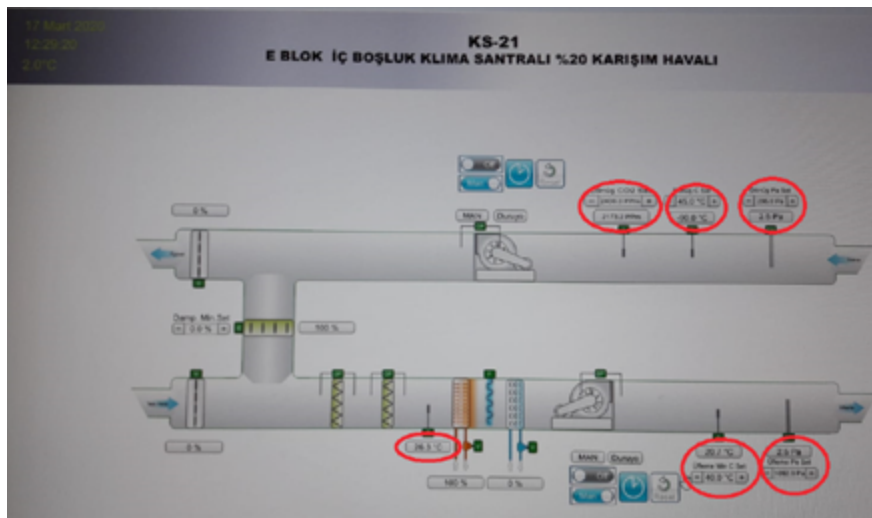




Fan coil otomasyon bağlantıları örneği



Uygun olmayan ısıtma tesisatı : a) Çok sayıda kazan Thicelman devresi yapılmadan birbirine bağlanmış, b) Çok sayıda zon ısıtma pompası balans vanası olmadan aynı kollektöre bağlanmış, c) Pompaların frekans invertörleri (VSD) için basınç sensörü veya fark basınç uygulaması yapılmamış.



Sensörleri kontrol edilmemiş, senaryosu oluşturulmadan bırakılmış bir klima santral otomasyon sistemi örneği.

## V - 7.1.15 Binalarda Sıhhi Tesisat Sistemleri Uygulama Örnekleri



Su arıtma sistemi örneği



İçme suyu ultraviyole cihazı örneği



Soğutma kulesi su dozajlama ünitesi örneği



Gri su sistemi örneği

## V- 7.1.16 Binalarda Elektrik Sistemleri Uygulama Örnekleri



Uygun elektrik panosu örneği



Uygun otomasyon panosu örneği

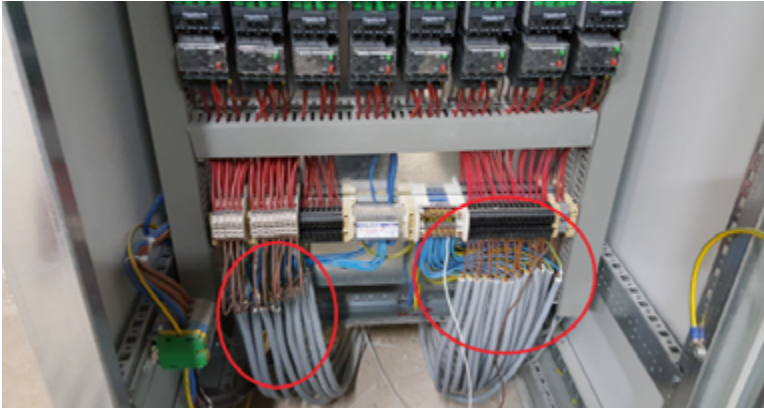
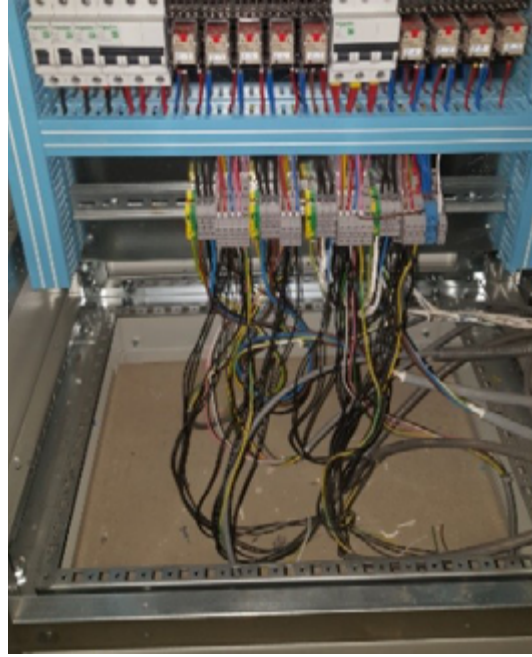
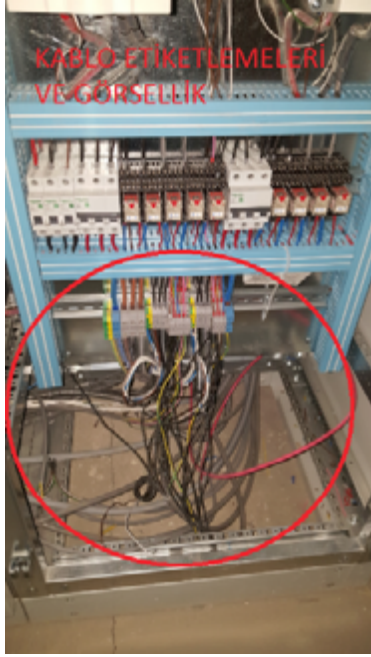


Uygun kablo montaj örneği

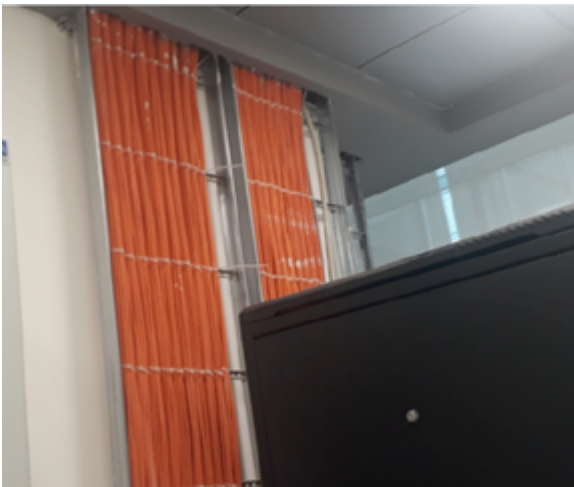


Pompalar ve fanlar için frekans  
invertörü panosu örneği.





Uygun olmayan pano kablolama örnekleri



Sismik askısı yapılmış, düzgün kablolama reglajı yapılmış pano örneği

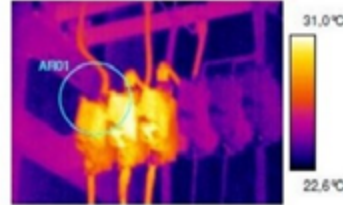
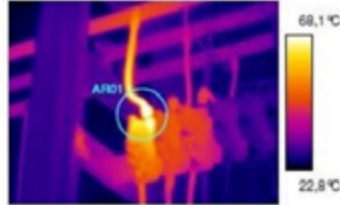


Zayıf akım kablolarına tava yapılmamış



Zemine yanlış döşenmiş kablolar

DONATI	YER	Rapor Tarihi
NH SİGORTA KABLO BAĞLANTISI	BLOK KLİMA	22/05/2007



IR information	Value
Date of creation	15.05.2007
Time of creation	14:09:19
Object parameter	Value
Emissivity	0,96
Object distance	2,0 m
Ambient temperature	20,0 °C
Label	Value
IR : max	88,7 °C
IR : min	22,7 °C

Label	Value
AR01 : max	88,7 °C
AR01 : min	23,2 °C

IR information	Value
Date of creation	22.05.2007
Time of creation	11:28:14
Object parameter	Value
Emissivity	0,96
Object distance	2,0 m
Ambient temperature	20,0 °C
Label	Value
IR : max	30,5 °C
IR : min	23,2 °C

Label	Value
AR01 : max	30,4 °C
AR01 : min	23,7 °C

Bir elektrik panosunda termal kamera çekimleri.  
(Isınma sonucu oluşan verimsizlik ve olası bir arıza / yangın önlenbilir).



## V – 7.1.18 Binalarda Kojenerasyon/Trijenerasyon Uygulama Örnekleri



Paket tip kojen ünitesi örneği



Absorbisyonlu soğutma grubu (chiller) örneği

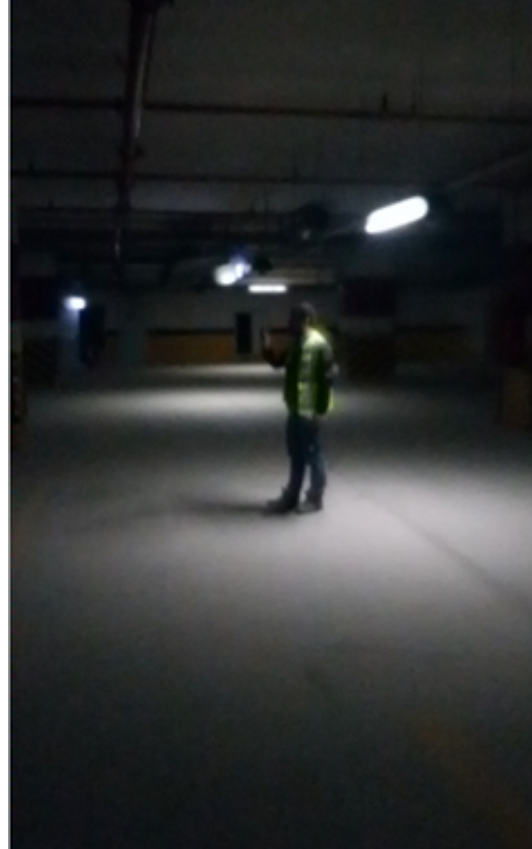


Yanlış işletme sonucu kullanılamaz hale gelmiş 1500 kW soğutma kapasitesinde yeni bir absorpsiyonlu soğutma grubu örneği.

## V-8.5 Binalarda Test Ayar Dengeleme (TAD) Uygulama Örnekleri



Yangın dedektörü ve adresleme testleri örneği



Acil aydınlatma lüks değeri ölçümü





Normal aydınlatma lüks ölçümü



Prizlerde elektriksel ölçüm örneği



Panolarda elektriksel ölçüm örneği



Yangın merdiven basınçlandırma  
menfezinde hız ölçümü örneği.



Yangın merdiven basınçlandırmasında  
kapı kesitinde hız ölçümü örneği.

225	Sprinkler Yangın Alarmları / Sprinkler Fire Alarms
226	Duman Dedektörleri / Smoke Detectors
227	Isı Dedektörleri / Heat Detectors
228	El Butonları / Manual Fire Alarm Boxes
229	Sprinkler Keeme Vanaları / Sprinkler Shut-Off Valves
230	Yangın Suyu Deposu Düşük Seviye / Fire Tank Low Water Level
231	Yangın Pompası Enerji Kesintisi Hatası / Fire Pump Power Failure
232	Yangın Pompası Faz Hatası / Fire Pump Phase Reversal
233	Yangın Pompası Genel Hata / Fire Pump General Fault
234	Yangın Pompası Faz Sıra Hatası / Fire Pump Phase Number Fault
235	Jockey Pompa Enerji Kesintisi Hatası / Fire Pump Jockey Pump Power Failure

Symbols & Nomenclature :	
✓	Çalışır (Teydi Alarmda) / Start (On Confirmed Alarm)
✓	Çalışır (Hata) / Start (On Trouble)
X	Durur / Stop
⬆	Açılır / Open
⬇	Kapanır / Close
⬆	Enerji Açılır / Open Energized
⬇	Enerji Kapanır / Close Energized
⬆	Enerjisiz Açılır / Open De-energized
⬇	Enerjisiz Kapanır / Close De-energized
✓	Zemin Kata İner ve Durur / Travel Down to Ground Floor and Stop
✓	2. Kat İner ve Durur / Travel 1st Floor and Stop
⬆	Mevcut Konumunu Korur (Olay Öncesindeki Konumunu Sürdürür) / Preserve Current Location
-	İlgili Değil / Not Related

Yangın matrisi kontrolleri örneği.



Yangın merdiveninde basınç farkı ölçümü.



Otopark jet fan ve egzoz fanları duman testleri örneği.



Kullanım sıcak suyu su sıcaklığı ölçümü





Pitot tüpü ile klima santrali  
hava debisi ölçümü örneği.



Klima santrali fanı basınç  
ölçümü örneği.



Yangın dolabı testi örneği



Sprinkler testi örneği



### Kapı sızdırmazlık (BlowerDoor) testi örneği

[illegible]

**4320**

**FOLDER/VYASAM**

**Doğal gaz**

**Ölçüm**

1	71.8 °C Tb
2	7.43 % CO <sub>2</sub>
3	2.5 % qAnet
4	1.62 % λ
5	8.0 % O <sub>2</sub>
6	0 ppm CO
7	0 ppm uCO
8	97.5 % Vrm Net

Seçenekler

Pana

Pana

### Bacagazı ölçümü örnekleri

İŞİN ADI:										SİSTEM ADI: KLİMA SANTRALLARI FANLARI									
Fanın Adı	Etiket Değerleri						Ölçüm ve Hesaplanan Değerler												
	Debi (m <sup>3</sup> /h)	Basınç (mmSS)	I (A)	T (°C)	Fan verimi (%)	Motor		Debi (m <sup>3</sup> /h)	Basınç (mmSS)	n (d/d)	T (°C)	Akım (A)	Voltaaj (V)	Hidr. Güç	N <sub>elektrik</sub> (kW)	Fan verimi (%)	Enerji kayıpı (kW)	Yıllık Çalışma (h/yıl)	Parasal Kayıp (TL)
						Güç (kW)	n (d/d)												
KS-1 Ventilator	35000	177	57		81	30	1500	17420	104		32	31,5	380	4,9	18,0	27,4	9,7	2300	4451
KS-1 Aspiratör	25000	107	22,5		81	11	1500	17080	79		24	20	380	3,7	11,5	32,1	5,6	2300	2577
KS-2 Ventilator	15000	192	30,5		81	15	1450	17500	143		19	19,5	380	6,7	11,2	60,3	2,3	2300	1061
KS-2 Aspiratör	12000	129	15,4		81	7,5	1450	17100	133		24	13,3	380	6,2	7,6	81,3	0,0	2300	-12
KS-3 Ventilator	19500	195	38		81	18,5	1450	17320	157		19	28	380	7,4	16,0	46,2	5,6	2300	2567
KS-3 Aspiratör	14500	125	22,6		81	11	1450	2950	136		22	11	380	1,1	6,3	17,3	4,0	2300	1844
KS-4 Ventilator	11500	179	22,6		81	11	1450	17480	137		16	16	380	6,5	9,2	71,2	0,9	1000	180
KS-4 Aspiratör	11000	127	15		81	7,5	1450	9790	89		23	11	380	2,4	6,3	37,7	2,7	1000	546
KS-5 Ventilator	17000	154	22,5		81	11	1450	17750	95		22	18,5	380	4,6	10,6	43,4	4,0	1000	798
KS-5 Aspiratör																			
KS-6 Ventilator	8000	144	11,3		81	5,5	1445	10550	88		22	9,5	380	2,5	5,4	46,5	1,9	500	188
KS-6 Aspiratör																			
TOPLAM																			7172

Klima santralleri özellikleri aşağıdaki gibidir.

(KS-1) : 2.-12. KATLAR PRİMER HAVALANDIRMA SANTRALI (%100 DH, IGK, FR İNV., NEMLEND).

(KS-2) : 1 KAT GENEL MAHALLER PRİMER HAVALANDIRMA SANTRALI (%100 DH, IGK, FR İNV., NEMLEND).

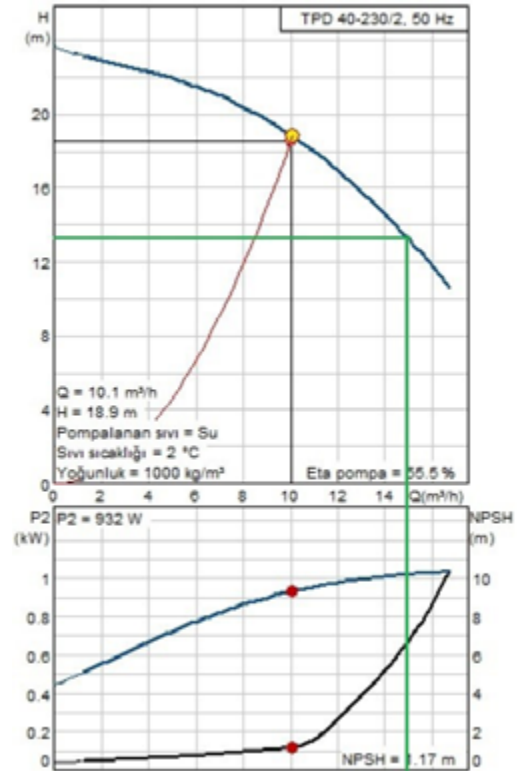
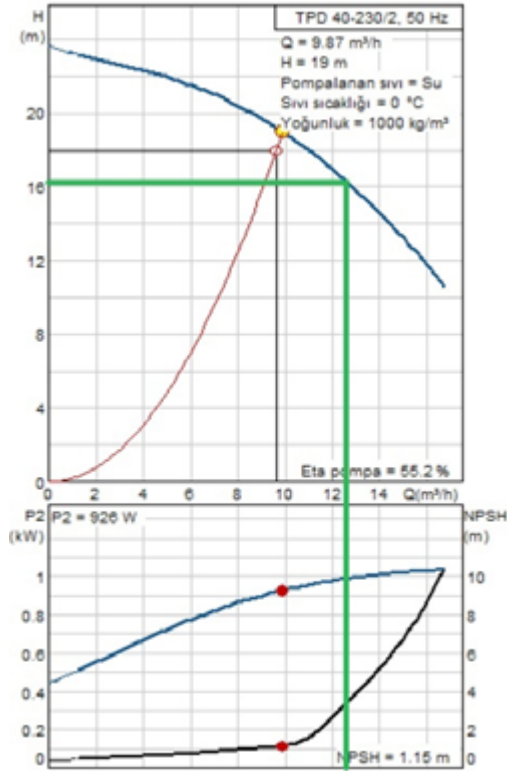
(KS-3) : 1B VE ZEMİN KATLAR PRİMER HAVALANDIRMA SANTRALI (%100 DH, IGK, FR İNV., NEMLEND).

(KS-4) : 1B KONF. SALONU PRİMER HAVALANDIRMA SANTRALI (%100 DH, IGK, FR İNV., NEMLEND).

(KS-5) : 1B RESTORAN PRİMER HAVALANDIRMA SANTRALI (%100 DH, IGK, FR İNV., NEMLEND).

(KS-6) : 1B FITNESS PRİMER HAVALANDIRMA SANTRALI (%100 DH, IGK, FR İNV., NEMLEND).

Klima santralleri fanları debi, basınç, elektriksel güç ölçümleri ve verimlilik hesapları özet tablosu örneği.



Pompalarda saha performans ölçüm örnekleri

PANO ÖLÇÜM FORMU															
ÖLÇÜM DEĞERLERİ														PANOLAR	
NO	PROJE ADI	BLOK ADI	KAT ADI	PANO ADI	L1-L2 (VAC)	L1-L3 (VAC)	L2-L3 (VAC)	L-N (VAC)	L-PE (VAC)	PE-N (VAC)	L-N (HZ)	K.AKIM AÇMA S. (MS)	K.AKIM AMPER (MA)	TOPRAKLAMA ÖLÇÜMÜ (OHM)	İZALASYON ÖLÇÜMÜ (MOHM)
1	ATG	10,25	1. KAT	1İT-8	390	390	391	228	224	0,9	50	9	24	-	500
2	ATG	10,25	1. KAT	1İT-7	390	389	390	225	225	0,2	50	10	27	-	500
3	ATG	3. BLOK	ÇATI	51T-4	389	389	390	220	226	0,9	50	-	-	-	500
4	ATG	3. BLOK	ÇATI	5KT-8	390	391	392	225	225	0,6	50	-	-	-	-
5	ATG	3. BLOK	ÇATI	5KT-6Y	391	392	391	226	226	0,9	50	-	-	-	-
6	ATG	3. BLOK	ÇATI	5KT7	393	392	395	217	225	0,4	50	-	-	-	-
7	ATG	3. BLOK	ÇATI	5KT-6	390	391	392	228	226	0,3	50	-	-	-	500
8	ATG	3. BLOK	ÇATI	AHU-20	391	390	393	229	227	0,4	50	-	-	-	-
9	ATG	4.BLOK	ÇATI	AHU-05	391	390	391	229	227	0,3	50	-	-	-	-
10	ATG	4.BLOK	ÇATI	5KTSY	391	389	390	225	226	0,4	50	-	-	-	-
11	ATG	4.BLOK	ÇATI	5KT-5	390	400	392	226	225	0,9	50	-	-	-	-
12	ATG	4.BLOK	ÇATI	5OKT-2	391	382	389	225	224	0,3	50	-	-	-	-
13	ATG	4.BLOK	ÇATI	5IT-3	389	387	390	226	227	0,4	50	-	-	-	500
14	ATG	21,05	3. KAT	3SIT-1	390	392	392	226	227	0,2	50	-	-	-	-
15	ATG	21,05	3. KAT	8IT-1	391	390	392	227	226	1,3	50	-	-	-	-
16	ATG	21,05	3. KAT	3SNK71	393	392	394	226	226	0,4	50	-	-	-	-
17	ATG	21,05	3. KAT	3IT-2	391	392	394	226	227	2,7	50	-	-	-	-

Pano elektriksel ölçüm sonuçları raporu örneği

Space	Measurement		BMS		Thermostat
	°C	ppm	°C	ppm	°C
Zemin Kat					
2-08	23.3	1070	27	518	25
2-09	22.8	687	23	518	25
2-06/07	22.9	760	27.3	450.2	25
2-11	21.4	590	24.6	422.9	—
2-04/05	23.3	660	28.7	422.7	30
2-09	23.8	655	27.9	453.3	25
2-15	20	525	23	-	30
3-10	20	535	24.6	363.9	25
3-06	21.4	513	24.1	311.9	25
3-07	21.9	524	23.6	399.3	25
Meeting Rooms	20.5	612	25.1	427.6	25
1. Kat					
4-10	20.2	560	22.7	408.5	25
4-09	22	560	25.5	407.6	25
4-12	22.9	584	27	633	31
4-08	23.7	586	27.4	406	25

İç mekân konforu ölçüm raporu örneği





**T.C. ÇEVRE VE  
ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI**

On behalf of:



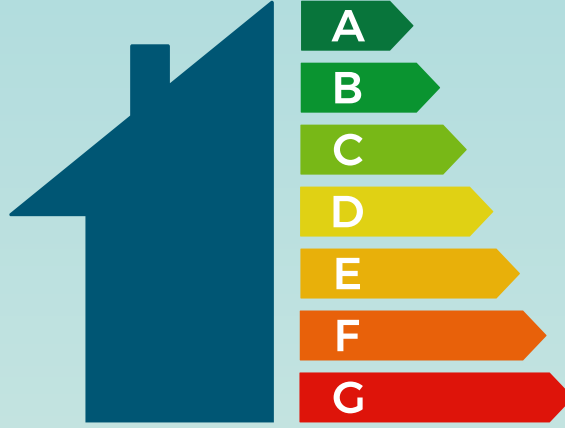
Federal Ministry  
for the Environment, Nature Conservation  
and Nuclear Safety

of the Federal Republic of Germany

Implemented by

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

“The preparation and design of the guideline on retrofit for energy efficiency of public buildings has been financed by the Turkish-German cooperation project “Energy Efficiency in Public Buildings in Turkey” as part of the German Climate and Technology Initiative under the International Climate Initiative (IKI). The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) supports this initiative on the basis of a decision adopted by the German Bundestag.”



**T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı  
Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü  
Enerji Verimliliği ve Tesisat Dairesi Başkanlığı**  
meslekihizmetler.csb.gov.tr  
Tel: (312) 410 79 80