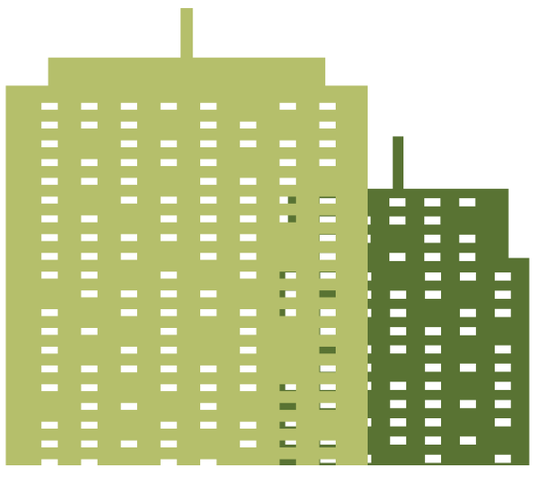
BÜTÜNLEŞİK BİNA TASARIMI YAKLAŞIMI

Bina Performansına Yönelik
Öncelik ve Hedefler

ÇEVRE DOSTU
SÜRDÜRÜLEBİLİR BİNALAR



MÜNİB KARAKILIÇ

GENEL MÜDÜR

ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI

YENİLENEBİLİR ENERJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

"...doğru tasarım ve uygulama ilkeleri ile önemli derecede yaşam boyu maliyet artışına neden olmadan ihtiyaç duyduğu enerjiyi üretebilen, sıfır emisyon salımına sahip, kaynak kullanımı ve atık üretimi asgari düzeyde olan doğa dostu sürdürülebilir yapılar inşa etmek mümkün..."

Değerli Okuyucular,

Dünya genelinde, özellikle içinde bulunduğumuz asırda nüfus artışı, küreselleşme, teknolojideki hızlı gelişmeler, gelir ve refah seviyesinin yükselmesi doğal kaynakların kontrolsüz bir şekilde tüketilmesine ve çevresel olumsuzluklara yol açmıştır. Herhangi bir önlem alınmadığı taktirde, bu kalkınma mücadelesi ülkeleri gelecek nesillere daha sınırlı kaynakları olan kirli bir dünya bırakmanın eşiğine sürükleyecektir.

Bu sorun günümüzde en zengin kaynaklara sahip ülkeler için bile geçerli olup, dünya üzerinde bulunan bütün canlıların çevresel, ekonomik ve sosyal açılardan yaşam kalitelerini azaltmadan kalkınma arayışının önünü açmıştır. Bu sayede, hedeflere sürdürülebilir politika ve tedbirler ile ulaşmak ülkelerin ana gündem konusu haline gelmiştir.

Bu bağlamda, binalar enerji kaynaklarının yaklaşık %40'ının, su kaynaklarının yaklaşık %25'inin tüketiminden ve dünya sera gazı emisyon salımının yaklaşık üçte birinden sorumlu olması hasebiyle öncelikli olarak ele alınması gereken alanların başında yer almaktadır.

Günümüzde doğru tasarım ve uygulama ilkeleri ile önemli derecede yaşam boyu maliyet artışına neden olmadan ihtiyaç duyduğu enerjiyi üretebilen, sıfır emisyon salımına sahip, kaynak kullanımı ve atık üretimi asgari düzeyde olan doğa dostu sürdürülebilir yapılar inşa etmek mümkün olabilmektedir.

Söz konusu tasarruf potansiyelinin bilincinde olan ülkemiz, 2023 yılı hedeflerinde sürdürülebilir yapılaşmanın yaygınlaştırılmasına yönelik tedbirlere de yer vermiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmalardan bir tanesi de Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ile birlikte yürüttüğü, Küresel Çevre Fonu (GEF) destekli "Binalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılması Projesi"dir.

Elinizdeki bu kitap serisi söz konusu projenin bir çıktısı olarak konusunda söz sahibi yerli ve yabancı uzman ekibi ile uzun soluklu bir çalışma neticesinde hazırlanmış olup, sürdürülebilir yapıların tasarımından yıkımına kadar yaşam döngüsü boyunca her aşamasında ortaya çıkan tasarruf potansiyelinin kazanılması için aktörlerin birlikte karar almasına yönelik bir metodoloji geştirme amacını gütmektedir.

Dünya çapında hızla yaygınlaşan ve geleneksel tasarım anlayışının yerini alan bu metodolojinin "Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı (BBTY)" adıyla ülkemize kazandırılması konusunda emeği geçen herkese teşekkür ederim.



SELAMİ MERDİN

GENEL MÜDÜR V.

ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

MESLEKİ HİZMETLER GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

"...disiplinlerarası çalışmalara imkân veren Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı, çevreye daha duyarlı, sağlıklı, konforlu, depreme dayanıklı ve yangın güvenliği olan Yeşil Binalar inşa etme hedefimize ulaşmamızda öncü bir model olacaktır..."

Bilindiği üzere; hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme sonucu doğal kaynaklara ve enerjiye olan talep giderek artırmaktadır. Hem çevre kirliliği ve iklim değişikliğinin oluşturduğu sorunları, hem de fosil kaynaklara olan bağımlılığı azaltmak için, tüm ülkeler gibi ülkemizde de sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için sürdürülebilir binalara yönelmek zorundayız.

Bakanlığımızın hedefi olan "marka şehirlere" ulaşabilmek için binalarımızı; doğayla uyumlu, arazi ve malzeme seçiminden yıkımına kadar yaşam döngüsü dikkate alınarak, iklim verilerine ve yöreye uygun, enerji, su gibi doğal kaynaklarını asgari seviyede kullanan, enerji ihtiyacını yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayan bütüncül yaklaşımla tasarlamak ve inşa etmek zorundayız.

Bakanlığımızın ana paydaş olduğu "Binalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılması Projesi" kapsamında "Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı" konusunda 1,5 seneyi aşkın bir süredir birçok uzman ile çalışılmış, elde edilen bilgiler "Türkiye için Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı Uyarlaması" adı altında üç adet kılavuz kitap haline getirilmiştir.

Kılavuz kitapların nihai hale getirildiğini söylemek oldukça iddialı olacaktır. Çünkü değişen teknoloji ve iklim koşulları, yasal-yönetimsel çerçeve ile mesleki yaklaşımlardaki farklılaşmalar gibi nedenlerden dolayı aslında, bu kılavuzlar güncellenmeye açık halde olmakla birlikte güncel ihtiyaçlara da cevap verebilecek şekilde hazırlanmıştır. Kılavuzlar zamanın ve günün gereklilikleri doğrultusunda güncellenecektir.

Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı kılavuz kitapları hazırlanırken hedefimiz; gelişmiş ülkelerce kabul görmüş bu tasarım yaklaşımının, mimar ve mühendisler için birer başvuru kaynağı ve sıklıkla danışılan kitaplar dizisi olarak kullanılmasıdır. Kılavuzlar; Bakanlığımızda bina tasarımı, yapımı, denetim ve işletimi ile ilgilenen birimlerin yanı sıra il teşkilatlarımız ile yerel yönetimlerdeki tüm kuruluşlar için aydınlatıcı olacaktır.

Ayrıca bu kılavuz kitaplar; mesleki bilginin arttırılması hatta Türkiye'deki üniversitelerde mimarlık ve mühendislik eğitimi sırasında üniversite öğrencilerinin disiplinlerarası çalışmalara yatkınlık göstermelerini sağlayacak ve öğrencilerin enerji verimliliği konusundaki farkındalıklarını arttıracaktır.

Bu çalışmada emeği geçen Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP), Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı çalışanları ile Genel Müdürlüğümüzdeki çalışma arkadaşlarıma gösterdikleri emek ve disiplinli çalışmaları için teşekkür ederim.

MATİLDA DİMOVSKA

DAİMİ TEMSİLCİ YARDIMCISI

BİRLEŞMİŞ MİLLETLER

KALKINMA PROGRAMI

Doğal kaynakların hızla tükenmesi ve ekosistemlerin giderek bozulması, gelecek kuşakların ihtiyaçlarına engel olmaksızın bugünün ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir kalkınma mücadelesini gündeme getirmiştir. Bu hassasiyetle, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) 2030 Gündemi çerçevesinde 17 adet Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi belirlemiş, bu hedeflere küresel ölçekte ulaşabilmek için devletler ile kurumlar arası işbirliğine ve bilgi paylaşımına önem vermiştir. Nitekim Küresel Çevre Fonu (GEF) tarafından desteklenen ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü ile işbirliği içerisinde yürütülen "Türkiye'de Binalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılması Projesi'' binalarda tüketilen enerjinin ve buna bağlı sera gazı salımlarının azaltılması hedefleriyle bu amaca hizmet eden girişimler arasında yer almaktadır.

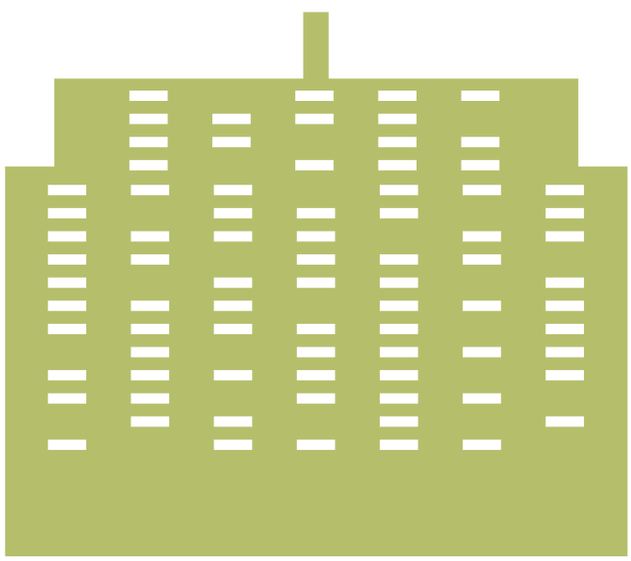
Proje çıktılarından birisi olan "Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı (BBTY)" kitap serisi, dünyada giderek yaygınlaşan sürdürülebilir bina yapım tekniği için temel prensipleri içeren bir kılavuz niteliği taşımakla birlikte, süreçte rol alacak aktörlerin yaşam döngüsü boyunca sosyo-ekonomik etki, teknik performans ve çevresel duyarlılık ekseninde birbirleriyle uyum içerisinde çalışmalarına kolaylık sağlayacak bir rehber olma misyonunu da üstlenmektedir. Ancak, unutulmamalıdır ki içinde bulunulan konjonktürün zamanla değişmesi, teknolojik ilerlemelerin kaydedilmesi, edinilen bilgi ve tecrübelerin artması bu tasarım yaklaşımının geliştirilmeye açık, dinamik bir yapı kazanmasını kaçınılmaz kılmıştır. Bu sebeple serinin güncelliğinin ve sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi adına siz değerli okuyucularımızın geri bildirimleri, görüş ve katkıları büyük önem arz etmektedir.

Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımının Türkiye yapı sektörü şartlarına kazandırılması, uygulanabilir hale getirilmesi ve performans önceliklerinin belirlenmesi serinin nihai hedefleri olarak öngörülmüştür. Bu çerçevede, konularına hakim ulusal ve uluslararası uzman ekibi ile yaklaşık 2 yıl süren titiz çalışmaların ardından kitaplar tamamlanmıştır. Ortaya konulan bu emeklerin ancak sektörde kullanılması ve yaygınlaşması ile faydaya dönüşeceğine inandığımızı vurgulayarak, kitapların hazırlanma sürecinde görev alan 15 kişilik değerli uzman ekibini ve yöneticilerini aşağıdaki şekilde sizlerle paylaşmak istiyoruz.

Takım Lideri	Prof. Dr. C. Abdi GÜZER
Takım Yöneticisi	Yrd. Doç. Dr. İlker KAHRAMAN
Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik Uzmanı	Nils LARSSON
Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik Uzmanı	Prof. Dr. Birol KILKIŞ
Havalandırma Uzmanı	Dr. İbrahim ÇAKMANUS
Bina Akustik Uzmanı	Prof. Dr. Arzu Gönenç SORGUÇ
Bina Bilgi Modelleme Uzmanı	Hasan Burak CAVKA
Bina Malzemeleri ve Yaşam Döngüsü Uzmanı	Dr. Hüdai KARA
Aydınlatma Uzmanı	Araş. Gör. Dr. Feride Şener YILMAZ
Su Kullanımı ve Yönetim Uzmanı	Yrd. Doç. Dr. Gülten MANIOĞLU
Bina Yapısı Uzmanı	Dr. Özgür BOZDAĞ
Sürdürülebilir Bina Tasarımı Yazılım Programları Uzmanı	Michael Carter WAKEFIELD
Katı Atık Yönetimi Uzmanı	Mahmut Özgür ŞAKI
Geleneksel Binalar Uzmanı	Dr.And AKMAN
Mevzuat Uzmanı	Selin Zağpus YIĞITOĞLU

Son olarak, bu kitap serisinin hazırlanmasında desteklerini esirgemeyen başta T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Genel Müdürü Sayın Münib KARAKILIÇ'a ve T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü Genel Müdür Vekili Sayın Selami MERDİN'e olmak üzere, emeği geçen tüm Genel Müdürlük çalışanlarına ve uzman ekibine teşekkürlerimizi sunar, çalışmanın Türkiye'ye faydalı olmasını dileriz.

Saygılarımızla.



İÇİNDEKİLER

1. TASARIM VE İNŞAAT SÜREÇLERİNDE ETKİLİ OLAN FİZİKSEL ORTAM GİRDİLERİNİN TANIMLANMASI 1

1.1 Bölgesel Veriler 1
1.2 Çevresel Veriler 1
1.3 İklimsel Veriler 1
1.4 Kentsel ve Kırsal Veriler 2
1.5 Plan Hedef Verileri 2
1.6 Sosyal ve Kültürel Veriler 2
1.7 Ekonomik Veriler 2
1.8 Altyapı Verileri 3
1.9 Topografik Veriler 3
1.10 Ulaşım Verileri 3
1.11 Zemin Verileri 3
1.12 İşlevsel Veriler 3
1.13 Yönlenme Verileri ve Işık 4
1.14 Ses Verileri 4
1.15 Görsel Etki Verileri 4
1.16 Özel Veriler 4

2. ARAZİ SEÇİMİ VE ALANIN ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 5

2.1 Arazinin Toplu Taşım Olanaklarının Değerlendirilmesi 5
2.2 Arazinin Rekreasyon Alanları, Yeşil Alanlar, Hizmet Alanlarına Erişim Olanaklarının Değerlendirilmesi 6
2.3 Toprağın Erozyon Potansiyelinin, Özelliklerinin ve Zemin Emniyet Katsayısının Değerlendirilmesi 7
2.4 Arazinin Ekolojik Kalitesinin Değerlendirilmesi 8
2.5 Alan İyileştirilmelerinin Yapılması 8
2.6 Toprağın Radon Seviyesinin Belirlenmesi 8
2.7 Komşu Alanlardaki Yapılaşmaların Arazi Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi 8
2.8 Arazide Kritik Noktalarda Gürültü Ölçümlerinin Yapılması ve Gürültü Kontrolü 9
2.8.1 Gürültü Kontrolünde Malzemelerin Akustik Açıdan Değerlendirilmesi 12
2.8.2 Yapılarda Ses Azaltımı için Temel Çözümler 16
2.8.3 Kent Ölçeğinde Ses Azaltımı için Temel Çözümler 21
2.9 Arazi Özellik Raporu Hazırlanması 22

3. ALANDAKİ MEVCUT STRÜKTÜRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ 25

3.1 Mevcut Yapıların Yeni Fonksiyonlara Adapte Edilme Olanaklarının Değerlendirilmesi 25
3.2 Yıkımına Karar Verilen Mevcut Yapılara ait Malzemelerin Yeniden Kullanımı veya Geri Dönüşüm Olanaklarının Araştırılması 25

4. YAPININ İŞLEVSEL ÖNCELİKLERİNİN SAPTANMASI VE MEVCUT MEKANSAL KULLANIM ENVANTERİNİN ÇIKARILMASI 29
4.1 Yapının İşlevsel Önceliklerinin Saptanması 31
4.2 Yapının Kullanım Sürecindeki Paydaşlarının, Beklentilerinin ve Önceliklerinin Tanımlanması 32
4.3 Yapının Gelecekteki Kullanım Senaryolarına Yönelik Tasarımsal Esnekliğinin Belirlenmesi 33
4.4 Programın Yeşil Yaklaşımlar ve Yüksek Performans için Uygunluğunun Kontrol Edilmesi 34
4.5 Yapı Sahibi ve İşverenin Enerji Verimliliği Performansına Yönelik Kararlılığı 34
4.6 Tasarım Ekibi Yapısının ve İnşaat Modelinin Tanımlanması 34

5. PERFORMANSA DAYALI TASARIM HEDEFLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ 35
5.1 Enerji Kullanımı için Performans Hedefleri Geliştirilmesi 37
5.2 İçme Suyu Kullanımı için Performans Hedeflerinin Geliştirilmesi 38
5.2.1 Binalarda Su Tüketiminin Azaltılması 39
5.2.1.1 Su Tüketimini Etkileyen Binaya İlişkin Faktörler 39
5.2.1.1.1 Binanın Bulunduğu Yer 39
5.2.1.1.2 Bina Grupları, Yerleşme ve Çevre Düzenlemesi 40
5.2.1.1.3 Binalarda Planlama ve Hacim Organizasyonu 41
5.2.1.1.4 Bina Kabuğu 41
5.2.1.1.5 Binanın Fonksiyonu 41
5.2.1.1.6 Binanın Kullanım Suyu ve Isıtma Suyu Döşemi 41
5.2.1.2 Su Etkin Sağlık Gereçleri ve Armatürlerin Kullanılması 42
5.2.1.3 Farklı Fonksiyonlara Sahip Binalarda Su Tüketiminin Azaltılması 43
5.2.1.4. Yenilikçi Atıksu Teknolojileri Yardımıyla Binalarda Su Tüketiminin Azaltılması 46
5.2.1.5 Yağmur Suyu Toplama Sistemleri Yardımıyla Binalarda Su Tüketiminin Azaltılması 51
5.2.2 Su Kayıplarının Azaltılması 51
5.2.2.1 Şehir Ölçeğinde Su Kayıplarının Azaltılması 51
5.2.2.2 Yerleşme Ölçeğinde Su Kayıplarının Azaltılması 52
5.2.2.3 Bina Ölçeğinde Su Kayıplarının Azaltılması 53
5.2.2.4 Binalarda Su Korunumu Yöntemleri 54
5.2.2.4.1 Şebekede ve Bina Temiz Su Döşeminde Su Kayıplarının Azaltılması 55
5.2.2.4.2 Binalarda Su Tüketiminin Azaltılması 55
5.2.2.4.3 Gri Suyun Arıtılmadan Kullanılması 55
5.2.2.4.4 Gri Suyun Arıtılarak Yeniden Kullanılması 56
5.2.3 Kullanıcının Su Kullanım Alışkanlıklarının Değiştirilmesi İle Su Kaynaklarının Korunması... 58
5.3 Gürültü Denetimi İçin Performans Hedeflerinin Geliştirilmesi 59
5.4 Yaşam Boyu Maliyet Analizleriyle İlk Yatırım Maliyetlerinin Değerlendirilmesi 61
5.4.1 Yaşam Boyu Maliyet Analizi 61
5.4.2 Yaşam Boyu Maliyetin Optimizasyonu 63
5.4.3 Maliyete İlişkin Çözümler "Amaç Fonksiyonu" 63

5.4.4 İlk Yatırım Maliyetleri 64
5.4.5 Enerji Maliyetleri 65
5.4.6 Bakım Onarım Maliyetleri 66
5.4.7 İç Çevre Kalitesine İlişkin Maliyetler 66
5.5 Binanın Karbon Ayakizi İçin Hedef Belirlenmesi 66
5.6 Binalarda Yönlenmenin Doğal Aydınlatmaya Etkisi 67
5.7 Alandaki Yenilenebilir Enerji Seçeneklerinin Değerlendirilmesi 69
5.8 Bina Sistemleri İçin Seçeneklerin Değerlendirilmesi 69
5.9 Bina Enerji Simülasyonlarının Yapılması 70

6. ALAN GELİŞTİRME KONSEPTLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ 79
6.1 Alanın Etkin Kullanımı İçin Bina Yerleşimin Kurgulanması 79
6.2 Dış Engellerin Doğal Aydınlatmaya Etkisi 79
6.3 Yapıların Yeraltı Ekoloji ve Su Kaynakları Üzerindeki Etkisinin Azaltılması 81
6.4 Yerinde Yağmur Suyu Tutma Önlemleri Belirlenmesi 82
6.5 Rüzgar Perdesi ve Gölgeleme Elemanı Olarak Çalışacak Peyzaj Düzenlemelerinin Yapılması 82
6.6 Araç Park Yeri Tasarımı Önceliklerinin Belirlenmesi 86
6.7 Yapının Fiziksel Ortamı ile Uyumu, Çevresel Sürekliliği 86

7. DETAYLI TASARIMIN GELİŞTİRİLMESİ 89
7.1 Bina Bilgi Modellemesinin Geliştirilmesi 91
7.2 Bina Taşıyıcı Sistem Tasarımı 96
7.2.1 Bina Deprem Güvenliği ve Yapı Sisteminin Yeterliliği 98
7.2.2 Kolon ve Çekirdek Yerleşiminin Değerlendirilmesi 102
7.2.3 Binanın Isıl Kütle Potansiyelinin ve Isı Depolama Özelliğinin İrdelenmesi 102
7.2.4 Yapı Taşıyıcı Bileşenlerin Gömülü Enerjilerinin ve Çevresel Etkilerinin Düşünülmesi 105
7.3 Bina Kabuğu Tasarımının Geliştirilmesi 108
7.3.1 Temel, Dış Duvar ve Çatı Sistemlerinin Seçilmesi 110
7.3.2 Doğal Aydınlatma Açısından Binaların Saydamlık Oranlarının Belirlenmesi ve Saydam Yüzeylerin Tasarımı 110
7.3.3 Ağaç ve Bitkilendirme Yoluyla Bina Kabuğundaki Isı Kazançlarının Azaltılması 114
7.3.4 Dış Gölgeleme Elemanlarının Doğal Aydınlatma Etkilerinin Değerlendirilmesi 115
7.3.5 Açılabilir Pencerelerin İrdelenmesi 119
7.3.6 Bina Kabuğunun Gömülü Enerjisinin Değerlendirilmesi 120
7.3.7 Mimari ile Bütünleşik Aktif ve Pasif Sistemlerin Bina Kabuğu Performansı için Değerlendirilmesi 122
7.3.7.1 Enerji Etkin Yapı Tasarımı 123
7.3.7.2 Pasif ve Aktif Bina Tasarımı Kavramı 124
7.3.7.2.1 Mimari Bütünleşik Pasif Sistemler 124
7.3.7.2.1.1 Pasif Güneş Enerji Sistemleri 125
7.3.7.2.1.1.1 Aydınlatma-Işık Rafı 125
7.3.7.2.1.1.2 Aydınlatma-Işık Tüpü 125

7.3.7.2.1.1.3 Aydınlatma-Atriyum 126
7.3.7.2.1.1.4 Aydınlatma-Işık Kuyusu 127
7.3.7.2.1.1.5 Isıl Kütle Kullanımı - Güneş Odası 128
7.3.7.2.1.1.6 Isıl Kütle Kullanımı - Çatı Havuzu 128
7.3.7.2.1.1.7 Isıl Kütle Kullanımı - Su Duvarı 129
7.3.7.2.1.1.8 Isıl Kütle Kullanımı - Taş Yataklama 129
7.3.7.2.1.1.9 Isıl Kütle Kullanımı - Trombe Duvarı 129
7.3.7.2.1.1.10 Serinletme - Soğutma Kulesi 130
7.3.7.2.1.2 Pasif Rüzgâr Enerjisi Sistemleri 131
7.3.7.2.1.2.1 Havalandırma - Rüzgâr Gülü (Bina Monte Sistem) 131
7.3.7.2.1.2.2 Havalandırma - Rüzgâr Bacası 131
7.3.7.2.1.2.3 Havalandırma - Kanat Duvar 132
7.3.7.2.1.2.4 Havalandırma - Rüzgâr Kepçesi 132
7.3.7.2.2 Mimari Bütünleşik Aktif Sistemler 132
7.3.7.2.2.1 Mimari Bütünleşik Aktif Güneş Enerjisi Sistemleri 132
7.3.7.2.2.1.1 Güneş Pili (Fotovoltaik) (Bina Bütünleşik Sistem) 132
7.3.7.2.2.1.2 Bina Bütenleşik Kolektör 135
7.3.7.2.2.1.3 Bina Bütünleşik Güneş Pili ve/veya Kolektörlü Karma Sistem 136
7.3.7.2.2.2 Mimari Bütünleşik Aktif Rüzgar Enerji Sistemleri 136
7.3.7.2.2.2.1 Bina Bütünleşik Rüzgar Türbinleri 136
7.3.7.2.2.2.2 Bina Bütünleşik Aktif Sistemlerin Kullanılabilirliği 138
7.3.8 Bina Kabuk Detaylarının ve Termal Performansın Optimize Edilmesi 139
7.4 Mimari Aydınlatma Sistemlerinin Tasarımı 140
7.4.1 Görsel Konfor Koşulları 140
7.4.2 Doğal Aydınlatma Sistemi Tasarımı 142
7.4.2.1 Mimaride Günışığı Kullanım Yöntemleri 143
7.4.3 Yapma Aydınlatma Sistem Tasarımı 149
7.4.4 Binalarda Aydınlatma Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi 151
7.5 Öncül Güç Sistemlerinin Geliştirilmesi 153
7.5.1 Gelecekteki Güç Taleplerinin Tahmini 153
7.5.2 Dikey veya Yatay Taşıma Sistemlerinin Enerji Verimlerinin Optimizasyonu 153
7.5.3 Pik Yüklerin Tıraşlanması 154
7.6 Havalandırma Isıtma Soğutma Sistemlerinin Geliştirilmesi 155
7.6.1 Havalandırma Sistemlerinin Geliştirilmesi 155
7.6.1.1 Doğal Havalandırma Sistemleri 155
7.6.1.2 Mekanik Havalandırma 165
7.6.1.2.1 Konut Dışı Binalarda Mekanik Havalandırma 172
7.6.1.2.2 Konutlarda Mekanik Havalandırma 176
7.6.1.3 Hibrid Havalandırma 189

7.6.2 Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Oluşturulması 190
7.6.3 Isıtma ve Havalandırma Sistemlerinin Değerlendirilmesi 191
7.6.3.1 Öncül Isıtma Sistemlerinin Seçimi 196
7.6.3.2 Öncül Soğutma Sistem Seçimi 197
7.6.3.3 Uygun Koşullarda Soğutma Amaçlı Havalandırma Sistemlerinin Değerlendirilmesi 197
7.6.3.4 Toprak veya Suyun Isıl Depo Olarak Değerlendirilmesi 198
7.6.3.5 Soğutma Sistemlerinin Ön Tasarımı 199
7.6.3.6 Merkezi Havalandırma, Isıtma Sistemlerinin Ön Tasarımı 199
7.6.4 Isıtma Soğutma Havalandırma Çözümlerine Enerji Sağlayacak Sistemlerin Belirlenmesi 200
7.6.5 Isıtma, Soğutma, Havalandırma Çözümleri için Kontrol Sistemlerinin Belirlenmesi 201
7.6.6 Bina Yönetimi Kontrol Sistemlerinin Belirlenmesi 201
7.6.7 Detaylı Enerji Simülasyonlarının Yapılması 202

8. İNŞAAT ATIK YÖNETİMİ 215

8.1 Türkiye'de Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Verisi 215
8.2 İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Azaltılması 215
8.2.1 İnşaat Atıklarının Azaltılması 216
8.2.2 Yıkıntı Atıklarının Azaltılması 216
8.3 Atık Yönetim Planları 217
8.3.1 İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Yönetim Planları 217
8.3.2 Bina Kullanımı Atık Yönetim Planı 219

9. BİNANIN İNŞA EDİLDİĞİ HALİ İLE ENERJİ SİMÜLASYONLARININ YAPILMASI 223

10. EKSERJİ YÖNETİMİ 231
10.1 Bina Yüklerinin Düzlemesi 233
10.2 Örnek: Hastane Yükleri 239
10.3 Bina Yüklerinin Derece-Saat Tabanında Hesaplanmasına İlişkin Yeni Yöntem 242
10.4 Yüklere Karşı Sistem Kurulu Kapasitesinin Eniyilemesi 244
10.5 Enerji Depolamasının Gerekçeleri 244
10.6 Hibrit Sistem Örnekleri 249
10.6.1 Işık Tüpleri ve Fotovoltaikin Hibrit Kullanımı 249
10.6.2 Güneş Bacası ve Fotovoltaikin Hibrit Kullanımı 250
10.6.3. PVT^A İle Soğutma 250

11. TARİHİ YAPILARDA ENERJİ KAZANCI SAĞLAMAYA YÖNELİK RENOVASYONU 253

12. TÜRK EVİ'NİN DOĞAYA UYUMLULUĞUNUN MEKÂNLAŞMAYA ETKİSİ 257
12.1 Türk Evi ve Yapı Fiziği 259
12.1.1 Aydınlatma 260
12.1.2 Isıtma 262
12.1.3 Havalandırma 263

SONSÖZ 267

ŞEKİLLER

Şekil 1: Sesin yansıması, yutulması ve iletilmesi 12
Şekil 2: Ses yutum sınıfları 13
Şekil 3: Sesin iletimi 14
Şekil 4: Hava yayılımlı ve darbesel sesin iletimi 14
Şekil 5: Kaynak ve alıcı odalarındaki gürültü düzeyleri 15
Şekil 6: Binalarda deneyimlenen gürültü 16
Şekil 7: Ses yutucu malzeme ile gürültü kontrolüne örnekler 17
Şekil 8: Komşu iki hacim arasında ses geçişi 18
Şekil 9: Çift katmanlı duvar örneği 19
Şekil 10: Tipik bir alçıpan çift katmanlı duvarın yalıtım performansının artırılması..... 19
Şekil 11: Tavan ve zemin detayları ile çift katmanlı duvar örneği 20
Şekil 12: Farklı zemin tipleri için ses iletim ve darbe yalıtım sınıfları 20
Şekil 13: Taban/tavan darbe gürültüsü yalıtım örnekleri 20
Şekil 14: Yüzer döşeme örneği 20
Şekil 15: Trafik gürültüsüne karşı kent ölçeğinde çözüm örnekleri 21
Şekil 16: Hollanda Dordrecht'te konsollu ses perdeleri 21
Şekil 17: İtalya Milano'da ses perdelerinin ön yüzü 21
Şekil 18: Farklı bitimlere sahip ses perdeleri 22
Şekil 19: Aniden sonlandırılmış bir ses perdesi 22
Şekil 20: Performans düzeyini gösteren bir örnek 37
Şekil 21: Bina yoğunluğu, geçirimsiz yüzeyler ve yüzey suları akışı arasındaki ilişki 40
Şekil 22: Vakum tuvalet 43
Şekil 23: Susuz pisuvar 43
Şekil 24: Gri suyun arıtılarak rezervuarlarda kullanılması (ileri arıtma) 48
Şekil 25: Gri suyun arıtılarak bahçe sulamasında kullanılması (birincil arıtma) 48
Şekil 26: Atıksu arıtma tesisi inşaat maliyetleri 50
Şekil 27: Atıksu arıtma tesisi işletme ve bakım maliyetleri 50
Şekil 28: Eşdeğer nüfus cinsinden kapasiteye göre arıtma maliyetinin değişimi 50
Şekil 29: Konvansiyonel (klasik) ve uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri için ilk yatırım maliyetinin nüfusa göre değişimi 50
Şekil 30: İlk yatırım maliyeti içerisindeki maliyet bileşenlerinin debi ile değişimi 50
Şekil 31: Yağmur suyu deposunda toplanan yağmur suyunun bahçe sulama ve rezervuarlarda kullanılması 52
Şekil 32: Yönlendirici vanalar ile arıtılmamış gri suyun bahçe ve kanalizasyona verilmesi 56
Şekil 33: Bina yaşam boyu maliyetini oluşturan bileşenler 61
Şekil 34: Binanın yaşam boyunca enerji döngüsü 62
Şekil 35: Yıllık güneş yörüngesi planı ve örnek bina ilişkisi 68
Şekil 36: Yıllık güneş yörüngesi perspektifi ve örnek bina ilişkisi 68

Şekil 37: Örnek bir hacmin farklı yönlerdeki günışığı dağılımının incelenmesi 68
Şekil 38: Enerji analizi için Bina Bilgi Modelini hazırlayın 71
Şekil 39: gbXML dosya formatını kullanarak Bina Bilgi Modelinin geometrisini aktarın 71
Şekil 40: Autodesk® Ecotect® Analysis yazılımı ve Autodesk® Green Building Studio® web hizmeti sağlayan analiz araçlarına gbXML model verileri aktarın 71
Şekil 41: Ecotect Analysis hava durumu aracını kullanarak, güneş etkilerine göre optimum bina yönelimini bulun 71
Şekil 42: DesignBuilder yazılımında orijinal model geometrisini oluşturun 72
Şekil 43: Yerleşim, faaliyet, inşaat, açıklıklar, aydınlatma, HVAC, CFD ve ek seçenekler dahil olmak üzere model verilerini belirleyin 72
Şekil 44: Belirlenen konuma set edilmiş iklim dosyasına dayalı kış için ısıtma tasarım hesaplamasını yapın 72
Şekil 45: Belirlenen konuma göre iklim dosyasına dayalı olarak, yaz için soğutma tasarım hesaplamasını yapın 72
Şekil 46: Enerji akışları ve yönelimin etkilerini de içerecek değişkenlerle birlikte haftalık yaz veya kış koşullarında tasarım için dinamik simülasyonu yapın 73
Şekil 47: Çeşitli aralıklarda bina bölgeleri dahilinde konfor sıcaklığı dağılımı için dinamik simülasyonu yapın 73
Şekil 48: Yakıt tüketimi için dinamik simülasyonu yapın 73
Şekil 49: Simülasyon sonuçları, rapor başlıklarına göre farklı kaydederek veri dosyası, basılı kopya olacak şekilde çeşitli çıktılar biçiminde aktarın 73
Şekil 50: Autodesk® Green Building Studio®'da enerji giderlerini azaltmak için tasarım alternatiflerinin araştırılması, yönelim, aydınlatma verimlilikleri (insan sensörleri, gün ışığı sensörleri ve kontrolleri, bina kabuğu ve cam performansı dahil olmak üzere) binanın ayrıntılarını düzenlemek suretiyle yapılabilir 74
Şekil 51: İlk tasarımın "referans verilerle simülasyonu" ve sınırsız alternatif bileşkeleriyle karşılaştırmalar yapılabilir 74
Şekil 52: Karşı bina engel açısının sırasıyla 20°, 40° ve 60° olması durumlarının kesit üzerinde ifadesi 80
Şekil 53: Karşı bina engel açısının sırasıyla 0° (engelsiz), 20°, 40° ve 60° olması durumlarında örnek hacimde hesaplanan günışığı faktörü dağılımı 80
Şekil 54: Yağmur suyu geçirgenliği yüksek kaplama sistemi 82
Şekil 55: İstanbul'da yer alan bir konut projesi için gerçekleştirilen gölge analizi, vaziyet planı 83
Şekil 56: Yıllık hız dağılımını yönlere göre gösteren rüzgar gülü diyagramı 84
Şekil 57: Yıllık hız dağılımını gösteren saatlik rüzgar gülü diyagramı 84
Şekil 58: Rüzgar tüneli testi simülasyon örneği 85
Şekil 59: Güneş Etüdü / Gölge Analizi örneği 85
Şekil 60: Pensilvanya Devlet Üniversitesi tarafından geliştirilen BBM proje uygulaması planlama prosedürü ..... 91.

Şekil 61: Amerikan Ordusu Mühendisler Birliği tarafından hazırlanan minumum modelleme matrisi 92
Şekil 62: BBM amaç ve sorumluluk matrisi 93
Şekil 63: Model gelişim seviyesi proje aşaması ve karar verilen BBM uygulaması ihtiyaçlarına göre değişiklik gösterir 96
Şekil 64: Deprem yönetmeliğinde düşeyde düzensizlik durumları 98
Şekil 65: Yumuşak kat oluşumu nedeni ile zemin katta deprem hasarı 99
Şekil 66: Ara katlarda ani rijitlik değişiminden dolayı deprem hasarı 99
Şekil 67: Deprem sırasında binaların arasında yeterli deprem derzi bulunmaması nedeni ile çekiçleme etkisine bağlı kolon hasarı 99
Şekil 68: Duvarlar nedeniyle kısa kolon oluşumuna bağlı kolon hasarı 99
Şekil 69: Chiller ile ısıl depolama çalışma şeması 103
Şekil 70: Saydamlık oranlarının iç mekanda elde edilen doğal aydınlatma miktarına olan etkisi 112
Şekil 71: Günışığı faktörleri ile günışığı analizi 112
Şekil 72: Dahili yansıma aralığı ile günışığı analizi 112
Şekil 73: 22 Temmuz 2003 tarihine göre saatlik sıcaklık profili 113
Şekil 74: Aylık derece gün sayısı için pasif uyarlanabilirlik endeksi 114
Şekil 75: Bina içi ısı analiz 114
Şekil 76: Bina dışı ısı analiz 115
Şekil 77: Sıcaklık kazançları karşılaştırılması 115
Şekil 78: Bir binada yönlere göre dış gölgeleme elemanları 117
Şekil 79: Tek taraflı tek açıklıklı havalandırma 119
Şekil 80: Tek taraflı çift açıklıklı havalandırma 119
Şekil 81: Çapraz havalandırma örneği 120
Şekil 82: Aynı oranda ısı yalıtımı direnci sağlayan betonarme ve cam yünü malzemenin, malzeme kalınlığı yönünden karşılaştırması 121
Şekil 83: Ömrü 50 yıl olan bir binada 1m^2 K/W ısı iletim direnci sağlamak amacıyla gerekli yalıtım malzemesi miktarlarına göre gömülü enerji değerleri 122
Şekil 84: Ömrü 50 yıl olan bir binada 1m^2 K/W ısı iletim direnci sağlamak amacıyla gerekli yalıtım malzemesi miktarlarına göre karbon değerleri 122
Şekil 85: Vauxhall Kulesi ve Alman Pavyonu 123
Şekil 86: Bina-monte rüzgâr türbini örnekleri 123
Şekil 87: Doğa kütüphanesi binası ve ışık rafı detayı 125
Şekil 88: Yee Nen Tower binası cephe bütünleşik ışık tüpleri 126
Şekil 89: Potsdamer meydanı ışık tüpü 126
Şekil 90: Soochaw güvenlik genel merkezi binası ve kesiti 127
Şekil 91: Casa Batllo binası merkezi ışık kuyusu 127
Şekil 92: BedZed güneş odası 128
Şekil 93: Arizona güneş merkezinin yaptırdığı çatı havuzu 128

Şekil 94: İç mekân su duvarı örnekleri 129
Şekil 95: Taş yataklamanın güneş kolektörleri ile çalışma prensibi 129
Şekil 96: Paul Raff Studio tarafından yapılan Leed sertifikası almış trombe duvarlı Cascade House binası 130
Şekil 97: Küresel Ekoloji Araştırma Merkezi soğutma kulesi 130
Şekil 98: Rüzgâr gücü ile çalışan türbin vantilatör 131
Şekil 99: Geleneksel İran mimarisi rüzgâr bacaları 131
Şekil 100: Portcullis Yeni Parlamento Binası doğal havalandırma sağlayan rüzgâr bacaları 131
Şekil 101: Güneş pillerinin bina bütünleşme şekilleri 133
Şekil 102: Fotovoltaik hücre, modül, panel ve dizi şematik anlatım 134
Şekil 103: PV çalışma prensibi, a) güneş hücresi katmanları ve elektron akış yönü, b) güneş pillerinden oluşan enerji yolu 134
Şekil 104: Bina bütünleşik kolektör uygulamaları; a) parapet örneği, b) cephe örneği, c) eğimli çatı örneği 135
Şekil 105: Kolektör bileşenleri 135
Şekil 106: Concordia Üniversitesi John Molson İşletme Bölümü binası bina bütünleşik PV/T cephe uygulaması 136
Şekil 107: Rüzgâr türbini; a) dikey aks hareketli, b) yatay aks hareketli 137
Şekil 108: Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi Binası 138
Şekil 109: Ankara'da bulunan ofis binası için hem çatıda hem güneş kırıcılarda hem de köşe cephede güneş panelleri kullanımına bir örnek 138
Şekil 110: Ofis binası için hazırlanan yağmur suyu planı örneği 138
Şekil 111: Ofis binası için önerilen ısıtma-soğutma-havalandırma ve elektrik ile ilgili sistemlerin şematik anlatımı 139
Şekil 112: Ofis binası sistem kesiti örneği 139
Şekil 113: Bina kabuğu detayları 140
Şekil 114: Pencere boyutlarının iç mekanda elde edilen doğal aydınlatma miktarına olan etkisi 144
Şekil 115: Dikdörtgen bir hacim için farklı boyut ve konumlarda pencere kullanımı 144
Şekil 116: Düşey ve yatay açıklığa sahip bir bina örneğinde temsili olarak günışığının iç mekandaki dağılımı 145
Şekil 117: Farklı düşey ışıklık uygulamalarına yönelik örnekler 145
Şekil 118: Işık tüpü temsili çizimi 146
Şekil 119: Işık rafı temsili çizimi 146
Şekil 120: Anidolik sistem temsili çizimi 146
Şekil 121: Optik ışık toplama ve yayma sistemlerine ilişkin bir çizim 147
Şekil 122: Işık bacası temsili çizimi 147
Şekil 123: Bir aygıt örneği ve ışık dağılım eğrisi 149
Şekil 124: Almanya'da 19. yüzyılda yapılmış bir binada doğal havalandırma 156
Şekil 125: Kuzey Afrika'da eski dönemlerde yapılmış binada doğal havalandırma örneği..... 156

Şekil 126: Doğal havalandırmada akım çizgileri için bir örnek..... 159
Şekil 127: İç bölmelerin hava akışına etkisi 161
Şekil 128: Duvarlardaki ortalama basınç katsayıları 163
Şekil 129: Mekanik havalandırma sistemlerinde bulunan çeşitli hava akımları 167
Şekil 130: Sıcaklık grafiği 172
Şekil 131: Değişken debili havalandırma sistemi 175
Şekil 132: VAV sistemlerinde kanal basınç kontrolü ve fan enerji tüketiminden tasarruf 176
Şekil 133: Doğal havalandırmada oluşabilecek ters hava akımları 177
Şekil 134: Mekanik egzoz havalandırma sistemi uygulaması 177
Şekil 135: Mekanik egzoz havalandırması olan bir apartmanda kısa devre örneği 178
Şekil 136: Yatak ve oturma odasında dış hava ızgarası (menfez) uygulaması 178
Şekil 137: Merkezi besleme ve egzoz sistemi olan binada ısı geri kazanım uygulaması 179
Şekil 138: Merkezi olmayan besleme ve egzoz sistemli binada ısı geri kazanım uygulaması 179
Şekil 139: Balansın zor olduğu kanal yerleşimi 181
Şekil 140: Balansın yapılabilmesine olanak sağlayan simetrik ve damperli kanal yerleşimi 181
Şekil 141: Havalandırma verimliliği ile ilgili terimler 184
Şekil 142: Klima santrali kontrol noktaları 186
Şekil 143: Hava kalitesi kontrolü ile yapılan havalandırma prensipleri 187
Şekil 144: CO_2 Konsantrasyonu bazında yapılan hava kalitesi kontrolü ve havalandırma gereksinimi... 188
Şekil 145: Autodesk® Simülasyon Karma Tasarımı kullanılarak bina performansının tahmin edilmesi, tasarım stratejisinin optimize edilmesi ve inşaat öncesinde bina ve sistemlerin davranışının doğrulanması.için kullanılan yardımcı bir programdır 190
Şekil 146: TABS sistemine ait Jeotermal sistemli ısıtma ve soğutma ile ilgili prensip şema 193
Şekil 147: Binalarda farklı sistemlerle ekserji akışı 193
Şekil 148: TABS sistemlerinin uygulamaları 193
Şekil 149: Dış sıcaklığa bağlı işletme formları 1) Isıtma, 2) Havalandırma, 3) Serbest soğutma (free cooling), 4) Mekanik soğutma 194
Şekil 150: Fosil tabanlı enerji tüketiminin azaltılmasının şematik olarak gösterimi 195
Şekil 151: Toprak kaynaklı ısı pompası borulaması 198
Şekil 152: Toprak kaynaklı ısı pompası borulamasına birkaç örnek 198
Şekil 153: Hibrit bir elektromekanik tesisat uygulaması: Yaz Modunda 199
Şekil 154: Hibrit bir elektromekanik tesisat uygulaması: Kış Modunda 200
Şekil 155: Bina otomasyon sistemi ekran görüntü örnekleri 202
Şekil 156: Binanın üç boyutlu modelinin oluşturulması 203
Şekil 157: Üç boyutlu modele göre zonlamaların yapılması 203
Şekil 158: Gölgeleme simülasyonu 203
Şekil 159: İç koşullardan kaynaklanan ısıtma yükleri 204
Şekil 160: Genel doğal havalandırma grafiği 204
Şekil 161: Havalandırma sistem diyagramı 205

Şekil 162: Bir aydınlatmna simülasyonu model fotoğraf örneği 205
Şekil 163: Yüzeylerdeki günışığı düzeylerini gösteren aydınlatma modeli 205
Şekil 164: Yeşil çizgiler: Güneş radyasyonu (W/m²), Kırmızı çizgiler: Dış sıcaklık(°C) 206
Şekil 165: Mavi bölgenin içinde en iyi konfor olduğu garanti edilir. Sarı bölgenin içinde konfor oldukça iyi durumdadır. Renkli bölgenin dışında sıcaklıklar çok yüksek veya çok düşüktür 206
Şekil 166: Konfor dış (x ekseni) ve iç (y ekseni) sıcaklığa bağlıdır..... 207
Şekil 167: Bina enerji modelleme yazılımı girdilerine dayalı olarak verilerin bir örneklemi 208
Şekil 168: Binanın genel aydınlatması, bina kabuğu, ekipman, mekan soğutma/ısıtma, havalandırma fanları, yardımcı pompalar ve sıcak suyuna dayalı olarak toplam enerji, elektrik ve yakıta (doğal gaz) dayalı olarak maliyet ve enerji üzerine yıllık veri, & EUI 208
Şekil 169: Toplam enerji; elektrik ve yakıt (doğal gaz), bina alanı, dış kabuk, teçhizatlar, ısıtma-soğutma, havalandırma fanları, yedek pompalara ve sıcak suya dayanır 209
Şekil 170: Aylık elektrik kullanımı 209
Şekil 171: Energy, Carbon, & Costs Summary 210
Şekil 172: PV, Rüzgar enerjisi ve doğal havalandırma potansiyeli 210
Şekil 173: Energy End Use Charts 210
Şekil 174: Binanın güney yönünden genel hatlarının görünüşü 223
Şekil 175: Binanın güney yönünden görünüşü 223
Şekil 176: Binanın batı yönünden görünüşü 223
Şekil 177: Binanın kuzey görünüşü 223
Şekil 178: Binanın doğu yönünden görünüşü 223
Şekil 179: Binadaki zonların bulundukları cepheye göre ayırım şeması 224
Şekil 180: Modellemede kullanılan yapı elemanlarından bir örnek (dış duvar) 224
Şekil 181: Modellemede kullanılan yapı elemanlarından bir örnek (camlar) 225
Şekil 182: Tanımlanan takvimin genel görünümü 225
Şekil 183: Örnek simülasyon çalışmasına ait sonuçlar 226
Şekil 184: Enerji kullanımı, maliyetleri, alternatifler ve yenilenebilir enerji alternatiflerini anlamak için, tüm bina enerji analizini yapmak üzere Autodesk® Green Building Studio®'nun kullanılması 227
Şekil 185: Bu enerji modelleme yazılımı, binanın hemen hemen tüm yönleri için karbon emisyon raporlaması sağlar. Bu örnekte, karbon nötr potansiyeli, yerinde yenilenebilir enerji, doğal havalandırma potansiyeli, yerinde yakıt ve yer dışında biyo-yakıt kullanımı ayrıntılandırılmaktadır. Bu hesaplamada, binanın karbon ayak izini azaltmak için bir tahmin yapmaktadır 227
Şekil 186: Yenilenebilir enerji kaynağı seçenekleri, binanın bulunduğu bölge içinde bulunan elektrik santrali kaynaklarına dayanmaktadır 227
Şekil 187: Fotovoltaik Potansiyel bölümü, binanın en iyi performans gösteren dış yüzeylerinin tamamına güneş enerjisi panelleri takıldığında ne kadar enerji üretilebileceğini hesaplar 227
Şekil 188: Güneş Enerjisi Potansiyeli bölümü, binanın konumu için rüzgar verilerine dayalı olarak rüzgar türbinlerinin kullanılmasından elde edilen enerji kazancını hesaplar 228

Şekil 189: Doğal havalandırma potansiyeli bölümü, mekanik soğutma yüklerini azaltma fırsatları, muhtemel enerji tasarrufları ve yıllık enerji maliyeti tasarruflarını hesaplar 228
Şekil 190: Green Building Studio tasarım alternatiflerini kullanarak, enerji kullanımına dayalı optimum yönelim belirlenebilir 228
Şekil 191: Green Building Studio tasarım alternatiflerini kullanarak, enerji kullanımına dayalı optimum yönelim belirlenebilir 228
Şekil 192: Enerji arz ve taleplerinin koşullandırılarak yakınlaştırılmaları 232
Şekil 193: Gün boyunca konfor ısıtma yüklerinin nicelik ve sıcaklık aralıklarının değişiminin gösterilmesi 233
Şekil 194: Dış hava sıcaklığı kompenzasyonunda şebeke suyu sıcaklık kontrolü 234
Şekil 195: Konfor ısıtması için sıcaklık değişimi 234
Şekil 196: TSE güvenli yeşil bina değerlendirme programında ekserjiye verilen önem ve ilgili puanlar 235
Şekil 197: YEGM'de örnek evde hibrit klima duvarı uygulaması 236
Şekil 198: Duvar ön paneline deliklerin açılması 236
Şekil 199: Duvar panelinin iç görünüşü 236
Şekil 200: Tavandan ısıtma soğutma yapan hibrit klima paneli 236
Şekil 201: Yaz işletmesi 237
Şekil 202: Kış işletmesi 237
Şekil 203: Güç ve ısı yüklerinin bir gün boyu saatlik değişimlerine sanal örnek 238
Şekil 204: Sadece elektrik yük profilinin görünümü ve değişik c değerlerine göre seçili BIG kapasitesi 238
Şekil 205: Bina yüklerinin zaman ekseninde nicelik, nitelik ve oransal değişimi 239
Şekil 206: Hastane yük değişimi. Tıbbi cihaz yüklerinin zıplamalarına dikkat ediniz 240
Şekil 207: Başka bir hastanede soğutma mevsimi dışında günlük güç yükleri 240
Şekil 208: Soğutma mevsiminde güç yükünün artması 241
Şekil 209: Ortalama (soğutma mevsimi hariç) güç yüküne soğutma yükünün somut etkisi 241
Şekil 210: Günlük elektrik yükleri ile ısı yüklerinin çakışmazlığına ayrı bir örnek 241
Şekil 211: Dinamik yüklerin statik yük tabanına indirgenmesi 242
Şekil 212: Örnek en olumsuz koşul 244
Şekil 213: Isıl depolama kapasitesi (DK), pik yük (PY)-taban yük (TY) oranı ve EÇ arasındaki mantıksal ilişki 245
Şekil 214: Hibrit HVAC sistemine bağlı GSHP ile çalışan rüzgar türbini örneği şeması 245
Şekil 215: Trombe duvarın çalışma şekli 246
Şekil 216: Trombe duvar için gündüz ve gece çalışması 247
Şekil 217: Trombe duvar havalandırma düzeni 247
Şekil 218: Volan örneği 248
Şekil 219: Işık tüpleri Güneş Aydınlatma Borusu (Eser Binası, Ankara) 249
Şekil 220: Işık tüpü içinde meydana gelen sera etkisi ve aşırı ısınma 249

Şekil 221: PVTC ye dönüştürülmüş ışık tüpü 249
Şekil 222: Sistem Kesiti 249
Şekil 223: Sistem Kesiti 250
Şekil 224: Desikant tekeri çalışma prensibi 250
Şekil 225: Sistemin çalışma prensibi 250
Şekil **226:** Reichtag çatı entegre PV sistem ve entegre pasif aydınlatma tasarımı 254
Şekil **227:** Dunster Kalesi teras çatı PV uygulaması 254
Şekil **228:** Çatı Entegre PV Renovasyon uygulaması 254
Şekil **229a:** 2001 yılında yapılan onarımı 255
Şekil **229b:** 2002 yılı sonunda yenileme çalışması 255
Şekil **230a:** Ales-Fransa turist ofisi onarım öncesi plan ve cephe 255
Şekil **230b:** Ales-Fransa turist ofisi cephe bütünleşik PV uygulaması 255
Şekil 231: Safranbolu Evleri 258
Şekil 232: Kula Evleri 258
Şekil 233: Maraş Evleri 258
Şekil 234: Türk Evi iç mekân 258
Şekil 235: Türk Evinde odaların çevreyle ilişkileri ve pencerelerin günışığından yararlanılmasına yönelik konumları 261
Şekil 236: Tepe pencereleri, pencere ve sedirin (oturma bölümünün) konumları 261
Şekil 237: Genel bir Türk evi kesiti; 1.Yer katı: Hizmetler katı,
2. Kışlık kat: Pencereler küçük, yüksekliği el tavana değmeyecek kadar,
3.Yazlık kat: Pencereler büyük, hava dönenebilecek denli yüksek 262
Şekil 238: Türk Evinde mekânın önemine, iklim koşullarına göre şekillenen ocak türleri 263
Şekil 239: Sedir ve döşemelerin iklim şartlarına göre uygulama detayları 263
Şekil 240: Duvarla pencerelerin ilişkileri 264

TABLOLAR

Tablo 1: İç ortamlarda kabul edilen gürültü sınır değerleri 10
Tablo 2: İç ve dış ortamlarda maruz kalınan gürültü düzeyleri 11
Tablo 3: Bazı malzemelerin ses yutuculuk katsayıları 13
Tablo 4: Bazı malzemelerin ses geçiş kaybı değerleri 15
Tablo 5: STC değerleri ve yalıtım performanslarına örnekler 16
Tablo 6: Yapı elemanlarının ortalama ömürleri 26
Tablo 7: Binanın fonksiyonuna bağlı olarak gerçekleşen farklı su tüketim kalemleri ve su tüketim oranları 42
Tablo 8: Konut dışı binalarda su ihtiyacı 44
Tablo 9: Farklı fonksiyona sahip binalarda aynı su harcama alanlarında gerçekleşen farklı su tüketim oranları 45
Tablo 10: Arıtılmış evsel atıksuların dezenfekte edilmeden sulamada kullanılıp kullanılamayacağını gösteren Tablo (- İşaret suyun kullanılamayacağını, + İşaret ise kullanılabileceğini gösterir.) 49
Tablo 11: Arıtma sistemi kapasitesinin kişi sayısına göre değişimi 49
Tablo 12: Eşdeğer nüfusu 2.000'den küçük olan yerleşim alanlarında kullanılan tesisler için alansal ihtiyaçlar 58
Tablo 13: Eşdeğer nüfusu 2.000'den büyük olan yerleşim alanlarında kullanılan tesisler için alansal ihtiyaçlar 58
Tablo 14: İç ve dış ortamlarda maruz kalınan gürültü düzeyleri 60
Tablo 15: Ekonomik etkinliğe etki eden hususlar 63
Tablo 16: ABD ofisleri için personel ve enerji maliyetlerinin karşılaştırılması 66
Tablo 17: Örnek BBM proje birlikte çalışma haritası 93
Tablo 18: BBM modelleme program örnekleri listesi 94
Tablo 19: BBM analiz program örnekleri listesi 95
Tablo 20: Bazı yapı malzemelerinin tüm üretim ve tüketim süreçlerini içeren gömülü enerji ve karbon değerleri 107
Tablo 21: Bazı yapı malzemelerinin hizmet ömrü değerleri 107
Tablo 22: Hedeflenebilecek performansa dayalı cephe özellikleri 109
Tablo 23: Saydam yüzey tasarımında iklim bölgesine göre dikkat edilmesi gereken parametreler 111
Tablo 24: Gölgeleme faktörleri 116
Tablo 25: Çeşitli güneş kontrol elemanları ve uygulandıkları yön bilgileri 118
Tablo 26: Ömrü 50 yıl olan bir binada 1m^2 K/W ısı iletim direnci sağlamak amacıyla gerekli yalıtım malzemesi miktarlarına göre gömülü enerji ve karbon değerleri 121
Tablo 27: Farklı hacim türleri için aydınlık düzeyi önerileri 141
Tablo 28: Hedef çalışma düzlemi ve çevresine yönelik olarak aydınlık düzeyi ilişkisi 141
Tablo 29: Ofis ve Eğitim Binaları örnekleri için mekan türüne bağlı olarak istenen

aydınlık düzeyi ($E_{istenen}$) renksel geriverim değeri (R_a) düzgünlük (U) ve UGR değerleri 142
Tablo 30: Doğal aydınlatma miktarına etki eden fiziksel tasarım parametreleri 143
Tablo 31: Farklı cam türlerine ilişkin ışık geçirgenlik değerleri (%) 148
Tablo 32: Işık kaynaklarına ilişkin renk sıcaklığı verileri 149
Tablo 33: Aydınlatma sistemi türleri 150
Tablo 34: Değişik modellerin uygulanması 165
Tablo 35: Şekil 140'da verilen hava akımlarının açıklamaları 167
Tablo 36: Dış havanın (ODA) sınıflandırılması 167
Tablo 37: Konsantrasyon seviyesine göre dış hava örnekleri 168
Tablo 38: Ankara'da ölçülen dış hava CO_2 değerleri 168
Tablo 39: İç hava (IDA) sınıflandırılması 169
Tablo 40: Oda/mekan CO_2 seviyeleri 169
Tablo 41: Kişi başına düşen taze hava oranları 170
Tablo 42: Çıkan hava oranları tasarım değerleri 171
Tablo 43: Bina emisyonunun sebep olduğu havalandırma gereksinimi 173
Tablo 44: Konut dışı binalar için tavsiye edilen havalandırma değerleri 174
Tablo 45: EN 15251'e göre konutlarda havalandırma ihtiyacı, kullanım saatlerinde sürekli gerekli olan havalandırma 179
Tablo 46: EN 13779-2007'de verilen SFP değerleri 183
Tablo 47: EN 779'a göre her filtreleme grubu için tavsiye edilen filtre sınıflandırması 183
Tablo 48: CEN 13779'a göre kontrol sistemlerinin sınıflandırılması 186
Tablo 49: Talep kontrollü havalandırma tipleri 187
Tablo 50: Talep kontrollü havalandırma ile sağlanabilecek enerji tasarrufu yüzdeleri 188

KISALTMALAR

ÇÜB : Çevresel Ürün Beyannamesi
IDP : Bütünleşik Tasarım Süreci (Integrated Design Process)
ISO : Uluslararası Standardizasyon Örgütü
TS : Türk Standartı
TSE : Türk Standartları Enstitüsü
USACE : United States Army Corps of Engineers (Amerikan Ordusu Mühendisler Birliği)
VRV : Değişken Soğutucu Debili Sistem
WHO : World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
BIPV : Building Integrated Photovoltaic (Bina Bütünleşik Güneş Pili)
BIPV/T : Building Integrated Photovoltaic/Thermal (Bina Bütünleşik Güneş Pili/Kolektör Sistem)
BIST : Building Integrated Solar Thermal (Bina Bütünleşik Kolektör Sistem)
BBM (BIM) : Bina Bilgi Modellemesi (Building Information Management)
BBTY : Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı
BYS : Bina Yönetim Sistemi
CAD : Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CFD : Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği)
HVAC : Isıtma, Havalandırma ve Hava Şartlandırma Sistemleri
LOD : Level Of Development veya Level Of Detail
TABS: Thermally Active Building Systems (Isıl Bağlamda Etkin Bina Sistemleri)
İSİB: İklimlendirme Sanayi İhracatçıları Birliği
HEN: Hizmet Erişim Noktası
EKS: Eşdeğer Kapıönü Sıklığı
PBS: Planlı Bekleme Süresi
Uİ: Ulaşılabilirlik İndeksi
SAA: Sound Absorption Average
SAC: Sound Absorption Classes
NRC: Noise Reduction Coefficient
Hz: Hertz
SRI: Sound Reduction Index
INR: Impact Noise Rating
ÇED: Çevresel Etki Değerlendirmesi
TAB: Test, Ayar ve Balans
MERV: Minimum Energy Rating Value
DIN: Deutsches Institut für Normung (Alman Standartları Enstitüsü)
AKR: Ardışık Kesikli Reaktör
NZEB: Net Sıfır veya Sıfıra Yakın Enerjili Bina
ZEB: Sıfır Enerjili Bina
NZEXB: Net Sıfır veya Sıfıra Yakın Ekserjili Bina

1. TASARIM VE İNŞAAT SÜREÇLERİNDE ETKİLİ OLAN FİZİKSEL ORTAM GİRDİLERİNİN TANIMLANMASI

Bina tasarımını diğer alanlardan ayırt eden en önemli özelliklerden biri yapının belirli bir yer ile aidiyet ilişkisi kurmasıdır. Bu nedenle her bina bir yere aittir, bir fiziksel ve kültürel ortamın içinde yer alır, o ortamdan etkilenir, tersten gidildiğinde de varlığıyla o ortamı etkiler. Bina yere bağlı olarak yönlenir, ışık ve ısıdan etkilenme biçimleri tanımlanır, ulaşım ve altyapı ile kurduğu ilişki, diğer yapılar ve kentsel çevre ile kurduğu ilişki belirlenir, binanın zeminle kurduğu ilişki tanımlanır. Tasarım ve inşaat süreçlerinde en önemli belirleyici, fiziksel ve kültürel ortamdır. Bu nedenle fiziksel ortama bağlı olan verilerin tasarım sürecinde belirleyici olarak tanımlanması, öncelikli bir tasarım verisi olarak kullanılması başta enerji verimliliği olmak üzere tasarımın tüm aşamaları için yaşamsal bir önem taşır. Bu veriler aşağıdaki başlıklar altında tanımlanabilir:

1.1 Bölgesel Veriler

Enerji verimliliği konusu bina ölçeğinden çok bölgesel ölçekte değerlendirilmesi ve bölgesel özelliklere göre özgünlükler içinde ele alınması gereken bir konudur. Bu anlamda bölgelerin enerjiye erişim, üretim ve doğal kaynak potansiyelleri ile tüketim alışkanlıkları değerlendirilmeli, planlama ve tasarım süreçlerinde bu öncelikler öne alınmalıdır. Bölgelere özgü güneş, rüzgar, jeotermal gibi temiz enerji kaynaklarına öncelik verilmeli bu kaynakların kullanımı için bölgesel projeler geliştirilmeli, yapılar enerji kaynaklarına yönelik olarak tekil ölçekte değil bölgesel ölçekte değerlendirilmelidir.

Türkiye ölçeğinde bölgesel verilerin başında deprem riski gelmektedir. Deprem riski taşıyan bölgelerde binanın yer seçimi ve zemin özellikleri öncelik kazanmaktadır. Bu bölgelerde planlama aşamasında kullanım amacı ve yoğunluk öngörülerinin zemin değerleri gözetilerek oluşturulması, yüksek ve yoğun yapılaşmalardan olabildiğince kaçınılması gerekmektedir. Benzer biçimde yapı malzemeleri ve cephe kaplama malzemeleri ile bunların birleşme detayları deprem riskleri gözetilerek oluşturulmalıdır. Mimari tasarım aşamasında taşıyıcı sistemi zorlayacak biçim, kurgu ve oranlardan kaçınmalı, binanın taşıyıcı sisteminin ulaşabileceği abartılı boyutlar nedeni ile barındırabileceği ısı köprüleri minimize edilmeye çalışılmalıdır.

1.2 Çevresel Veriler

Binaların oluşmuş ya da plan kararları doğrultusunda oluşacak yakın çevreleri tasarım üzerinde doğrudan belirleyicidir. Bu verilerin tasarım sürecine girdi sağlayacak biçimde tanımlanması gerekir. Enerji planlamasından ulaşıma, topoğrafyadan atık yönetimine pek çok başlık altında bina tekil ve kendi mülkiyet alanı ile sınırlı bir tasarım konusu olarak ele alınmamalı yakın çevresinde oluşacak yapılaşmanın tasarım üzerindeki etkisi göz önüne alınmalıdır. Tasarımın geliştirilme sürecinde de bina kendi sınırları içinde bitmiş bir nesne olarak değil çevre yapılar ve doku üzerindeki görsel ve fiziksel etkileri ile bir bütün olarak düşünülmeli ve değerlendirilmelidir. Tersten gidildiğinde de binanın çevre üzerindeki etkisi, güneş, ışık, rüzgar gibi doğal kaynakları etkileme biçimi, oluşturduğu atık, gürültü kirliliği gibi etkiler önceden göz önüne alınmalı çevresel değerlendirme tasarımın bütünleşik girdisi olmalıdır.

1.3 İklimsel Veriler

İklim, tüm ülkelerde bina tasarımlarının doğasını etkileyen bir faktördür. Türkiye, değişken topoğrafyası ve üç yanını saran denizlere olan mesafeler nedeniyle oldukça değişken iklim bölgelerine sahiptir. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye üç iklim bölgesine ayrılır:

(i) Akdeniz ve Karadeniz'in kıyı bölgeleri Csa iklim tipindedir; yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı, ortalama sıcaklığın en sıcak ayda 22°C'nin üzerinde olduğu ılıman Akdeniz iklimi,

(ii) Anadolu'nun dağlık bölgeleri Dsa iklim tipindedir; yazları kurak, ortalama sıcaklığın en sıcak ayda 22°C'nin üzerinde en soğuk ayda -3°C'nin altında olduğu soğuk iklim,

(iii) Orta Anadolu yaylası BSk iklim tipindedir; yazları kurak ve yıllık ortalama sıcaklıkların 18°C'nin altında olduğu soğuk, kurak iklim.

TS 825 "Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları" standardı ise ısıtma derece gün bölgelerine göre Türkiye'yi 4 bölgeye ayırmıştır. 2013 Aralık ayında yayımlanan TS 825'in son halinde 5 iklim bölgesi kabul edilmiştir. Ancak, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, BEP TR yazılımı ve hesaplama metodolojisi 4 iklim bölgesine göre hesaplamalar yapmaktadır.

Bu değişken iklim bölgelerinin her birinin de farklı yağış koşulları vardır. Güneş kazancının maksimize veya minimize edilmesi için pencerelerin yönelimi ve opak/saydam oranı, yağmur ve kar yükleriyle baş etmek için çatı tipleri ve eğimleri bakımından farklı ihtiyaçlara ve fırsatlara yol açar.

1.4 Kentsel ve Kırsal Veriler

Türkiye yapı üretim ortamında kent ve kır ayrımı giderek belirsizleşmektedir. Planlama ve yapı üretim alışkanlıkları kent ve kır ayrımı gözetmeksizin tipolojik bir süreklilik oluşturmakta, çevresel ölçek ve yoğunluk dışında yapı ölçeğinde yere bağlı duyarlılıklar yitirilmektedir. Kentsel ölçekte toplu üretim ve birlikte yaşamanın kırsal ölçekte de doğal çevre ve kaynakların avantajlarının daha duyarlı olarak işlevsel hale getirilmesi tasarımın doğal girdisi olarak ele alınmalıdır.

1.5 Plan Hedef Verileri

Türkiye'de başta yoğun nüfus artışı ve kırdan kente göç olgusu olmak üzere gündeme gelen eklektik plan tadilatları plan hedeflerinin gerçekçi bir zemin oluşturmasının önüne geçmektedir. Beklenmedik yoğunluk ve yapılaşma büyüklükleri başta altyapı olmak üzere enerji planlamalarından atık yönetimine pek çok konuda sürdürülebilir bir çevre oluşmasını engellemektedir. Benzer biçimde plan hedeflerinde fiziksel ortam ile ilgili veriler ve önceliklerin baskın bir girdi olarak ele alınmaması, planlamanın ağırlıklı olarak mülkiyet paylaşımına yönelik gerçekleşmesi bölgesel olanak ve kaynakların verimli kullanılmasını, sorun önceliklerinin yerel çözümlerini kısıtlamaktadır.

1.6 Sosyal ve Kültürel Veriler

Türkiye fiziksel ve coğrafi farklılıklarının yanısıra sosyal ve kültürel farklılıklar barındıran büyük bir coğrafyayı tanımlamaktadır. Bu farklılıklar yapı üretim ve kullanma alışkanlıklarına yansımakta, tipolojik proje çözümleri bazı bölgesel sorunlar yaratmaktadır. Proje üretim süreçlerinde özellikle son kullanıcının kültürel ve sosyal alışkanlıkları ve öncelikleri göz önüne alınmalı bina ihtiyaç programları fiziksel ve kültürel ortamlar verilerine bağlı olarak oluşturulmalıdır.

1.7 Ekonomik Veriler

Türkiye ölçeğinde yapıların ilk yatırım maliyetleri belirgin bir tasarım girdisi oluşturmakla birlikte, işletme ve verimlilik maliyetleri ikincil bir duyarlılık alanı olarak kalmaktadır. Özellikle kamu yapılarında işletme ve

enerji verimliliği öne çıkan sorunlardandır. Ekonomik verimlilik sağlanmasına yönelik olarak bölgesel ve yerel fiziksel - kültürel ortama bağlı olan özgün olanakların, ihtiyaçların ve kullanım önceliklerinin tasarım girdisi olarak kullanılması, bu anlamda tip projelerden de kaçınılması gerekmektedir.

1.8 Altyapı Verileri

Altyapı konusu, planlama aşamasında, yapı büyüklük ve yoğunluklarında doğrudan belirleyici olmaktadır. Altyapı sistemi tamamlanmış bölgelerde radikal tadilat ya da kapasite sorunlarına neden olacak yeni yüklemelerden kaçınılmalıdır.

1.9 Topografik Veriler

Bir tasarımın ana kurgu ve verimliliğini belirleyen en önemli girdilerden biri topografik verilerdir yani yapıların yerle kurduğu ilişki biçimidir. Bu anlamda topografya, tasarımın baskın belirleyici girdilerinden biri olarak kullanılmalı; ısı, ışık, erişilebilirlik, dış mekan ilişkileri ve yapının ana kurgusu topografik verileri esas alarak oluşturulmalıdır. Türkiye'de yaygın olarak uygulanan tip projelerin en önemli sorunlarından biri farklı topografyalara uyum sorunudur. Fiziksel ve kültürel ortama bağlı olan verilerin birer kısıt olmaktan çıkarılarak projeyi yönlendiren bir değere dönüştürülmesi ancak tip projelerden vazgeçilmesi ile olanaklıdır.

1.10 Ulaşım Verileri

Ulaşım enerji tüketiminde en önemli girdilerden birini oluşturmaktadır. Sadece enerji verimliliğine yönelik değil, sürdürülebilir bir yaşamın her alanında , ulaşım için harcanan zaman ve ulaşım nedeni ile oluşan kirlilik temel bir veri oluşturmaktadır. Bu nedenle özellikle planlama aşamasında işlevsel yer seçimleri, yoğunluk dağılımları ve altyapı olanakları ulaşıma ayrılacak zaman ve oluşacak sorunları asgari düzeye indirecek, alternatif ve temiz ulaşım olanaklarını işlevselleştirebilecek biçimde geliştirilmelidir. Ulaşım yükü fazla olan okul, spor tesisleri, işyeri, üretim tesisleri gibi yapıların planlanmasında ve yer seçiminde mevcut fiziksel koşullara eklemlenme biçimlerine dikkat edilmelidir.

1.11 Zemin Verileri

Zemin sadece yapının sağlamlığına yönelik bir mühendislik girdisi olarak değil, aynı zamanda malzeme, su tutma ve tarımsal özelliklerine göre değerlendirilmeli, zemin altındaki ısı değerleri ve doğal kaynaklar tasarım aşamasında enerji verimliliğine yönelik kaynak girdiler olarak incelenmelidir.

1.12 İşlevsel Veriler

Yapının işlevsel özellikleri, yoğunluğu ve ilişki kurgusu tasarım üzerinde doğrudan belirleyicidir. Nitelikli ve araştırmaya dayalı, gerçekçi bir yapı programı ile gerekli olmayan hacimlerin üretimi baştan engellenebilir. Bina ihtiyaç programında oluşacak daralma ve büyüklüklerinin azaltılması enerji verimliliği ve sürdürülebilir bir çevre için alınabilecek önlemlerin başında gelmektedir. Bu anlamda yeni yapı programlarının belirlenmesi kadar mevcut yapı stoğunun verimli değerlendirilmesi özellikle kamu yapılarındaki ortak alanlara çok amaçlı ve esnek kullanım kazandırılması önem taşımaktadır

1.13 Yönlenme Verileri ve Işık

Enerji verimliliğinde en önemli tasarım girdilerinden biri yapının güneş ve ışıkla kurduğu ilişkidir. Bu anlamda yapının işlevsel gereksinimi ve kullanım yoğunluğu ile güneş ve ışığa yönlenme biçimi, içinde yer alacak hacimlerin yönlere bağlı olarak konumlandırılışı yapının konfor koşulları kadar, enerji tüketimi üzerinde belirleyici olmaktadır. Burada ışık ve güneş yapı programına ve tasarım yapılan alanın/sahanın fiziksel koşullarına bağlı olarak istenen, maksimize edilmesi gereken bir girdi olabileceği gibi kısıtlanması denetlenmesi gereken bir girdi de oluşturabilmektedir. Benzer biçimde bölgesel ve yerel konuma bağlı özellikler doğal enerji kaynaklarının kullanımı için bazı olanaklar sunabilir. Yapı bağlamının rüzgar, su, güneş ilişkilerine göre değerlendirilmesi ve tasarımın gerek plan kurgusu gerekse cephe özelliklerine yönelik olarak bu girdiler doğrultusunda değerlendirilmesi gerekir. Daha önce de vurgulandığı gibi tip projeler yönlenme verilerinin değerlendirilmesine yönelik kısıtlar getirmektedir.

Yönlenme verilerine ek olarak ışık kalitesini doğrudan etkileyen faktörlerden biri de dokusal ilişkilerdir yani yapıların birbirleri üzerindeki perdeleme ilişkileridir. Özellikle planlama aşamasında yapı yükseklik ve çekme mesafeleri ile kentsel ölçekteki birden çok yapıyı içeren planlamalarda yapıların birbirleri üzerindeki gölgeleme etkisi göz önüne alınmalıdır.

1.14 Ses Verileri

Alanın/Sahanın çevresel, fiziksel koşullarına bağlı gürültü kirliliği birden fazla kişinin ya da ailenin yaşadığı ortamlarda, ortak çalışma alanlarında yapı içi geçirgenliği ve ses kirliliği, çevre ölçeğinde de yapıların doğrudan ürettiği ses kirliliği olarak değerlendirilmelidir. Bu hususa dikkat edilerek planlamada gece ve gündüz kullanımlarının bölgelenmesi, yapı detaylarında, seçilen malzeme ve duvar kalınlıklarında ses kaynaklarının niteliğinin göz önüne alınması gerekmektedir. Benzer biçimde ses kirliliği oluşturan yapıların, olanaklı ise planlama aşamasında izole edilmesi, değilse, tercihen yeşil alanlar, ağaçlı bölgeler gibi doğal çevre malzemeleri ile ayrılması önerilmektedir.

1.15 Görsel Etki Verileri

Yapıların içinde bulundukları fiziksel ortam ile kurdukları dil ve ölçek sürekliliği ya da kasıtlı olarak oluşturulmuş faklılıklar insan çevre ilişkisinde belirleyici olmaktadır. Bu süreklilik işaret değeri oluşturacak yapılarda kasıtlı olarak kırılabilir. Ancak ölçek ve dil açısından bilinçli olarak planlanmamış farklılıklar görsel algı sürekliliğini kesintiye uğratacak, görsel kirlilik yaratacaktır. Öte yandan Türkiye'de oluşmuş olan kentsel doku nitelikli bir kültürel ve mimari temsiliyet barındırmamaktadır. Bu nedenle kültürel ve fiziksel ortam, her zaman tasarım dilinin baskın belirleyicisi olarak görülmeyebilir. Yapıların görsel etkisinde üretim gelenekleri, kültürel kabuller ya da dönemsel olarak öne çıkan eğilimler etkili olabilmektedir. Bu nedenle enerji verimli binalara yönelik kültürel olarak kabul görmüş görsel değerlerin yerleşmesine çaba harcanmalı, yapının işaret değeri ve dışa vurumu ile işlevsel nitelikleri ve varlığı arasında bir süreklilik oluşturulmalıdır.

1.16 Özel Veriler

Özellikle Türkiye ortamında yapılı çevre, yerel ölçekte anlam barındıran geleneksel dokular ve kültür varlıkları barındırmaktadır. Bu yapıların ve çevrelerin onarım ve yeniden değerlendirilmesi aşamasında enerji verimliliği özel bir araştırma ve proje konusu olarak ele alınmalı, benzer biçimde bu çevrelerde yeni yapılacak yapılar benzer bir çevre duyarlılığı ve çevresel, sosyal sürdürülebilirlik düşüncesini öne almalıdır.

2. ARAZİ SEÇİMİ VE ALANIN ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Arazi seçiminde amaçlardan en önemlisi yapının çevresi ile olan etkileşimi olmalıdır. Her ne kadar tanımlanmış imar parseli üzerinde çalışma yürütülecek olsa da yapılacak yapının tipolojisine göre farklı kriterleri göz önünde bulundurmak gerekecektir. Seçilecek arazide yapılacak bina uzun yıllar boyunca kalacak ve bu süreçte de çeşitli yenilemelerle varlığını devam ettirecektir. Yapım aşamasında toprağın kazılmasından itibaren çevre ile etkileşim başlar ve bu etkileşim ekonomik ömür sonunda yapının yıkılması ve bertaraf edilmesine kadar sürer. Proje ekibinin sorumluluğu tüm bu süreyi kapsayacaktır.

Arazi seçimi, yeni projenin geliştirilmesinde tasarım süreci için fırsatlar ve sınırlamaları büyük ölçüde belirleyecek olan temel adımdır.

Temel adımlar şunları içermektedir:

Önceki kullanımın belirlenmesi; daha önce inşa edilmiş yapılar olup olmadığının, eskiden park alanı veya tarım alanı olup olmadığının tespit edilmesi (örneğin alan daha önce endüstriyel amaçlı kullanılmışsa, arazi toprağı kirlenmiş olabilir gibi).

Arazinin toplu taşıma hizmetlerine kolay erişim bakımından uygunluğunun değerlendirilmesi.

Arazinin ticari ve kamusal hizmetler, eğlence ve kamusal yeşil alanlara erişim bakımından uygunluğunun değerlendirilmesi.

Jeolojik ve toprak özelliklerinin belirlenmesi (örneğin ağır yağışlı koşullarda zemin toprağı istikrarsızlığı veya bazı topraklar için kuraklık durumunda taşıma gücünün azalması gibi).

Yüzey toprağının erozyon potansiyeli, zemin istikrarı ve yüzey altı katmanların taşıma gücünün değerlendirilmesi.

Sahanın ekolojik kalitesi ve biyoçeşitliliğinin değerlendirilmesi.

İnşaat kolaylığı, yeraltı suyu akışı veya toprak istikrarını etkileyen eğimin değerlendirilmesi.

Yüzey ve yüzey altı su kalitesinin değerlendirilmesi.

Terk edilmiş endüstriyel saha ise, koşulları iyileştirmek için önlemlerin alınması.

Toprakta radon varlığının kontrol edilmesi.

Bitişik mülklerde, söz konusu binanın tasarımına sınırlama getirebilecek özelliklerin tespit edilmesi.

- En iyi pasif güneş yönelimi için muhtemel bina konumunun tespit edilmesi.
- Muhtemel yeni binanın güney ve batıda açıklıklarında güneş kazancını azaltacak gölge yapan ağaçların varlığının tespit edilmesi.
- Arazinin kritik noktalarında tipik ses düzeyi'nin (Leq) ölçülmesi.
- Alan özellikleri raporunun hazırlanması.

2.1 Arazinin Toplu Taşım Olanaklarının Değerlendirilmesi

Binanın yapılacağı alanın toplu taşımaya erişiminin önemi büyüktür. Bu sayede kişisel araç kullanımı azalacaktır. Sonuçta araç kullanımı sebebi ile oluşacak sera gazı salımı ve fosil kaynaklı yakıt kullanımı azalacaktır.

Ancak toplu ulaşıma yakınlıktan bahsedilirken bu mesafenin ne kadar olması gerektiği, alan yakınından geçen otobüs, minibüs ve tren hatlarının hangi sıklıkta olması gerektiği önem arz etmektedir. Dünyada bu tür

kararlar için kullanılan erişilebilirlik indeksi adı ile anılan bir yaklaşım vardır. Genel yaklaşım erişilebilirlik indeksinin mümkün olduğunca yüksek olmasıdır.

Bu indeksin hesaplanabilmesi için aşağıdaki verilerin toplanması gereklidir:

a. Binanın ana girişinin uygun olan her toplu taşıma güzergahında bulunan durak ile arasındaki mesafe (m).

b. Uygun toplu taşıma güzergahında bulunan durağa hizmet veren toplu taşıma türlerinin belirlenmesi; örneğin otobüs, raylı sistem, deniz ulaşımı veya minibüs güzergahları.

c. Bir günde binanın standart işletim saatleri boyunca, uygun olan her toplu taşıma güzergahında bulunan durağa bir saat boyunca gelen ortalama hizmet sayısı (duraktan geçen sefer adedi).

Hesaplama Yöntemi

Hesaplamada birinci aşama, ilgili alan (İA) olarakta bilinen araziden en yakın otobüs durağına ve demiryolu istasyonuna yürüme mesafesinin hesaplanmasıdır.

Bu duraklar ve istasyonlar, hizmet erişim noktaları (HEN) olarak bilinir. Hesaplamaya yalnızca ilgili alana belirli bir mesafe dahilinde olan hizmet erişim noktaları dahil edilir (otobüs durakları için 640 m ve tren istasyonları için 1000 m; standart varsayılan 80m/dk yürüme hızıyla 8 dakikalık ve 12 dakikalık yürüme mesafesidir).

Bir sonraki aşamada, bir hizmet erişim noktasına hizmet veren her güzergah için sabah en yoğun zamanda hizmet düzeyi belirlenir. Bir güzergahta her yöndeki hizmet düzeyi farklı olursa, en yüksek sıklığa sahip olan alınır.

Sonra, ilgili alandan hizmet erişim noktasına yürüme süresi ile o güzergahta hizmetin gelmesi için ortalama bekleme süresini (yani, iki sefer arasındaki sürenin yarısı) toplamak suretiyle her güzergah için toplam erişim süresi hesaplanır. Bu, 30 dakikayı toplam erişim süresine bölmek suretiyle Eşdeğer Kapıönü Sıklığı'na (EKS) dönüştürülür; bunun amacı, toplam erişim süresini, "toplu taşıma güzergahının ilgili alanın kapısının önünden geçiyormuş gibi, göreceli ortalama bekleme süresi"ne dönüştürmektir.

Güvenilirlik faktörü otobüsler için 8 dakika, trenler için 2 dakika ve minibüsler için 5 dakika alınabilir.

Planlı Bekleme Süresi = PBS

Eşdeğer Kapıönü Sıklığı = EKS

EKS = 30 / toplam erişim süresi (dk)

$Uİ_{mod} = EKS_{maks} + (0,5 \text{ x tüm diğer EKS'ler})$

$Uİ_{ia} = \Sigma(Uİ_{mod1} + Uİm_{od1} + Uİ_{mod2} + Uİ_{mod3} \ldots Uİ_{modn})$

Uİ = Ulaşılabilirlik İndeksi

2.2 Arazinin Rekreasyon Alanları, Yeşil alanlar, Hizmet Alanlarına Erişim Olanaklarının Değerlendirilmesi

Seçilecek alanın sosyal alanlara yakınlığı çok önemlidir. Türkiye'de farklı bölgelerde rekreasyon bölgeleri yapılmasının sebebi de budur. Rekreasyon kelime anlamı ile yenilenme alanı demektir. Yenilenme alanlarına duyulan ihtiyaç sebebi ile bu alanlara yakınlıklar dikkate alınmalıdır.

Konut örneğinden gitmek gerekir ise, konut için gerekli alışverişin yapılabileceği manav, kasap gibi günlük

ihtiyaca yönelik unsurların yürüme mesafesinde olması gerekir. Bu yürüyüş mesafesinin uzunluğu farklı kaynaklarda değişkenlik göstermekle beraber kabaca 800 -1200 metre olarak ele alınabilir.

Ayrıca konut örneğinden devam etmek gerekirse; konuttaki çocukların okula yürüyerek gitmelerini sağlamak ve de çocuk oyun alanlarının yürüme mesafesinde olmasını sağlamak gerekir. Bu mesafe de farklı kaynaklarda 2500-3500 metre aralığında değişmektedir.

Kullanıcının kendisini ruhen ve bedenen yenileyeceği alanlara da ihtiyacı olacaktır. Bu alanlar; rekreasyon alanları, yürüme yolları veya bisiklet yolları olarak tariflenebilir. Bu durumda da bu alanlara mesafenin de 2500 - 3500 metre civarında olması önerilir.

2.3 Toprağın Erozyon Potansiyelinin, Özelliklerinin ve Zemin Emniyet Katsayısının Değerlendirilmesi

Alandaki toprağın özelliklerinin belirlenebilmesi için jeolojik etüt çalışması yapılmalı ve zemin hakkında detaylı bilgiye sahip olunmalıdır. Jeolojik etütün yanında jeofizik mühendislerinden de zemin yapısı hakkında görüş alınmalı; statik projeye girilecek zemin emniyet katsayıları bu şekilde elde edilmelidir.

Jeolojik etüt yapılacak kuyu sayısı binanın büyüklüğüne göre arttırılmalı ve bu sayede inşa edilecek tüm alandaki zemin hakkında bir fikre sahip olunmalıdır. Türkiye'nin büyük çoğunluğunun deprem bölgesi olduğu unutulmamalı ve zeminde sıvılaşma gibi riskler var ise bu riskler mutlaka tasarım aşamasında göz önüne alınmalıdır.

İnşaatın yapılacağı alanda dolgu toprak olup olmadığı kontrol edilmelidir. Dolgu toprak var ise bina temelleri için sağlam zemin bulunmalıdır. İksa sistemlerinden hangisinin uygulanacağı konusunda verilecek karar bu aşamada değerlendirilmelidir.

Yapılacak çalışmada yeterli sayı ve derinlikte sondaj yapılarak arazide ve laboratuvarda yapılacak deneylerle zemin özellikleri belirlenmeli ve raporlanmalıdır.

Yapılacak zemin etüt çalışması aşağıdaki bilgileri içermelidir:

- Alanın jeomorfolojik yapısı ve zemin profili ile ilgili bilgiler ile arsanın genel görünümü, sorunlu kısımlar, yarılmalar gibi durumların fotoğrafları ile görsel bilgileri.
- Zemin sınıflandırmasına yönelik temel zemin parametreleri.
- Temel tipinin seçimine yönelik gerekli bilgiler.
- Zemin taşıma gücünün hesaplanmasına yönelik veriler.
- Zemin yatak katsayısının belirlenmesine yönelik veriler.
- Temel altındaki zeminin bina yükleri altında oturma hesabının yapılabilmesi için gerekli veriler.
- Yeraltı su seviyeleri ve mevsimsel değişimleri ile ilgili bilgiler.
- Kumlu zeminler için sıvılaşma ve killi zeminler için şişme potansiyeli ile ilgili bilgiler.
- İnşaat yapımı sırasında karşılaşılabilecek su drenajı, şev stabilite problemi gibi bilgiler.
- Yakın çevrede yapılar bulunması durumunda, bu yapıların güvenlik durumlarının belirlenmesi için kullanılacak bilgiler.
- Zayıf zeminlerde, zemin iyileştirmesi ve/veya iksa yapılması gerekmesi durumunda analizlerde kullanılacak veriler.
- İnşaat alanında olası çevre sorunları ile ilgili bilgiler ve bunların çözümüne yönelik öneriler.

Tasarım ekibinde yer alan inşaat mühendisi, zemin etüt raporundaki zemin verilerini kullanarak seçilecek temel tipine göre; zemin taşıma gücü, yatak katsayısı, oturma potansiyeli gibi temel tasarım parametrelerini

hesaplamalı ve hesapladığı bu parametreleri kullanarak temel tasarımını tamamlamalıdır. Yetersiz veri olması durumunda ilave zemin etüt çalışması yapılarak eksik veya yetersiz veriler saha ve laboratuvar deneyleri ile belirlenmelidir.

Zeminde sıvılaşma gibi olumsuzlukların belirlenmesi durumunda temel yapımından önce jet grou[1] gibi yöntemlerle zemin iyileştirmesi yapılması veya derin temel sistemi seçimi yoluna gidilmelidir. Gerekmesi durumunda zemin iyileştirmesi ve derin temel uygulaması birlikte yapılmalıdır.

2.4 Arazinin Ekolojik Kalitesinin Değerlendirilmesi

İnşa edilecek bina, bulunduğu ekosistem ile uyumlu bir birliktelik sağlamalıdır. Bu nedenle de alanın ekolojik özellikleri araştırılmalı, alan üzerindeki yerli bitki türlerinin durumu kontrol edilmeli, alanın hangi canlı türlerine ev sahipliği yaptığı ortaya konmalıdır. Tasarımsal çözümlerde buradan elde edilecek veri kullanılacaktır. Unutulmamalıdır ki binanın inşaasından sonra alandaki ekolojik sistem tamamen değişecektir.

2.5 Gerekli Alan İyileştirilmelerinin Yapılması

Daha önce endüstri tarafından kullanılmış alanlar için ilk olarak ilgili endüstrinin su, hava ve toprakta yapması muhtemel kirlilik riskleri tespit edilmelidir. Çevresel risklerin oluşup oluşmadığını belirlemek için alanda gözlemsel ve deneysel araştırmalar yapılmalıdır. Araştırma sonuçlarına göre öngörülen çevresel etkilerden bir veya birkaçının tespit edilmesi durumunda, bu etkilerin giderilmesi için gerekli teknik projeler hazırlanmalı ve uygulanmalıdır.

2.6 Toprağın Radon Seviyesinin Belirlenmesi

Radon, özellikle akciğer kanserine sebep olan önemli bir asal gazdır (World Health Organization (WHO), 2009). Bölgelerin jeolojisine göre farklılık göstermekle birlikte toprakta büyük oranda doğal radyoaktif radon bulunmaktadır. Radon salınımının en önemli kaynağını granit ve volkanik topraklar ile tortul kiltaşı oluşturmaktadır (Güler & Çobanoğlu, 1997). Oluşan radon gazı zamana bağlı olarak ya da deprem gibi doğal olaylar sonucunda ani olarak zeminde oluşacak çatlaklardan sızarak atmosfere karışmakta veya çözünme özelliği nedeniyle suyla taşınabilmektedir. Radon yapılara; temel gibi yapısal elemanlardaki çatlaklar, duvarlardaki çatlaklar, tesisat boruları etrafındaki boşluklar, su iletim sistemleri gibi yollarla girebilmektedir. İnsan sağlığı üzerindeki etkileri nedeni ile yapı yapılacak alanlar özellikle üç kat ve daha az katlı yapıların içinde radon varlığına karşı test yapılması gerekmektedir.

2.7 Komşu Alanlardaki Yapılaşmaların Arazi Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

Türkiye'de çok değerli kültür mirasları bulunmaktadır. Bu kültür miraslarının değerlendirmesi Kültür Varlıklarını Koruma Kurulları'nın yetkisindedir. Eğer inşaatın yapılacağı alan korunması gereken kültür varlıklarına yakın ise (komşuluk, kültür varlığının alan yakınında olması veya alanda bulunması gibi) o yerden sorumlu koruma kurulundan tasarım yaklaşımları ile ilgili bilgi alınmalıdır. Yeni tasarımın, mevcut kültürel kimliğin dokusunu bozmayacak, gelecek nesillerin de bu kültürel oluşumdan fayda görmesini sağlayacak nitelikte olmalıdır. Bu tutum, yeni tasarımın sürdürülebilirlik anlayışına da uygun olacaktır.

Bunun yanında farklı bina tiplerinin yapımları için yakın çevrelerindeki binalar için de kısıtlamalar getiril-

[1] Jet grout: basınçlı hava/su ve çimento enjeksiyonu yapılarak zeminin özelliklerinin iyileştirilmesi yöntemidir.

miştir. Örneğin ilk öğretim ve lise binaları gibi eğitim binalarının etrafında içkili mekanların olamayacağı gibi. Bu kısıtlar, tasarım aşamasından önce ele alınmalı ve değerlendirilmelidir.

Türkiye'de, özellikle kullanım alanlarının kısıtlı olduğu şehirlerde bitişik nizam bina yapımı oldukça yaygın bir uygulamadır. Bitişik nizam yapılar, aralarında uygun derz aralıkları bırakılmaması durumunda, özellikle deprem gibi doğal afetler sırasında, birbirlerine çarparak çekiçleme etkisi ile yapılarda hasar oluşmasına ve hatta yıkılmasına neden olmaktadır. Deprem sırasında oluşacak bu hasarın engellenmesi için komşu binalar arasında yeni binanın yapıldığı yılda yürürlükte olan mevcut Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te belirtilen deprem derzi boşluklarının bırakılması gerekmektedir.

2.8 Arazide Kritik Noktalarda Gürültü Ölçümlerinin Yapılması ve Gürültü Kontrolü

Gürültü kontrolü denince akla ilk gelmesi gereken gürültüyü kabul edilen düzeylere indirmek olmalıdır. Unutulmamalıdır ki, ses/gürültü kişinin çevresi ile bilgi alışverişinin önemli araçlarından biridir. Bu bağlamda ilgili yönetmelikte verilen ve farklı kaynaklar, zaman dilimleri ve farklı kullanım alanları için tanımlanan sınır değerler tasarım ve planlamada performans ölçütleri olarak rol oynamalıdır. Bu şekilde, mimari tasarımın ilk aşamalarından başlayarak, yön seçimi plan organizasyonu, malzemelerin seçimi ve detaylandırılması gibi çevresel gürültü kontrolü ve akustik konfor için yapı ölçeğinden kent ölçeğine uzanan eylemler gerçekleştirilebilecektir. Tablo 1'de belirtilen iç ortamlarda sınır kabul edilen gürültü değerleri, Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde detaylandırılmaktadır.

Günlük yaşamda, maruz kaldığımız çevresel gürültü düzeyleri ve bireyler üzerindeki olası etkileri Tablo 2'de verilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken mevcut çevresel gürültünün düzeyi ile tasarlanan yapının/mekanın hangi amaçla kullanılacağının, tasarımın en başından itibaren dikkate alınarak, tasarım detaylarının, yapı plan organizasyonunun şekillendirilmesidir.

Çevresel gürültünün kontrolünde en önemli adımlardan biri, mevcut gürültünün saptanması/modellenmesi ve bu veriler dikkate alınarak tasarım ve planlamanın yapılmasıdır. Bu bağlamda gürültü ölçümleri ve gürültü haritaları tasarım ve gürültü kontrolü için önemli enstrümanlardır. Çevresel gürültü ölçümlerinde ölçülen temel parametre Desibel (dB) ölçeğinde ses basınç düzeyidir (Lp sound pressure level). Ancak gürültü ile ilgili yürütülen çalışmalarda temel amaç insanın nasıl etkilendiğinin saptanması olduğundan, insan kulağının duyma biçimini en iyi temsil eden A-ağırlıklı frekans ağırlıklama çevresel gürültü ölçüm parametresi olarak benimsenerek ve ölçümlerin LpA ve dBA ağırlıklı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Çevresel gürültüye neden olan temel gürültü kaynakları aşağıda verilen temel başlıklar altında toplanmıştır.

Ulaşım kaynaklı gürültü (kara, hava, deniz, demiryolu ulaşımı)

- Endüstriyel tesislerden kaynaklanan gürültü
- Şantiyelerden kaynaklanan gürültü
- Konuşma, spor gibi etkinliklerden kaynaklanan gürültü
- Ticari ve eğlence yerlerinden kaynaklanan gürültü

Yapı içinde mekanik sistemlerden, darbeden, yapı içinde yer alan ticari işletmelerden ve komşuluktan (bitişik nizam ve/veya alt-üst) kaynaklanan gürültü

Her bir gürültü kaynağının ölçümü kaynağın gürültü özelliklerine ve kaynağın etkilediği yerin işlevine göre

Tablo 1: İç ortamlarda kabul edilen gürültü sınır değerleri

Kullanım Alanı		Kapalı Pencere Leq (dBA)	Açık Pencere Leq (dBA)
	Kullanım alanlarında herhangi bir faaliyet olmadığı durumlardaki değerler:		
Kültürel Tesis Alanları	Tiyatro salonları	30	40
	Sinema salonları	30	40
	Konser salonları	25	35
	Konferans salonları	30	40
Sağlık Tesis Alanları	Yataklı tedavi kurum ve kuruluşları, dispanser, poliklinik, bakım ve huzur evleri ve benzeri.	35	45
	Dinlenme ve tedavi odaları	25	35
Eğitim Tesisleri Alanları	Okullardaki derslikler, özel eğitim tesisleri, kreşler, laboratuarlar ve benzeri.	35	45
	Spor salonu,	55	65
	Yemekhane	45	55
	Kreşlerdeki yatak odaları	30	40
Turizm Yerleşme Alanları	Otel, motel, tatil köyü, pansiyon ve benzeri yatak odası	35	45
	Konaklama tesislerindeki restoran	35	45
Sit Alanları	Arkeolojik, doğal, kentsel, tarihi ve benzeri.	55	65
Ticari Yapılar	Büyük ofis	45	55
	Toplantı salonları	35	45
	Büyük daktilo veya bilgisayar odaları	50	60
	Oyun odaları	60	70
	Özel büro (uygulamalı)	45	55
	Genel büro (hesap, yazı bölmeleri)	50	60
	İş merkezleri, dükkanlar ve benzeri.	60	70
	Ticari depolama	60	70
	Lokantalar	45	55
Kamu Kurum Kuruluşları	Ofisler	45	55
	Laboratuvarlar	45	55
	Toplantı salonları	35	45
	Bilgisayar odaları	50	60
Spor Alanları	Spor salonları ve yüzme havuzları	55	65
Konut Alanları	Yatak odaları	35	45
	Oturma odaları	45	55

belirlenmesi gereken süre ve yerde ölçülmelidir. Tüm çevresel gürültü ölçümlerinde, ISO 1996-1 (TSE 9315-1) ve ISO 1996-2 (TSE 9315-2) kullanılması gereken temel standartlardır. ISO 1996-1ve 2 çevresel gürültü ve ölçümlere dair temel tanımları, kapsamı, temel etki değerlendirme yöntemlerini, farklı gürültü kaynakları için ölçüm pratiğini, olası belirsizlikleri ve yapılması gereken düzeltmeleri içerdiğinden özellikle yönetmeliklerin belirlenmesinde ve ölçümlerin sağlıklı yapılmasında başvurulması gereken ilk standartlardır.

Gürültü ölçümleri, meteorolojik koşullardan, arka plan gürültüsünden ve bu gürültüdeki değişimlerden, seçilen ölçüm noktasının konumundan, ölçüm cihazlarından kaynaklanan farklılıklardan, topoğrafya ve mev-

Tablo 2: İç ve Dış Ortamlarda Maruz Kalınan Gürültü Düzeyleri
(http://gurultu.cevreorman.gov.tr/gurultu/AnaSayfa/gurultu/gurultudegerleri.aspx?sflang=tr)

Aktivite	**Gürültü Seviyesi[dB(A)]**	**Görünen Gürültülülük**	**Tipik Fiziksel Tepkiler**
Roket Fırlatma	180		Tehlikeli seviye
Jet uçakların kalkışı	140		Tehlikeli seviye (Ağrı eşiği)
Silah sesi			
Av tüfeği (çifte sesi)	*130*	*512 kat gürültülü*	*Ses yükseltici kullanılarak yapılan konuşmanın duyulmasını engelleyebilmektedir. Gürültü ağrıya sebep olabilir. Günlük 3.75 dk boyunca bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.*
Hava saldırısı sireni			
Hidrolik pres (3 m uzakta)			
Araba kornası	120	256 kat gürültülü	Günlük 7.5 dk boyunca bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.
Uçak pervanesi			
Ses yükseltici kullanılarak yapılan Rock Müziği	*110-130*	*128-512 kat gürültülü*	*Günlük 30 saniye ile 3.75 dk arasındaki zaman süresince bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.*
Kum püskürtme makinesi	110	128 kat gürültülü	Günlük yarım saat boyunca bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.
Motorlu tekne içi			
Tipik Gece Kulübü			
Susturucusuz motosiklet (7m uzakta)			
Helikopter	*105*		*Günlük bir saat boyunca bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.*
Jet Kalkışı (500 m uzakta)	100	64 kat gürültülü	Günlük iki saat boyunca bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.
Tren sireni (30 m uzakta)			
Dizel kamyonlar			
Havalı matkap			
Ağır Kamyon (15m uzakta)	*90*	*32 kat gürültülü*	*Çok rahatsız edici.* *Günlük sekiz saat boyunca bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.*
Yoğun şehir caddesi			
Geçen motosiklet			
Yüksek bağırma			
Çocuk çığlığı			
Yoğun trafik alanları	80	16 kat gürültülü	Rahatsız edici
Saat zili			
Yük treni (15 m uzakta)			
Dizel kamyon (10 m uzakta)			
Tren kornası (500 m uzakta)	*70*	*8 kat gürültülü*	*Telefon kullanımını kısıtlar*
	65		Kalp-kan dolaşımı rahatsızlıkları
Fon müziği	*60*	*4 kat gürültülü*	*Rahatsızlık*
Hafif araç trafiği (15 m uzakta)			
Normal konuşma (1 m uzakta)			
Çamaşır kurutucusu			
Gürültülü ofis			
Kuş cıvıltıları (15 m uzakta)	55		
Sessiz ofis	*50*	*2 kat gürültülü*	*Dikkat dağınıklığı*
Buzdolabı	45		Sohbet ederken, telefonda konuşurken, TV ve radyo dinlerken rahatsızlık
Halk kütüphanesi	*40*	*Sessiz ortam*	
Sessiz oda			
Sessiz alanlar			
Kayıt stüdyo odaları içi	30		Çok sessiz
Yatak odası içi			
Fısıltılı Konuşma			
Nefes alma sesi (1m uzakta)	*25*		
Sesin algılanma eşiği	10		Ancak duyulabilir
Duyma eşiği	*0*		*Duyulur değil*

cut kent dokusundan, kaynağın işletim koşullarından vb. kaynaklanabilecek pek çok belirsizliği içermektedir. Oysa ölçümlerin temel amacı, mevcut durumu yüksek bir güvenilirlik oranı ile temsil etmek ve tekrarlanabilirlik olmaktır. Bu bağlamda çevresel gürültü ile ilgili genel çerçeveyi, ölçümlerde yapılması gerekenleri ve ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde gerek belirsizlik hesapları gerekse etki-değerlendirme için gereken düzeltmeleri kapsayan bu standartların ölçümlerde kullanılması gerekmektedir. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği kapsamında, ölçüm yapacak ve gürültü haritası hazırlayacak kişilerin, ölçüm yapma sertifikasına sahip olması gerekmektedir.

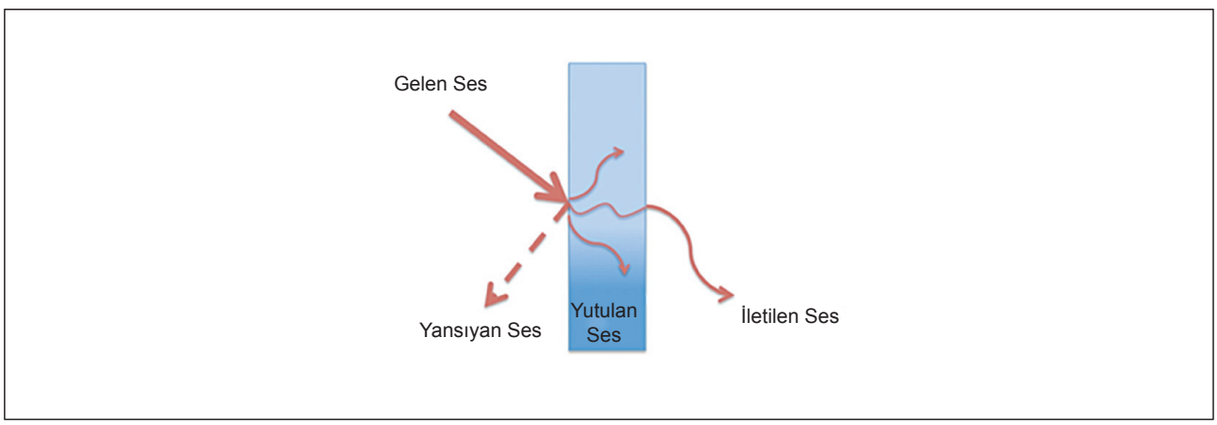
Gürültü ölçümlerinde temel kural ölçüm süresinin gürültü kaynağının olası tüm değişimlerini temsil edebilecek bir süre olmasıdır. Bireylerin gürültüye olan tepkileri gündüz, akşam ve gece saatlerinde farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar yönetmelikteki norm değerlere yansımıştır. Bu nedenle bir diğer önemli gürültü ölçüm kuralı gürültünün bu üç farklı zaman dilimi içinde ölçülmesi ve değerlendirilmesidir. Ölçümlerdeki temel amaç bireylerin gürültüden nasıl etkilendiğinin saptanması ve korunması olduğundan, ölçümler gürültü kaynağına en yakın ve bireylerin kullanımının en yoğun olduğu noktalarda standartlara uygun olarak yapılmalıdır.

Çevresel gürültünün kontrolünde kentsel planlamanın ve bu bağlamda hazırlanacak stratejik gürültü haritaları ve eylem planlarının da önemli bir rolü vardır. Özellikle ulaşım ve endüstriyel tesislerden kaynaklanan gürültünün etkilerinin değerlendirildiği bu haritalarda tüm gün ve gece ortalama yıllık ses basınç düzey dağılımları gösterilmektedir. Gürültü haritalamada, arazi verileri, arazide yer alan yapılara dair tüm bilgileri ve bu yapılarda yaşayanlara dair nüfus bilgileri kullanıldığından gürültü haritalamada haritalanacak alana dair güncel verilerin ve planlama bilgilerinin bulunması önem taşımaktadır. Gürültü haritaları, gürültünün kontrolüne dönük eylem planlarının hazırlanması, kentsel planlama ve kamuoyunun bilgilendirilmesinde dünyada yaygın olarak kullanılan araçlardır.

2.8.1 Gürültü Kontrolünde Malzemelerin Akustik Açıdan Değerlendirilmesi

Şekil 1'de; herhangi bir ses dalgasının bir yüzeye çarptığında, bir bölümünün yansıması, bir bölümünün yutulması, bir bölümünün ise iletilmesi gösterilmektedir. Bu fiziksel olgu, malzemelerin akustik performanslarının da ölçütlerini oluşturmaktadır.

Bir malzemenin ses yutuculuk özelliklerini belirleyen en temel parametre, frekansa göre değişim gösteren ve genellikle 1/1 veya 1/3 oktav bandında verilen ses yutuculuk katsayısı α'dır. Özellikle, ses kaynağının da içinde olduğu hacimde, ses yutucu malzemelerin kullanılması, ortamın pek çok akustik özelliğinin tasarlan-



Şekil 1: *Sesin yansıması, yutulması ve iletilmesi*

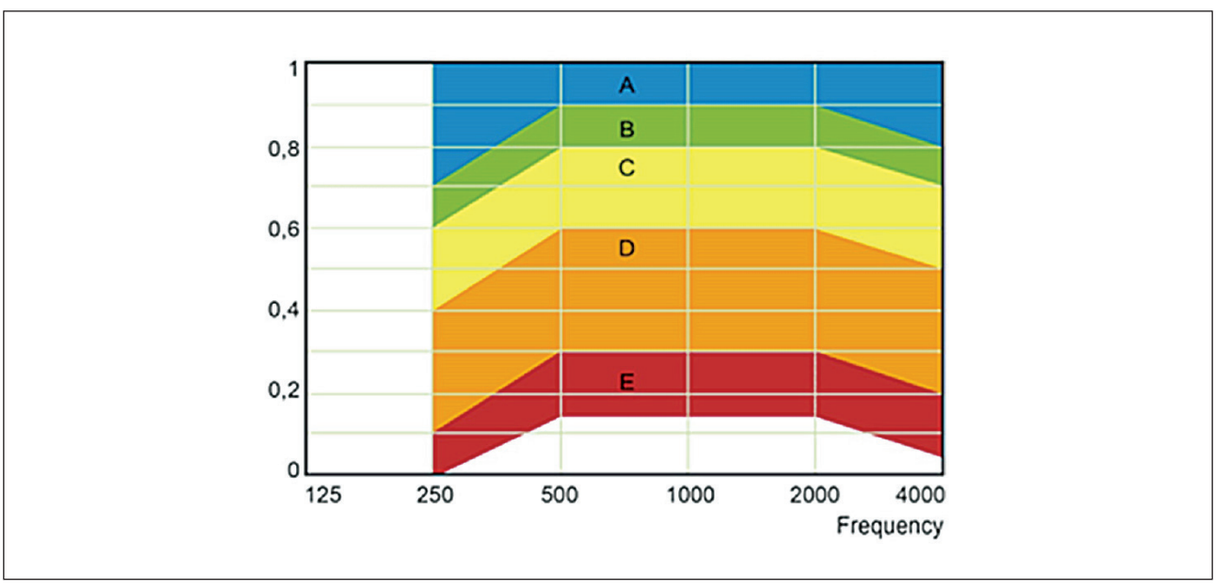
masının yanı sıra, ortamdaki ses basınç düzeyinin yansımaların kontrolü ile azaltılmasında da kullanılmakta olan uygulamalardan biridir.

Tablo 3'te malzemelerin/yüzeylerin ses yutuculuk katsayıları 0-1 arasında değişen değerleri için örnekler yer almaktadır. α'nın herhangi bir frekans bandında 0 olması, o frekans bandında yüzde yüz yansıtıcı, 1 olması o frekans bandında yüzde yüz yutucu olması anlamına gelir.

Tablo 3: Bazı malzemelerin ses yutuculuk katsayıları
(Rossing T.(2007), Springer Handbook of Acoustics, Springer)

Malzeme	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	NRC
Boyalı Kuru Duvar	0.10	0.08	0.05	0.03	0.03	0.03	0.05
Alçı	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03	0.05
İnce beton	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08	0.05
Kaba beton	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25	0.35
Cam	0.05	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.05
Kontrplak	0.58	0.22	0.07	0.04	0.03	0.07	0.10
Kalın perde	0.14	0.35	0.55	0.72	0.70	0.65	0.60
Beton zemin üzeri halı	0.05	0.10	0.15	0.30	0.50	0.55	0.25
Seramik zemin	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00
Kumaş kaplı koltuk	0.19	0.37	0.56	0.67	0.61	0.59	0.55

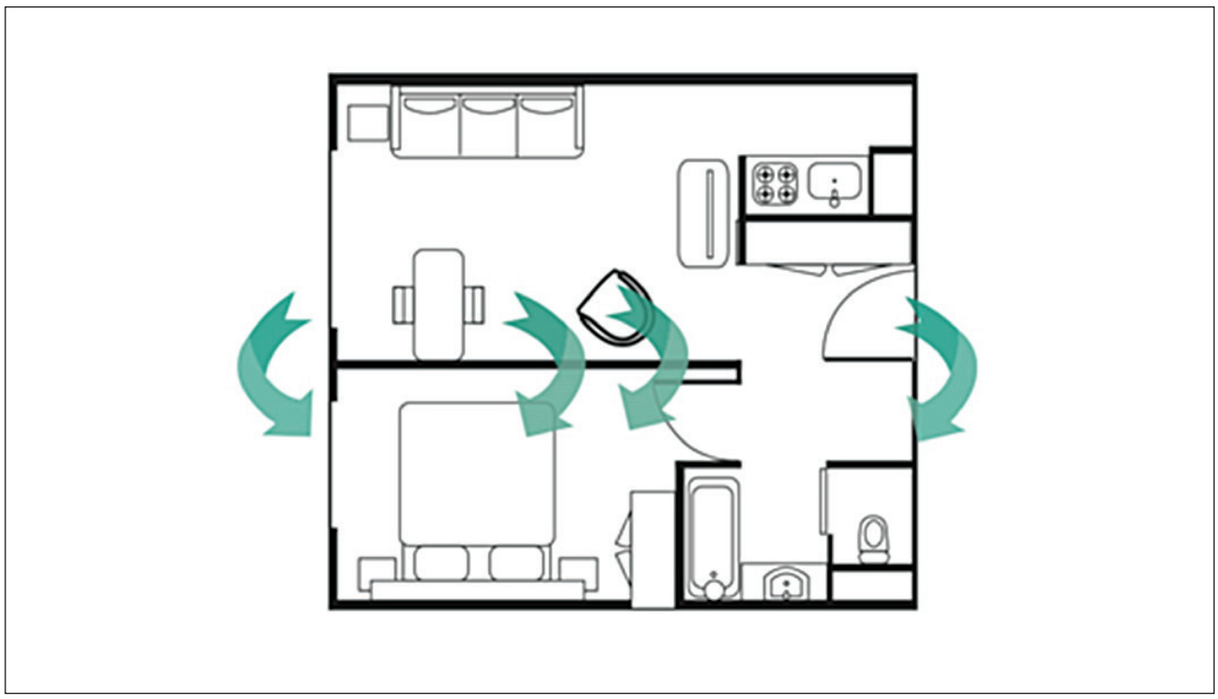
Malzemelerin yutuculuk özelliklerinin değerlendirilmesinde, ses yutuculuk katsayısı α'nın yanı sıra, malzemelerin 1/1 oktav bandında, 250 Hz'den 2000 Hz'e kadar olan frekans aralığındaki ses yutuculuk katsayılarının aritmetik ortalaması olan Gürültü Azaltım Katsayısı NRC (Noise Reduction Coefficient), 1/3 oktav bandında malzemelerin 200 Hz'den 2500 Hz'e kadar olan frekans aralığındaki ses yutuculuk katsayılarının aritmetik ortalaması olan Ses Yutum Ortalaması SAA (Sound Absorption Average) ve Şekil 2'de belirtilen Ses Yutum Sınıfları SAC (Sound Absorption Classes) gibi belirli bir frekans aralığındaki ses yutuculuk katsayılarının ortalamaları ile elde edilen parametrelerde kullanılmaktadır.



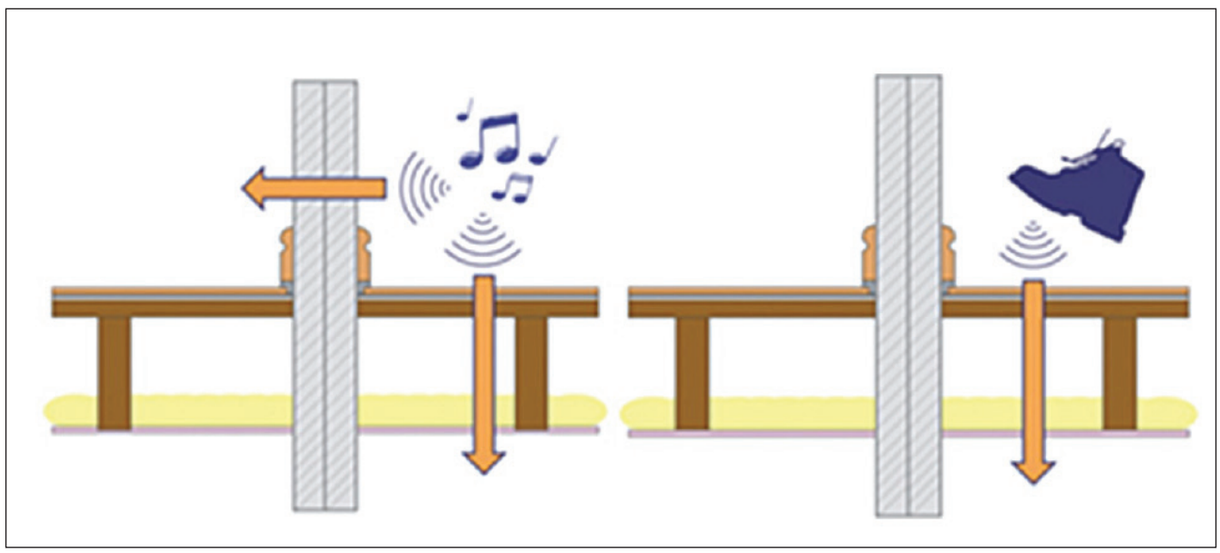
Şekil 2: *Ses yutum sınıfları*

Örneğin boş ve herhangi bir mobilyaya sahip olmayan bir mekana girildiğinde deneyimlenen ses ile aynı mekanın döşenmiş ve dolu olduğu durumda deneyimlenen ses arasındaki fark, pek çok kişinin günlük yaşamda tanık olduğu bir olgudur. Bu deneyimde, değişen ortamın ses yutuculuğu olup yansımaların azalması (veya artması) hem ortamdaki ses basınç düzeyinin azalması (ya da artması) hem de çınlama süresi gibi bazı temel akustik parametrelerin değişmesinin bir sonucudur. Ortamda kullanılan malzemelerin yutuculuğunun arttırılması ses basınç düzeylerini de azaltabileceğinden, kaynakta gürültü azaltımı için kullanılan malzeme ayrıca oda akustiği çözümü olarakta uygulanabilmektedir.

Malzemelerin/yüzeylerin bir diğer önemli akustik özelliği ses iletimidir. Çoğu kez, 1/1 veya 1/3 oktav bantlarında tanımlanan ses geçiş kaybı (Transmission Loss), ses yalıtım performansını belirleyen parametredir.



Şekil 3: *Sesin iletimi*



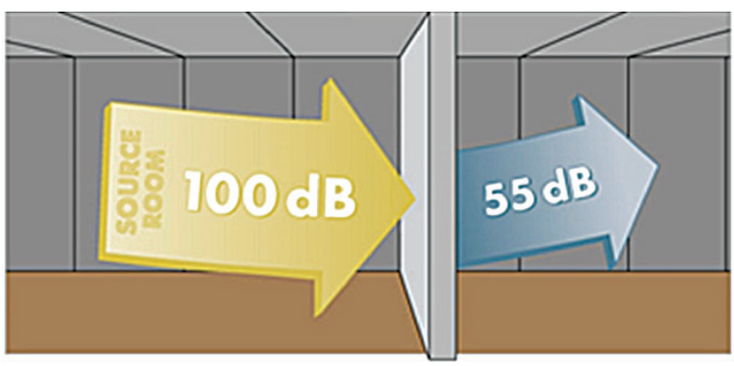
Şekil 4: *Hava yayılımlı ve darbesel sesin iletimi (http://www.soundreduction.co.uk)*

Tablo 4'de yapı malzemelerinin bazılarının ses geçiş kaybı değerleri ile ilgili katsayılar verilmiştir.

Tablo 4: Bazı Malzemelerin Ses Geçiş Kaybı Değerleri
(Rossing T.(2007) Springer Handbook of Acoustics, Springer)

Bölücü Eleman	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	STC
20 cm beton blok	36	44	50	54	58	56	53
10 cm tuğla blok	32	44	40	47	55	61	45
4 mm cam	18	21	26	31	33	22	26
Metal karkaslı ve 5 cm yalıtımlı 1.5 cm kuru duvar	26	41	52	54	45	51	45
4.5 cm İçi boş ahşap kapı	14	19	23	18	17	21	19
4.5 cm İçi dolu ahşap kapı	29	31	31	31	39	43	34
20 cm beton zemin	32	38	47	52	57	63	50
Açık ofis bölücüleri	10	12	12	12	12	11	12
Ahşap karkaslı 1.5 cm çift kat kuru duvar	25	34	41	51	48	50	41

Günümüzde malzemelerin yalıtım performanslarının değerlendirilmesinde, farklı değerlendirme parametreleri de kullanılmaktadır. Örneğin Ses İletim Sınıfı STC (Sound Transmission Class), 25 Hz'den 4000 Hz'e kadar olan 1/3 oktav bandındaki 16 frekanstaki ses geçiş kayıplarının ölçülüp bir eğri ile temsil edilen tek bir değerlendirme parametresine dönüştürülmesidir. STC'nin elde edilme biçimi nedeniyle özellikle hava yolu ile yayılan sesin azaltımına dönük çalışmalarda, ayırıcı duvarlar, kapılar, pencereler, zemin/tavan gibi yapı elemanlarının performanslarının değerlendirilmesinde ve ayrıca mekanik sistemlerden, ulaşım sistemlerinden ya da 125 Hz'den daha düşük frekanslarda çalışan gürültü kaynaklarından yayılan sesin azaltımı için kullanılacak malzeme performanslarının belirlenmesinde STC'nin yeterince hassas bir parametre olmadığı da görülmektedir. Ses Azaltım İndeksi SRI (Sound Reduction Index) ise ISO standartlarına göre elde edilmiş bir parametredir. STC yaygın olarak Kuzey Amerika'da kullanılırken, SRI Avrupa kıtasında daha yaygın kullanılmaktadır. Tablo 5'te bazı STC değerleri ve yalıtım performansları örneklenmiştir. Mekanların komşuluğu, işlevleri dikkate alınarak yalıtım detayları belirlenmelidir.



Şekil 5: *Kaynak ve alıcı odalarındaki gürültü düzeyleri*
(http://www.soundproofingcompany.com/soundproofing101/understanding-stc/)

Tablo 5: STC değerleri ve yalıtım performanslarına örnekler

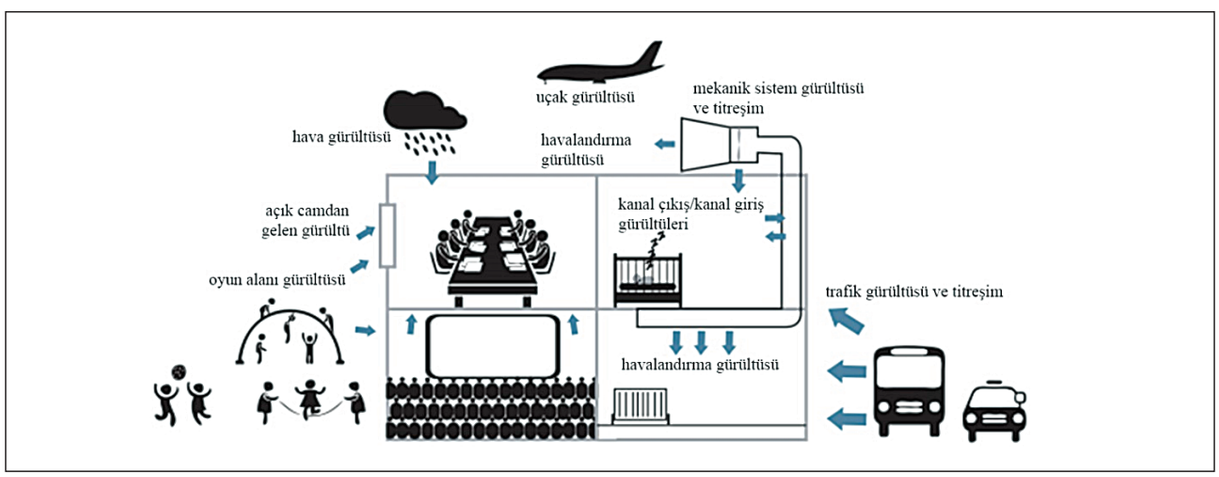
STC	Ayırıcı Duvarın İlettiği Duyulabilir Gürültüler
25	Normal bir konuşma kolayca duyulabilir ve anlaşılabilir
30	Normal bir konuşma zor anlaşılır, yüksek sesli bir konuşma kolayca duyulabilir ve anlaşılabilir
35	Yüksek sesli bir konuşma duyulabilir ancak anlaşılması zordur
40	Yüksek sesli bir konuşma duyulabilir ancak anlaşılamaz
45	Yüksek sesli bir konuşma güçlükle duyulabilir
50	Çok yüksek sesli kaynaklar, örneğin enstrümanlar duyulabilir
60	Çok yüksek sesli kaynaklar, örneğin enstrümanlar güçlükle duyulabilir
70	Çok yüksek sesli müzik güçlükle duyulabilir ancak matkap ve benzeri aletler duyulabilir
75 +	Pek çok sesin duyulması mümkün değildir

STC ve SRI gibi, Laboratuvar koşulları dışında, havayolu yanı sıra, Flanking (yapısal sistemlerden) ölçüm yapılan sahanın kendi kısıtlarını da dikkate alan Ağırlıklandırılmış Görünür Ses Azaltım İndeksi R'w (Weighted Apparent Sound Reduction Index), hava yayılımlı sesin gerçek durumdaki azalımının bir ölçütü olan Ağırlıklandırılmış ve Standardize Edilmiş Düzey Farkı DnT,w (Weighted Standardized Level Difference) darbe gürültüsüne karşı zemin yalıtım performansının ölçütü Darbe Gürültüsü Değerlendirmesi INR (Impact Noise Rating) veya Darbe Sesi Yalıtımı Ln,w (Impact Sound Insulation) gibi parametreler de yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Görüldüğü gibi, yapı elemanlarının akustik performanslarının değerlendirilmesinde malzeme bilgisi ve malzemenin akustik özelliklerinin frekansa göre nasıl bir değişim gösterdiğinin anlaşılmasının yanı sıra, standartlara ve ülkelere göre farklılık gösteren ses yutum ve ses yalıtım performans ölçütlerinin ne anlama geldiğinin bilinmesi gürültü kontrol stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

2.8.2 Yapılarda Ses Azaltımı için Temel Çözümler

İlk bölümde belirtildiği gibi gürültü kontrolü, yapının işlevine (konut, okul, hastane, lokanta gibi), bulunduğu yere (etrafındaki yapılara, mevcut çevresel gürültü kaynaklarına) bağlı olarak belirlenmesi gereken stratejileri kapsamaktadır. Ancak, yapı elemanlarının ve kullanılan malzemelerin, gerek ses yutuculuk gerekse ses yalıtım özelliklerinin bütünleşik olarak değerlendirilmesi, sağlıklı ve istenen konfor koşullarını sağlayan mekanlar tasarlanması için önemli bir adımdır.



Şekil 6: *Binalarda deneyimlenen gürültü*

Bir ortamda deneyimlenen gürültü, hem ortamda bulunan gürültü kaynaklarının hem de, komşu hacimlerden gelen ve/veya çevresel gürültü kaynaklarının bir sonucudur.

Bu bağlamda gürültü kontrolü iki temel yaklaşım ile sağlanır:

• İçinde bulunulan mekandaki ortam gürültüsünün azaltılması

• Çevresel gürültü kaynaklarından yayılan gürültünün azaltılması

Aynı mekan içinde bulunan gürültü kaynaklarının azaltılmasında, ses yutucu malzemelerin kullanımı temel rol oynar. Bu yolla her frekans bandında elde edilen gürültü azaltımı, NR aşağıdaki bağıntı ile elde edilir;

$$NR = 10 \log \frac{(\sum \alpha_i S_i)_{sonra}}{(\sum \alpha_i S_i)_{önce}} \qquad (2.1)$$

Bu denklemde, S_i ilgili yüzey alanlarını, α_i yüzeylerin ilgili frekanstaki ses yutuculuk değerlerini ifade etmektedir.

Yüzey yada yüzeylerin ses yutucu özellikleri arttırıldığında, yansımaların etkisi azalacağından, ortamdaki toplam ses basınç düzeyi de azalacaktır. Ses yutucu malzeme uygulamaları ile azalabilecek gürültü düzeyinin uygulamadaki maksimum elde edilebilecek değerleri 12-15 dBA düzeyindedir. Ancak yaygın olarak kullanılan malzeme ve iç mekanlar göz önüne alındığında azaltım 6-8 dBA düzeyinde görülür. Burada dikkat edilmesi gereken, gürültü kaynağının yaydığı gürültünün değil, ortamdaki çınlamalı ses alanının ses basınç düzeyinin azaldığıdır.

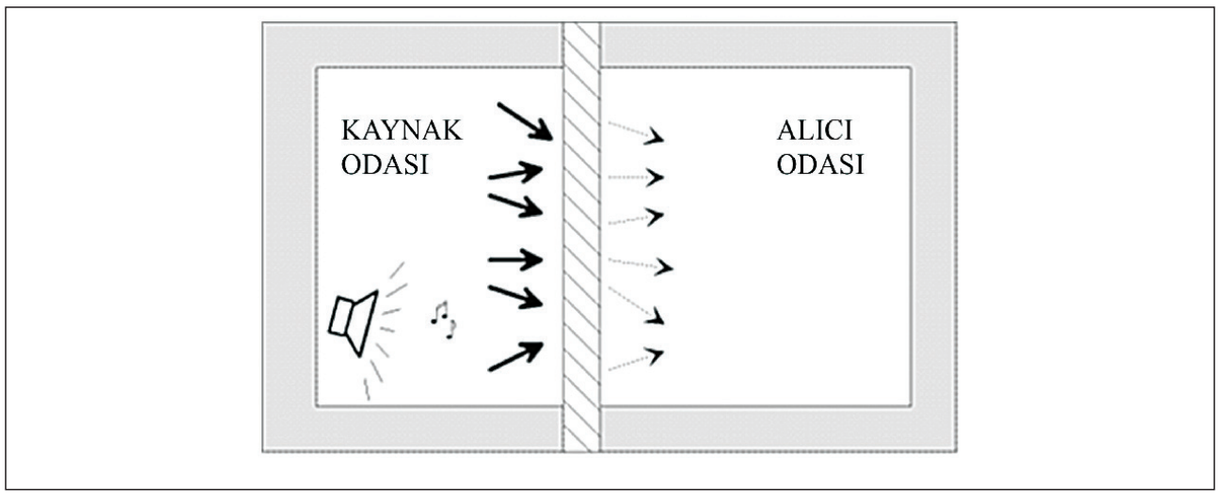
Örneğin, fabrikalarda, spor salonlarında, lokantalarda, alışveriş merkezlerinde, ofislerde, terminal binalarında, lobiler gibi hacimlerde uygun ses yutucu malzemeler kullanılarak iç ortamdaki gürültü seviyesi azaltılabilir. Bu uygulamada dikkat edilmesi gereken seçilecek malzemenin ses yutuculuk özelliklerinin, ortamda bulunan gürültünün spektral[2] özellikleri dikkate alınarak belirlenmesidir. Yine uygulanacak yüzey alanı ne kadar büyük olursa denklem 2.1'de de görüldüğü gibi etkisi artacaktır.



Şekil 7: *Ses yutucu malzeme ile gürültü kontrolüne örnekler.*
(http://continuingeducation.construction.com/article.php?L=320&C=934&P=3
http://www.allnoisecontrol.com/applications/swimming_pools.cfm
http://www.allnoisecontrol.com/applications/swimming_pools.cfm
http://continuingeducation.construction.com/article.php?L=320&C=934&P=3
http://jandminterior.com/soundproofing/)

[2] Spektral: Tayfla ilgili

Ses yalıtımı uygulamaları ise sesin bir ortamdan, bir diğer ortama geçerek akustik konfor koşullarının sağlanması amacı ile yapılan uygulamalardır. Bir diğer deyişle, kaynak ile alıcının farklı hacim ve/veya ortamlarda olduğu durumlarda ses yalıtımı uygulamaları gerekmektedir. Tablo 4'te farklı yalıtım sınıflarının hava yolu yayılımlı sesi azaltmadaki performansları verilmiştir. Örneğin trafik gürültüsünün, yada endüstriyel bir tesisten yayılan gürültünün, yada üst ve yan komşularınızın seslerini duymak, yada onların sizi duyması istenmeyen durumlardandır. Ses yalıtımı uygulamaları, hem hava yolu ile hem de yapısal sistemler (Flanking) ile yayılan seslerin kontrol edilmesini gerektirir. Bu bağlamda ayırıcı duvarlar ve zeminlerinde farklı ele alınması özellikle darbesel gürültülerin de olması durumunda bir zorunluluktur.



Şekil 8: *Komşu iki hacim arasında ses geçişi*

İki komşu hacim arasındaki ilgili frekanstaki hava yolu ile ses geçiş kaybı Denlmek 2.2 ile ifade edilir.

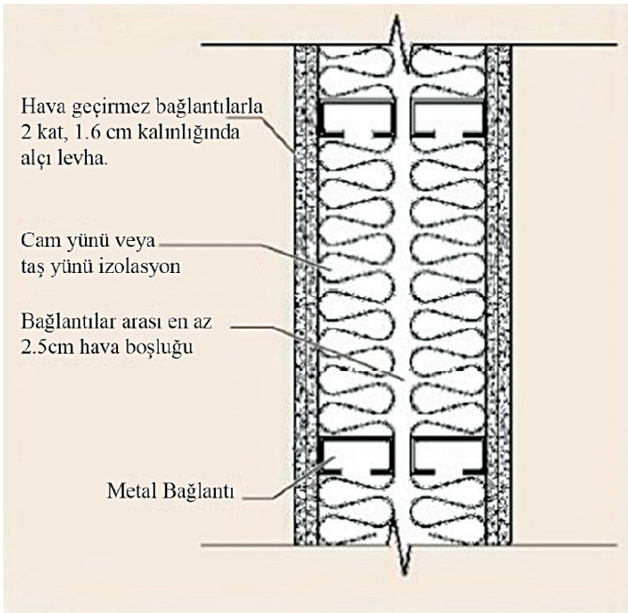
$$NR = SPL_{kaynak} - SPL_{alıcı=}\ TL_{ayırıcı} + 10log\left(\frac{(\sum \alpha_i S_i)_{alıcı}}{S_{ayırıcı}}\right) \quad (2.2)$$

Bu denklemde, SPL_{kaynak} gürültü kaynağının olduğu ortamdaki ses basınç düzeyini, $SPL_{alıcı}$ alıcının bulunduğu ortamdaki ses basınç düzeyini, $TL_{ayırıcı}$ iki hacmi ayıran bölücü duvarın ses geçiş kaybını, $S_{ayırıcı}$ bölücü duvarın yüzey alanını ve $(\sum \alpha_i S_i)_{alıcı}$ alıcı ortamdaki toplam ses yutuculuğu ifade eder.

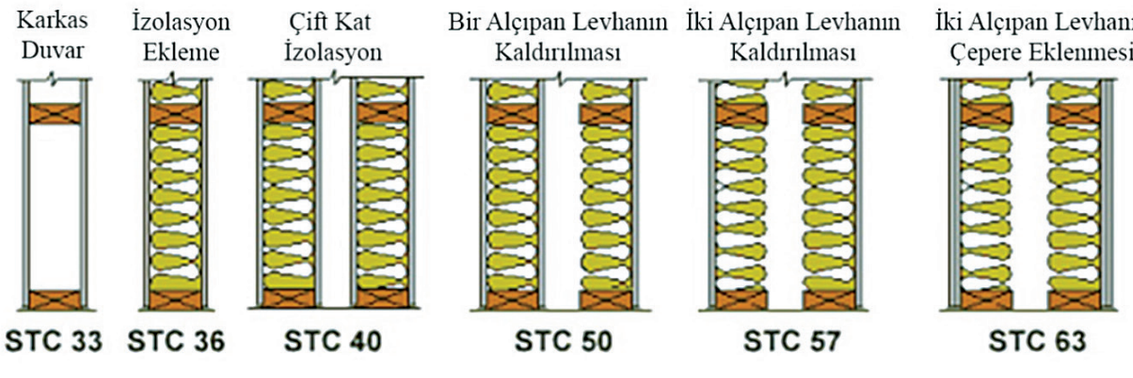
Burada da görüldüğü gibi, yapısal ses iletiminde iki hacmi bölen ayırıcı elemanın ses geçiş kayıp performansı ve alıcı ortamdaki toplam ses yutuculuk gürültü azaltımı için önemlidir. Bölücü duvarların birden fazla katmandan oluşması, katmanlar arasında hava boşluğu oluşturulması, bölücü duvarların rijid olması yalıtım performansını arttıran yaklaşımlardır. Özellikle çift katmanlı duvarlar, daha hafif olmaları nedeni ile yaygın kullanılan yüksek performanslı bölücü elemanlardır.

Ancak çift katmanlı elemanlarda imalat detayları, elemanların birbirine bağlanması uygulamayı güçleştiren detaylardır. Özellikle, yalıtımda kullanılacak olan bağlantı elemanları ses köprülerine neden olabileceğinden bu elemanların seçimlerine özen gösterilmesi gerekir. Bağlantı elemanlarının titreşim sönümleme özelliklerinin olması, iki panel arasına taş yünü gibi dolgu katmanı kullanılarak hem yutuculuk hem yalıtım özelliklerinden yararlanılması, paneller arası hava boşluğu oluşturulması kademeli olarak bölücü panel konfigürasyonunun performansını Şekil 10'da gösterildiği gibi artıracaktır.

Bölücü elemanların yalıtım performansları ile ilgili olarak dikkat edilmesi gereken bir diğer konu, elektrik



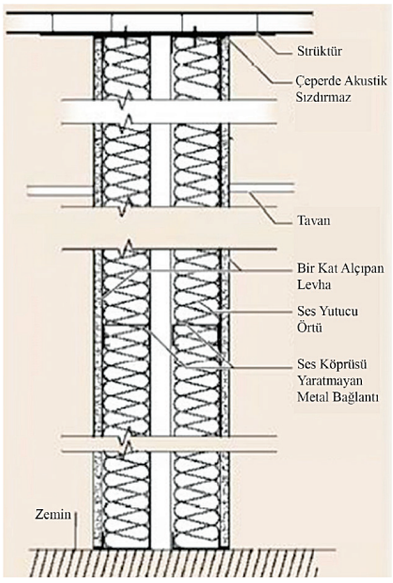
Şekil 9: *Çift katmanlı duvar örneği (Rossing T.(2007), Springer Handbook of Acoustics, Springer)*



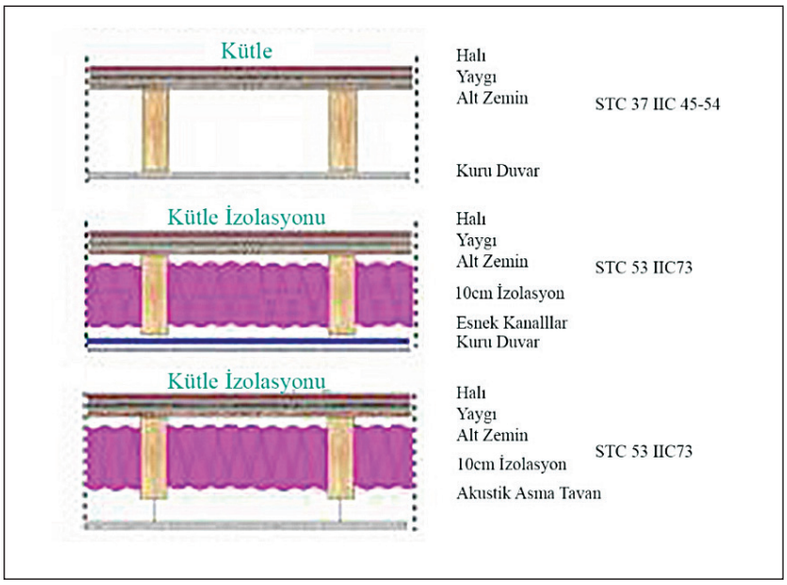
Şekil 10: *Tipik bir alçıpan çift katmanlı duvarın yalıtım performansının arttırılması. (http://personal.inet.fi/koti/juhladude/soundproofing.html)*

anahtarları, prizler, havalandırma gibi, unsurların bu duvarlara mümkün olduğunca konulmaması, zorunlu kalınması durumunda, bu elemanların sırt sırta gelmemelerinin sağlanmasıdır. Bölücü elemanın taban ve tavanla birleşim detayları da yine yalıtım performansını etkileyen detaylardandır. Unutulmamalıdır ki ses, havanın geçebildiği her yerden geçecektir, bu bağlamda bölücü duvarla tavan ve tabanın birleşiminde akustik filtreler/ contalar kullanılması yerinde olacaktır.

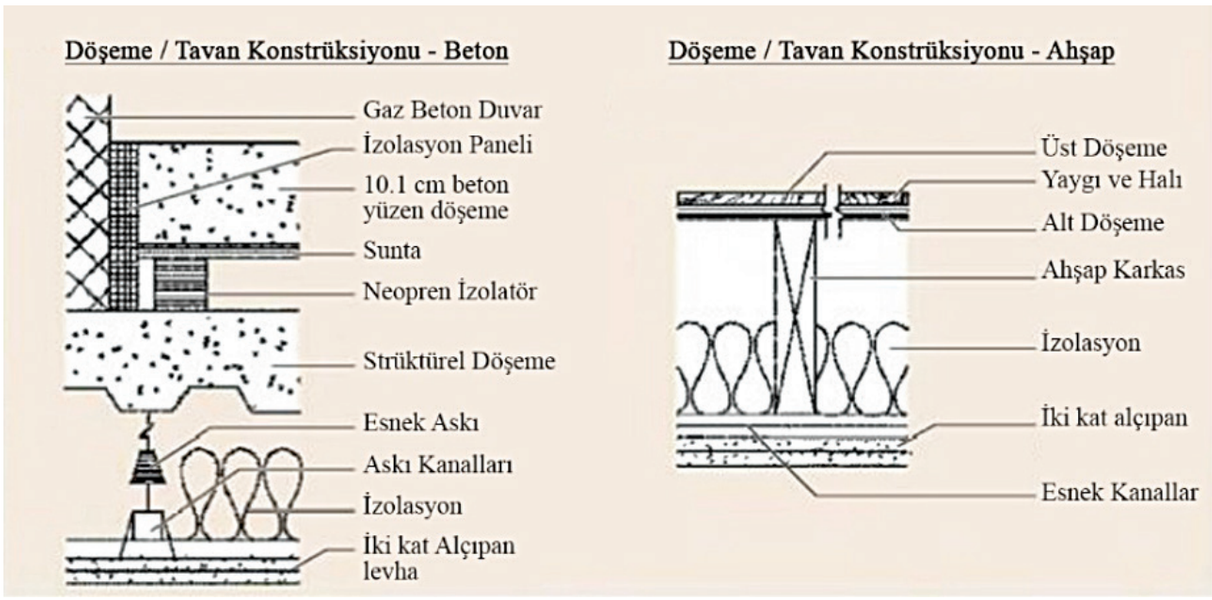
Darbe gürültüsü sadece hava yolu ile değil yapısal sistem üzerinden de yayılan bir gürültüdür. Bu bağlamda darbe kaynağının doğrudan bölücü elemanla etkileşiminin önlenmesi gerekir. Darbe sesi yalıtımında, malzemelerin darbe gürültüsü yalıtım sınıflarının da bilinmesi önemlidir. Örneğin, tabana konan ve altı keçe veya neopren destekli halı, zemin malzemesi ve elastik askılarla asılmış arkası ses yutucu malzeme ile kaplı asma tavan adım sesi gibi günlük yaşamda sıklıkla karşılaşılan darbe gürültülerini engellemede etkilidir. Daha güçlü darbe gürültüsü ve titreşim kaynaklarının olması durumunda yüzer döşeme çözümlerine gidilir.



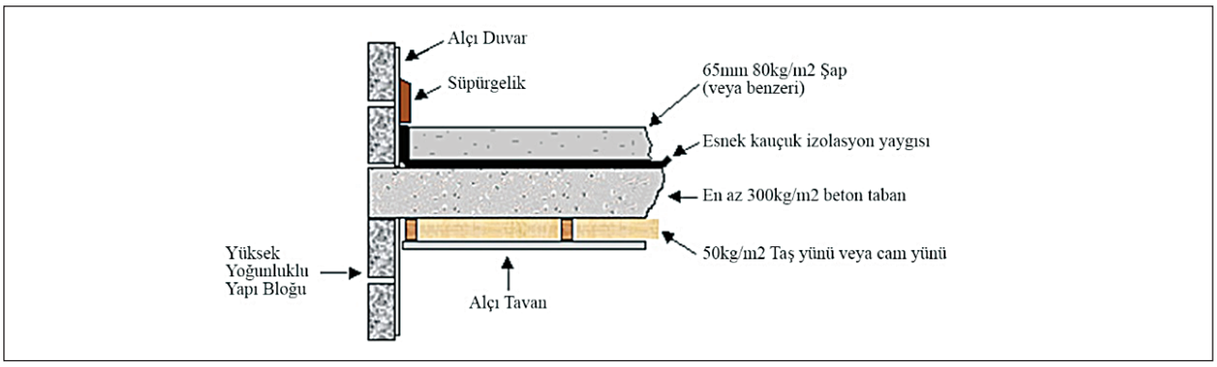
Şekil 11: *Tavan ve zemin detayları ile çift katmanlı duvar örneği*



Şekil 12: *Farklı zemin tipleri için ses iletim ve darbe yalıtım sınıfları (http://www.handyguyspodcast.com/323/episode-54-keeping-noise-out/)*



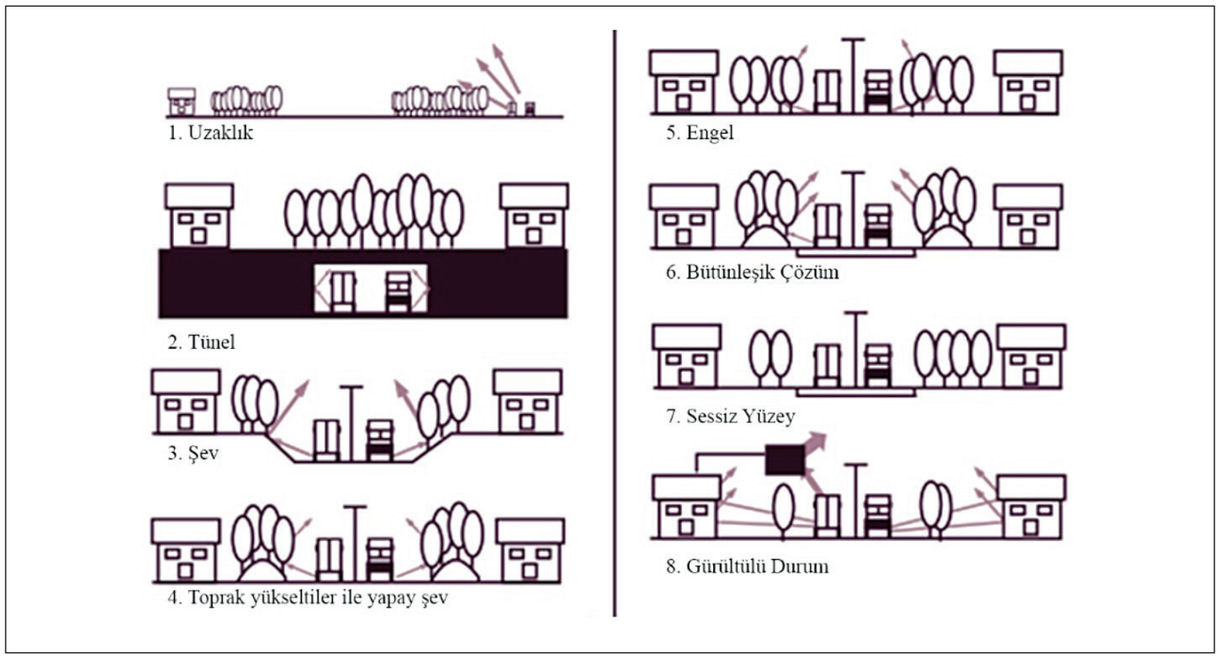
Şekil 13: Taban/tavan darbe gürültüsü yalıtım örnekleri



Şekil 14: Yüzer döşeme örneği (http://www.bicpro.co.uk/acousticelg8.htm)

2.8.3 Kent Ölçeğinde Ses Azaltımı için Temel Çözümler

Çok farklı çevresel gürültü kaynağının bir arada olduğu kentlerde, özellikle karayolu trafik gürültüsü en çok rahatsızlık veren ve çok sayıda insanı rahatsız eden gürültü olarak kabul edilmektedir. Bu gürültünün azaltılmasında öncelikle yol ve yapı ilişkisinin doğru kurgulanması, yol ve binalar arası mesafe konması en doğru çözümdür. Ancak var olan yollarda veya kent dokusunun, topoğrafyanın buna izin verilmediği durumlarda, Şekil 15'de de gösterildiği gibi, yolların yer altında tünellerle devam etmesi, yolların çökertilerek çevresinin doğal bitki örtüsü ile çevrelenmesi, yol kenarında yapay yükseltiler yaratılarak çökertilmiş yola benzer koşulların oluşturulması, uygun bitkilerin seçimi ile doğal ses perdelerinin elde edilmesi, binaların cephelerinin yutucu malzemelerle kaplanması, bunların yeterli olmadığı durumlarda ses perdelerinin yüksek nitelikli malzemelerle ve olabildiğince saydam malzemelerle tasarlanması önerilir.



Şekil 15: *Trafik gürültüsüne karşı kent ölçeğinde çözüm örnekleri.*
(Kotzen B., ve English C.(1999). Environmental Noise Barriers, Routledge.)

Ses perdeleri ancak diğer çözüm yöntemlerinin mümkün ya da yeterli olmadığı durumlarda başvurulması gereken ve kentin dokusu, tarihi, çevresindeki yapıların dikkate alınarak tasarlanması gereken elemanlardır. Ses perdelerinin yüksekliği, nerelerde gerekli olduğu gibi temel soruların yanıtları gürültü haritalarıdır. Bu haritalar, bu tür uygulamalarda ve stratejik planlamada kullanılan temel enstrümanlardır. Ses perdelerinin pek çok farklı örneğini görmek mümkündür. Ses perdelerinin etkili olmasında yükseklik önemlidir. Ancak görsel ve estetik nedenlerle, ses perdelerinin başlangıç ve bitişlerinin kademeli olması genel bir uygulama detayıdır.

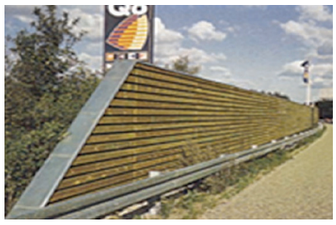


Şekil 16: *Hollanda Dordrecht'te konsollu ses perdeleri*

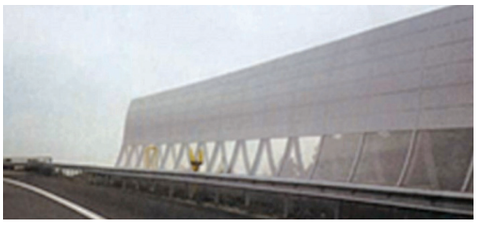


Şekil 17: *İtalya Milano'da ses perdelerinin ön yüzü*





Şekil 18: *Farklı bitimlere sahip ses perdeleri*



Şekil 19: *Aniden sonlandırılmış bir ses perdesi*

2.9 Arazi Özellik Raporu Hazırlanması

Yukarıda belirtilen konu başlıkları ışığında alanın karakteristik özelliklerini anlatan detaylı bir rapor hazırlanmalıdır.

Bu raporda mutlaka aşağıdaki hususlar yer almalıdır;

- Arazinin Toplu Taşım Olanakları
- Arazinin Rekreasyon Alanları, Yeşil Alanlar, Hizmet Alanlarına Erişim Olanakları
- Toprağın Erozyon Potansiyeli
- Zemin Emniyet Katsayısı
- Arazinin Ekolojik Kalitesi
- Toprağın Radon Seviyesi
- Komşu Alanlardaki Yapılaşmaların Arazi Üzerindeki Etkileri
- Arazide Kritik Noktalardaki Gürültü Ölçümleri.

Bu raporda bahsedilen özellikler haricinde alanla ilgili ana yaklaşımlar, alanın manzara yönü, hakim rüzgar yönü de belirlenmelidir.

2. Bölüm Kaynakları

The EU Policy on environmental noise. (b.t.) Alınma tarihi 24.10.2014, http://ec.europa.eu/environment/noise/home.htm

Occupational noise: Assessing the burden of disease from work-related hearing impairment at national and local levels. (b.t.) Alınma tarihi 24.10.2014, http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/en/ebd9.pdf

The Environmental Noise Directive (2002/46/EC). (b.t.) Alınma tarihi 24.10.2014, http://ec.europa.eu/environment/noise/directive.htm

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC). (b.t.) Alınma tarihi 24.10.2014, http://www.ibb.gov.tr/_layouts/download.aspx?SourceUrl=%2Ftr-TR%2Fkurumsal%2FBirimler%2FCevreKorumaMd%2FDocuments%2Fcevreselyonetmelik.doc

Bazı Gürültü Değerleri ve Etkileri. (b.t.) Alınma tarihi 24.10.2014, http://gurultu.cevreorman.gov.tr/gurultu/AnaSayfa/gurultu/gurultudegerleri.aspx?sflang=tr

Rossing T. (2007). Springer Handbook of Acoustics. Springer 2007

Soundproofing Solutions, Acoustic Flooring, Insulation | Domestic Soundproofing | SRS. (b.t.) Alınma tarihi 24.10.2014, http://www.soundreduction.co.uk

Understanding STC and Measuring Sound Loss. (b.t.) Alınma tarihi 24.10.2014, http://www.soundproofingcompany.com/soundproofing101/understanding-stc/

Noise Control and Room Acoustics in Building Design. (b.t.) Alınma tarihi 24.10.214, http://continuingeducation.construction.com/article.php?L=320&C=934&P=3

Swimming Pools Noise Control & Soundproofing Solutions. (b.t.) Alınma tarihi 24.10.2014, http://www.allnoisecontrol.com/applications/swimming_pools.cfm

Sound Control & Soundproofing: Sound Absorption, Noise Reduction, Sound Barriers and Custom Made Sound Panels. (b.t.) Alınma tarihi 24.10.2014, http://jandminterior.com/soundproofing/

Noise insulation case. (b.t.) Alınma tarihi 24.10.2014, http://personal.inet.fi/koti/juhladude/soundproofing.html

Soundproofing – Keeping the Noise Out. (b.t.) Alınma tarihi 24.10.214, http://www.handyguyspodcast.com/323/episode-54-keeping-noise-out/

G8 Resilient insulation to reduce impact noise through concrete floors (b.t.) Alınma tarihi 24.10.214, http://www.bicpro.co.uk/acousticelg8.htm

Kotzen B., ve English C. (1999). Environmental Noise Barriers, Routledge.

3. ALANDAKİ MEVCUT STRÜKTÜRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Alandaki mevcut yapı(lar), bu yapıların fiziksel ve işlevsel durumu, arazinin gelecekteki kullanımı üzerinde büyük etkiye sahip olabilir. Kötü durumda olan yapılar mevcutsa bu yapılardaki malzemelerin bazıları, eğer yeni amaçlar için yeniden kullanılabiliyor veya geri dönüştürülebiliyorsa faydalı olabilir. Yapısal olarak iyi durumda mevcut yapı varsa, işlevsel programın ihtiyaçlarına hizmet edebilir ve yeni yapı gereğini azaltabilir veya tamamen ortadan kaldırabilir. Temel adımlar şunları içerir:

3.1 Mevcut Yapıların Yeni Fonksiyonlara Adapte Edilme Olanaklarının Değerlendirilmesi

Alandaki mevcut strüktürler farklı fonsksiyonlara dönüştürülmek için kullanılabilir. Ancak bunun için mevcut taşıyıcıların uygunluğu araştırılmalıdır. Bilindiği gibi Türkiye'de en son 2007 yılında deprem yönetmeliği değişikliği yapılmıştır. Bu nedenle mevcut binalar 2007 yılından önce inşa edilmişlerse yeni yönetmeliğe uygun olmayacaklardır.

Türkiye'de hazır beton üretimi diğer ülkelere göre oldukça gecikmeli başlamıştır, hazır beton tüketiminin yaygınlaşması 1980'li yılların ikinci yarısında gerçekleşmiştir. Bu tarihlerden önce inşa edilen yapılarda elle karılan beton kullanılmış olabileceği de düşünülebilir. Elle karılan betonların taşıma kapasitelerinde farklılıklar gözlenmektedir.

Mevcut binanın yeterli dayanıma sahip olup olmadığının anlaşılması için binanın her katındaki taşıyıcılardan belirli sayıda karot numunesi alınarak beton laboratuvarlarında dayanım testleri yapılmalıdır.

Yeterli dayanıma sahip olmayan yapılar için güçlendirme projeleri hazırlanabilir. Ancak bu güçlendirme projelerinin var olan kolonları büyütebileceği öngörülmeli ve tasarım buna göre şekillendirilmelidir.

3.2 Yıkımına Karar Verilen Mevcut Yapılara ait Malzemelerin Yeniden Kullanımı veya Geri Dönüşüm Olanaklarının Araştırılması

Bina yapımına başlamadan önce seçilen arazide mevcut yapıların bulunması ya da bulunmaması durumuna göre değerlendirme yapılmalıdır. Mevcut bir yapı olmadığı durumlarda, boş araziye yapılacak inşaatlarda ortaya çıkacak hafriyat toprağının değerlendirilmesi gerekmektedir. Toprak tükenebilir yani kendini yenileyemeyen bir kaynaktır. Sadece 2 cm kalınlıkta bir toprak oluşumu için 500 yıl üzerinde bir zaman dilimi gerekmektedir. En verimli toprak tabakası olan bitkisel toprağın bir hektarlık kısmında bulunan canlı varlıkların toplam ağırlığının 5 ton'dan fazla olabileceği unutulmamalıdır. Araziden çıkan hafriyat toprağının gerçekten atık olup olmadığı irdelenmeli, katı atık sahalarına bilinçsizce yönlendirilmesinin önüne geçilmelidir. Hafriyat toprağı ile inşaat/yıkıntı atıklarının karıştırılmaması esas alınmalıdır. Ayrı toplanan bitkisel toprak park, bahçe, yeşil alan, tarım ve benzeri çalışmalarda tekrar kullanılabilir. Bitkisel toprak dışındaki hafriyat toprağı ise öncelikle dolgu, rekreasyon, katı atık depolama alanında günlük örtü ve benzeri amaçla kullanılacak, tekrar kullanımlarının mümkün olmaması durumunda depolanarak bertaraf edilmesi gerekmektedir.

Geliştirilmesi düşünülen arazide mevcut yapıların ya da yapı elemanlarının bulunması durumunda bunların değerlendirilmesi düşünülmeli ve "seçici yıkım" esas alınmalıdır. Bunu yaparken geri kazanım ve bertaraf sistemi oluşturulmalı, atıkların kaynağından ayrılmasına ve bu sayede tekrar kullanımına ya da geri-dönüşümüne

imkân sağlanmalıdır. Bu sayede atıkların getireceği ilave maliyetler önlenirken çevreye olabilecek negatif etkiler ve atık nakliyesi minimumda tutulacaktır. Bunun en etkin şekilde yapılabilmesi için:

- Tekrar kullanılabilecek ya da geri dönüşüme uğrayacak malzemelerin tespitinin yapılması,
- Tehlikeli malzemelerin tespiti,
- Malzemelerin kazanımı için yeterli zamanın ayrılması,
- Çevreye ve bulunulan bölgeye olan risklerin belirlenmesi gibi.

Yıkım sonrasında öncelik sırasına göre aşağıdaki malzemelerin geri kazanımı sağlanabilmelidir:

- İnşaat çeliği bakır borular, havalandırma ekipmanları, çelik eşyalar gibi her türlü çelik ve metaller,
- Mutfak dolapları/mobilya gibi ürünlerden keresteler,
- PVC Pencere çerçeveleri, yağmur olukları gibi plastikler,
- Agrega amaçlı kullanmak üzere beton,
- Asfalt,
- Duvar/tuğla parçaları gibi.

Malzemelerin ve yapı elemanlarının tekrar kullanım potansiyeli yaşam döngüsü ömrü ile ilgilidir. Geri kalan ömür aslında tekrar kullanım, geri-dönüşüm ya da katı atık sahası seçeneklerinden hangisinin uygulanması gerektiğini de belirler. Tablo 6'da değiştirilmeden önce yapı malzemelerinden beklenen ömür değerleri verilmiştir.

Tablo 6: Yapı elemanlarının ortalama ömürleri

Yapı Elemanı	Beklenen Ömür (Yıl)	Yapı Elemanı	Beklenen Ömür (Yıl)
Temeller	100 yıldan fazla	**Kapı ve Hırdavat**	10-20
Taşıyıcı İskelet Yapı	60	**Genel İnce İşler**	20
Dış Cephe Kaplamaları	40	**Yükseltilmiş Zeminler**	10-40
Pencereler	20	**Zemin Kaplamaları**	10
Çatı Kaplamaları	20-40	**Asma Tavanlar**	10-20
Yağmur Suyu Drenaj Sistemi	20	**Armatür & Mobilyalar**	5
İç Duvarlar	20-40	**Mekanik Aksamlar**	20
Sökülüp Takılabilir Bölmeler	10-60	**Elektrik Aksamlar**	20-40

Yıkıntı yapılardan geri kazanılan malzemelerin çoğu, bertaraf edilebilir, temizlenip onarıldıktan sonra aynı veya benzer projelerde veya başka inşaat projelerinde kullanılabilir. İnşaat ve yıkıntıdan elde edilen malzemelerin tekrar kullanılabilir malzeme olduğu unutulmamalıdır. Bazı malzemeler tekrar kullanılırken bazılarından da yeni malzemeler üretilebilir. Tekrar kullanılabilir malzemelere örnekler vermek gerekirse aşağıdaki yapı malzemeleri ilk akla gelenler olarak sayılabilir:

- Tahta çerçeve, (kapı, pencere, dolap v.s.) malzemeleri,
- Duvar malzemeleri; briket, taş, beton, betonarme,
- Kiriş, direk, döşeme kirişi ve diğer yapı elemanları,
- Kapılar, pencereler, bitmiş hırdavatlar,

- Merdiven parmaklıkları,
- Elektrik ve mekanik demirbaşlar.

Geri dönüşüm için malzeme seçimi yapılırken yapı atıklarının kurşun, asbest (amyant)[3] gibi diğer tehlikeli maddeleri içerebileceği unutulmamalıdır ve bunlara özen gösterilmelidir. Her ne kadar günümüzde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü'nce 31.12.2010 tarihinden itibaren asbest kullanımı yasaklanmış olsa da eski yapıların bertarafında karşımıza çıkabilmektedirler. Geri kazanılıp tekrar kullanılabilen malzemeler ve kullanıldığı yerler örnek olarak aşağıda verilmiştir.

Asfalt Döşeme Malzemesi: Kullanılmış asfalt parçalanarak, yeni asfalt için döşeme malzemesi, agrega olarak kullanılabilir.

Beton: Kırılmış, parçalanmış beton parçaları yapı dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Demirle güçlendirilmiş betonarme malzemelerdeki demiri ayrıştırıldıktan ve beton parçalandıktan sonra inşaatlarda alt yapı malzemesi olarak tekrar kullanılabilir. Kırılmış betonlar yürüyüş yollarında, kaldırım yapımında, drenaj sisteminde ve kanalizasyon borusu döşemede dolgu çakıl yollarda yüzey örtücü ve açık otopark alanlarında alt yapı dolgu malzemesi olarak kullanılabilir.

Tahta Çerçeveler: Kırılmış, demiri giderilmiş olarak yapı dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Temizlenmiş, yongalanmış olanlar enerji üretimi amacı ile kullanılabilir. İnce tahtalar halinde olanlar park bahçelerde çit malzemesi olarak kullanılabilir. Temizlenmiş tahtalar demir yolu döşeme ve telefon direği olarak kullanılabilir. Kaba olanlar kompost tesisine[4] gönderilebilir.

Alçı Levha Duvar: Kağıdı giderilmiş alçı taşı levhaları yeni alçı taşı levhası yapımında ve emici işlevi olan ürünlerde kullanılır.

Briketler: Geri kazanılmış briketler spor sahalarında ve parklarda, yürüyüş yolu malzemesi olarak kullanılabilir.

---

[3] **Asbest (Amyant):** Isıya, aşınmaya ve kimyasal maddelere çok dayanıklı lifli yapıda kanserojen bir mineraldir. 3000'den fazla kullanım alanı olan asbest inşaat sektöründe ısı ve ses izolasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır.

[4] Kompost tesisinin kurulmasındaki amaç; organik atıklardan, toprak zenginleştirici gübre (kompost) üreterek çevre ve ekonomiye fayda sağlamak; park bahçe, mezarlıklar ve bunun gibi birimlerden gelen dal, budak ot ve yabani bitkilerin kompostlaştırılması sonucu kullanımını sağlamak; katı atıkları geri kazandırarak ekonomiye fayda sağlamaktır.

3. Bölüm Kaynakları

Davis Langdon LLP (2009). Designing out waste: a design team guide for buildings. Oxon: WRAP

Ecofys (2009), Methodology for the free allocation of emission allowances in the EU ETS post 2012: Sector report for the mineral wool industry, http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/allocation/docs/bm_study-mineral_wool_en.pdf

EPD Türkiye (2014), Yapı malzemeleri EPD belgeleri, www.epdturkey.org

Filiatrault, A. (2014), http://mceer.buffalo.edu/research/Nonstructural_Components/

Metsims Sustainability Consulting (2014), Türkiye Yaşam Döngüsü Envanter Veri Tabanı: Yapı malzemeleri, gömülü enerji ve karbon verileri, Yayınlanmamış.

Pargana, N. G. S. C. (2012) Environmental impacts of the life cycle of thermal insulation materials of buildings, Masters Thesis, Technico Lisboa

Sürdürülebilir Üretim ArGe ve Tasarım Merkezi (2014), Türkiye EPD Veri Tabanı, EN 15804 uyumlu EPD belgeli yapı malzemeleri

The International EPD System, (February 2014). PCR for Buildings, http://environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=5950#.U2Z7o16bqao

Thormark, C. (2002). A low energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. Building and environment, 37(4), 429–435

Laying of recycled aggregates: crushed concrete, 2015, http://www.maydencroft.co.uk

Enviroblock, produced from secondary and recycled materials 2015, http://www.aggregate.com

4. YAPININ İŞLEVSEL ÖNCELİKLERİNİN SAPTANMASI VE MEVCUT MEKANSAL KULLANIM ENVANTERİNİN ÇIKARILMASI

Bir yapının elde edilmesinde başlangıç noktası talep oluşmasıdır. Yapılan her yapı dünya üzerinde bırakılan ayak izi, yatırım ve inşaat maliyeti, enerji tüketimi demektir. Bu nedenle bir yapının yapılabilmesi için gerçekten bir ihtiyaç sonucu karar veriliyor olmalı, bu ihtiyacın büyüklüğü doğru olarak belirlenmelidir. Özellikle Türkiye'de yapı programlarının oluşması, büyüklük ve ihtiyaçların saptanması bilimsel ve gerçekci süreçler içinde gerçekleşmemekte, özellikle kamu yapılarına talep oluştururken alanında uzman olan kişilerden çok yöneticilerin talep ve beklentileri belirleyici olabilmektedir. Unutulmamalı ki belli bir yüzde oranında ihtiyaçtan daha büyük olarak talep edilen bir yapı daha baştan aynı oranda bir inşaat maliyeti ve enerji verimliliği sorununu getirmektedir. Benzer bir verimlilik sorunu yapıların işletilmesine yönelik olarak da geçerlidir. Tasarım veri ve beklentilerine uygun olarak işletilmeyen yapılar ek enerji verimliliği ve maliyet sorunları ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu kılavuz yapı gereksinim programlarının buna bağlı olarak yapı büyüklük ve işletme modellerinin oluşumuna yönelik, işlevsel hale getirilmesi gereken süreçleri tanımlamayı hedeflemektedir. Burada öngörülen alt başlıklar:

Bina İhtiyaç Programına Yönelik Başlıklar:

- İhtiyacın tanımlanması.
- İhtiyaca yönelik mekan büyüklüklerinin saptanması.
- Kullanıcı sayısının saptanması.
- İhtiyacın giderilmesine yönelik alternatiflerin araştırılması.
- Ortak kullanım ve çok amaçlı kullanım alternatiflerinin yakın çevre verileri de dikkate alınarak araştırılması.
- Servis mekanlarının ve büyüklüklerinin saptanması.
- Otopark gereksiniminin saptanması.
- Servis alanı ve kullanım alanı oranının denetlenmesi.
- Mahal/mekan büyüklüklerinin uzmanlar tarafından değerlendirilmesi.
- Açık alan ihtiyacının ve büyüklüğünün saptanması.
- Yapının esnek kullanım olanaklarının araştırılması.
- Yapı büyüklüğünün enerji kaynaklarına yakınlığı ve uzaklığı dikkate alınarak kullanılabilirliği açısından araştırılması.
- Yapı büyüklüğünün bütçe kaynaklarına uygunluk açısından araştırılması.
- Sorunların giderilmesi ve nihai yapı program ve büyüklüğüne ulaşılması.

Verimli Bina İşletmesine Yönelik Başlıklar:

- Enerji verimliliği ile ilgili konular
- Güvenlikle ilgili konular

- İşletme personeli ile ilgili konular
- Kullanım saatleri ile ilgili konular
- İşletme sorumlulukları paylaşımı
- Kullanıcılara yönelik işletme eğitimi

İşlevsel programlama ise, sorunu ve tasarım çalışmasının kapsamını açıkça tanımlayan karar verme süreci olarak tanımlanabilir. Bir işlevsel program, planlanan faaliyetleri desteklemek için bir binanın karşılaması zorunlu olan gerekleri tanımlar. Bu alanlar:

- Binanın planlanan kullanım(lar)ının tanımlanması (örneğin eğitim, ofis, çok birimli konut gibi veya bunların bir karma kullanımı olan rezidans+alışveriş+spor salonu gibi)
- Paydaşların taleplerinin tespit edilmesi (yatırımcılar, emlak müteahhitleri, mimarlar, mühendisler, yerel mülk sahipleri ve sakinler, belediye yetkilileri)
- Bütçenin mali hedefler bakımından gözden geçirilmesi.
- Programın karma kullanımları ve gelecekte kullanım değişikliklerini destekleme kapasitesinin değerlendirilmesi.
- Programın yüksek performans ve yeşil işletmecilik faaliyetlerini destekleme yeteneğine sahip olmasının sağlanması.
- Yüksek performans için gereken destekleyici önlemlere müşterinin adanmışlığının teyid edilmesi.
- Asgari olarak mimar ve enerji mühendisini içermek üzere, esas tasarım ekibinin tutulması.
- Tasarım ekibi tipi ve inşaat yönetim modelinin tanımlanması.
- Çevresel Etki Değerlendirmesi'nin (ÇED) yapılması. Değerlendirme; sahanın özellikleri, bina programı, büyüklüğü ve sahadaki konumu hakkında ön varsayımlara dayalı olmalıdır.
- İşlevsel program ve performans hedefleri raporunun hazırlanması

Programlama süreci aşağıdaki sorulara cevap arar:

- İhtiyacın niteliği, mahiyeti ve kapsamı nedir?
- İhtiyaca uygun mimari çözüm geliştirmek için hangi bilgilere ihtiyaç vardır?
- Ne kadar ve ne türden mekan gereklidir?
- Gelecekte verimli biçimde işletime devam etmek için ne kadar mekan gerekecektir? (binanın işletimi ve inşa edilme amacına ve ilk tasarımına göre kullanılamaması sonucu mekan tasarımlarında dönüştürülebilirlik-esneklik avantajı sağlayıp sağlayamadığının düşünülmesi gibi)

İşlevsel programı hazırlayan kişinin ana görevi, müşterinin dünyasını ayrıntılı biçimde inceleyerek müşterinin ihtiyaçlarını ve hedeflerini tanımlamaktır. Bu gerekler, potansiyel tasarım çözümleri ve diğer stratejik alternatifleri değerlendirmek için kriterler oluşturacaktır.

İyi bir işlevsel program, aşağıdaki hususların iyi anlaşıldığını göstermelidir:

- İnşaat süreci ve bina işletiminin yapılı çevreye etkileri,
- Programın toplum üzerindeki sosyal ve ekonomik etkileri,

- Bina işlevlerinin yerel altyapı üzerindeki etkileri.

İşlevsel program, genellikle aşağıdaki faaliyetler yoluyla yaratılır ve bunları tespit edebilir:

- Müşterinin yaşam tarzı, vizyonu ve hedefleri,
- Yeni tesis tarafından beklenen hizmetler,
- Hizmetlerin nasıl sunulacağı ve/veya operasyonel özellikler,
- Mekan üzerinde etkisi olabilecek faaliyetler, işyükü gibi,
- Hizmetlerin sağlanması için gereken kişi sayısı,
- Hizmetlerin sağlanmasında kullanılacak başlıca ekipman,
- Mekanlar veya mekan grupları arasındaki ilişkiler,
- Ayrıntılı mekan gerekleri,
- Genel proje uygulama takviminin belirlenmesi,
- Ön mali bilgiler ve bütçelerin hazırlanması,
- Proje gerçekleştirme yönteminin belirlenmesi,
- Saha değerlendirme ve/veya tespiti raporunun hazırlanması.

4.1 Yapının İşlevsel Önceliklerinin Saptanması

Yapılar işlevsel önceliklerine bağlı olarak farklı tasarım beklenti ve öncelikleri, benzer biçimde farklı işletme öncelikleri barındırabilirler. Bu bölümde yapıların işlevlerine bağlı olarak temel ayrımlarından hareketle özellikle enerji verimliliği, ışık kullanımı, yönlenme ve işletme gibi konulardaki öncelikleri ve tasarım sürecinde öne alınması gereken hususlar vurgulanacaktır.

Yapı türlerine göre alt başlıklar şunlardır:

- Askeri yapılar (cephanelik, mühimmat deposu gibi)
- Dini yapılar (Bazilika, kilise, cami, sinagog gibi)
- Ulaşım yapıları (Gar, terminal, havalimanı gibi)
- Ofis/çalışma yapıları (İş merkezleri gibi)
- İdare yapıları (Belediye binaları, meclis, postane, itfaiye ve polise ait binalar gibi)
- Eğitim yapıları (Okullar, üniversite binaları, kreşler, kütüphaneler gibi)
- Ticaret yapıları (Süpermarket, restoran, otel gibi)
- Konut yapıları (Alçak ve bağımsız konutlar, alçak konut blokları, yüksek konut blokları, siteler, apartman gibi)
- Sağlık yapıları (Hastaneler, sağlık ocakları gibi)
- Spor yapıları (Kapalı spor salonları, stadyumlar gibi)
- Kültür yapıları (Müzeler, koruma altındaki tarihi binalar, opera-tiyatro-konser salonu binaları gibi)

- Üretim/sanayi yapıları (Fabrikalar, sanayi siteleri, dökümhane, tersane gibi)
- Karma/çok işlevli yapılar (Rezidans+AVM, Rezidans+Ofis+AVM gibi)
- Geçici yapılar (Prefabrik yapılar gibi)
- Tarım yapıları (Hayvan üreme çiftliklerine ait binalar, silolar gibi)

4.2 Yapının Kullanım Sürecindeki Paydaşların, Beklentilerinin ve Önceliklerinin Tanımlanması

Bir yapının elde edilmesi süreci talep oluşmasından tasarım aşamasına, inşaat aşamasından kullanım aşamasına çok sayıda paydaşın yer aldığı karmaşık bir süreçtir. Bu paydaşların farklı sorumluluk, beklenti ve öncelikleri vardır. Bu öncelik ve beklentiler kimi zaman birbirleri ile süreklilik gösterirken kimi zaman çatışma içinde olabilir ve diğer paydaşların beklentilerini kısıtlayabilir. Bu nedenle yapı elde etme süreçlerinde bütünleşik tasarım yönteminin işlevsel hale getirilmesi ve paydaşların tasarım aşamasından başlayarak sürece katılması tasarım kararlarının doğru amaca hizmet etmesi açısından önem taşır. Bütünleşik olmayan süreçlerde paydaşların beklentilerinin karşılanamamasının yanısıra radikal tadilat taleplerinin de olma ihtimali vardır. Bu kılavuz yapı elde etme süreçlerinin öncelikleri içinde paydaşların sürece katılma biçimlerini, rol, öncelik ve uzmanlık alanlarını tanımlamayı hedeflemektedir.

Yapı üretim süreci paydaşları;

- Yapı sahibi
- Yatırımcı (yapı sahibi ile aynı paydaş olabilir)
- İşveren (yapı sahibi ile aynı paydaş olabilir)
- Yapı işvereni
- İnşaat işvereni
- Onay mercii
- Tasarım gurubu
- Mimar
- İnşaat mühendisi
- Makina mühendisi
- Elektirik mühendisi
- Peyzaj mimarı
- Altyapı gurubu
- Yangın danışmanı
- Akustik danışmanı
- Enerji danışmanı
- Ulaşım danışmanı
- Çevre danışmanı

- Kullanıcı/Kiracı
- İşletmeci
- Hizmet veren kurumlar (Belediye, elektirik hizmetleri, su hizmetleri, doğalgaz hizmetleri, ulaşım hizmetleri, temizlik hizmetleri, güvenlik hizmetleri gibi)
- Diğer paydaşlar (varsa Anıtlar Kurulu, STK'lar, gibi)

Yeni yapılacak yapıların tasarımında günümüzdeki en yaygın yöntem, performans esaslı tasarım yaklaşımıdır. Bu yaklaşım talepler ve sunumlar olmak üzere iki temel kısmı içermektedir. Yapı sahibi veya kullanıcıları ihtiyaçlarını ve beklentilerini açıkça ve detaylı bir şekilde belirterek yapılacak yapı ile ilgili taleplerini ortaya koymalıdır. Söz konusu taleplere göre mimar ve mühendisler bir tasarım performans seviyesi belirleyerek, istekleri karşılayacak şekilde yapısal ve yapısal olmayan elemanların tasarımını yapmalıdır. Bu iki aşama sürekli olarak tasarımın her aşamasında birbiriyle etkileşimli olmalıdır.

İnşaat mühendisinin ana amacı yeterli rijitlik, dayanım ve kararlılığa sahip bir taşıyıcı sistem tasarlamaktır. Tasarlanacak yapı öngörülen ekonomik ömrü içinde kullanım fonksiyonlarını kaybetmemeli ve yeterli güvenliğe sahip olmalıdır. Deprem gibi bir afet durumunda ise standart konut tipi yapılarda ana hedef binayı kullanan insanların can güvenliğinin sağlanmasıdır. Bunun dışında yönetmelik kurallarına uymak şartı ile hemen kullanım gibi daha üst düzey performans hedeflerini sağlayacak şekilde tasarım yapmak da mümkündür. Farklı şiddetteki depremlerde sağlanması istenen performans düzeylerine, mal sahibi ve mimar ile ortak bir şekilde karar verilmeli ve öntasarım aşamasında istenen performansı sağlamaya yönelik taşıyıcı sistem tasarımı yapılmalıdır.

4.3 Yapının Gelecekteki Kullanım Senaryolarına Yönelik Tasarımsal Esnekliğinin Belirlenmesi

Yapılar ve yapının içinde yer alan işlevler zaman içinde değişmeye, gelişmeye ve dönüşmeye açıktır. Bu değişim kimi zaman kapasite artışı-azalması, ek mekan gereksinimleri ya da fazlalıkları olarak ortaya çıkabilir. Benzer biçimde yapı radikal işlev değişiklikleri ile karşılaşabilir. Yapı tasarımında gerek bu sayısal artış ve eksilmelere gerekse işlev değişikliklerine olanak tanıyacak altyapının önceden gözetilmesi gerekir. Bu kılavuz, yapı tasarımında esneklik kavramının işlevsel hale getirilmesine yönelik aşağıdaki öncelikleri kapsar;

Mimari tasarım ve mekan oluşumunda dikkat edilmesi gereken hususlar,

- Taşıyıcı sistem seçiminde gereken hususlar,
- İşlevsel bölgelemede dikkate edilmesi gereken hususlar,
- Giriş çıkış alternatiflerinin sağlanması için gereken hususlar,
- Mühendislik projelerinde dikkat edilmesi gereken hususlar.

Hazırlanacak statik projelerde, taşıyıcı sistem elemanlarının boyut ve kat içindeki yerleşimleri gelecekte kullanımda meydana gelebilecek değişikliklere yönelik yeterli esnekliği sağlamalıdır. Bu amaçla bina tasarımını yapacak mimar ve taşıyıcı sistem boyutlandırmasını yapacak inşaat mühendisleri tasarım aşamasında birlikte çalışarak taşıyıcı sisteme karar vermelidir.

4.4 Programın Yeşil Yaklaşımlar ve Yüksek Performans için Uygunluğunun Kontrol Edilmesi

Yüksek performanslı binalarda ve yeşil binalarda bütünleşik bina tasarımı daha büyük önem taşımaktadır. Bunun başlıca nedeni enerji arz, dönüşüm, dağıtım ve kullanımında hibrit sistemlerin bina yapısı ile de ilintili olarak daha fazla kullanılmasıdır. Bu durumda sistemlerin aralarındaki ilişkiler ve bina ile olan mekanik, elektrik ve mimari ilişkileri de sayısal ve niteliksel olarak artmaktadır. Bu nedenle tasarım bina özelinde ve genelinde karmaşık bir durum almaktadır. Bunun sonucu olarak da tasarımın en başından itibaren bütünleşik bina tasarımı ve tasarım yönetimi kaçınılmaz olmaktadır. Bu bağlamda binanın her bir sistemi ve elemanı hiyerarşik bir vektörler dizini hiyerarşik veri ağacı modeli[5] ile tanımlanmalı ve tasarımın her bir aşaması bu veri ağacına işlenerek bilgiler giderek tümleştirilmeli ve güncellenmelidir.

4.5 Yapı Sahibi ve İşverenin Enerji Verimliliği Performansına Yönelik Kararlılığı

Yüksek performanslı bina elde etmek özellikle ilk yatırım maliyeti anlamında yüksek olacaktır. Yüksek performanslı bina elde etmek maliyetin yanında süreçte de artışa neden olacaktır. İnşaat süresinin artması da binanın maliyetini arttıracaktır. Bu nedenle yapı ile ilgili düzenlenmesi istenen kısımlarda ve nihai kararlarda mal sahibinin de fikri alınmalıdır. Performans esaslı tasarım yaklaşımına göre, yapının tasarımı aşamasında yapıdan istenen performans kriterleri mal sahibi ile tasarımı yapacak teknik ekip tarafından ortak bir şekilde belirlenmelidir. Yapının yüksek performanslı olması maliyet ve yapım süresini arttıracaktır. Performans nedeniyle meydana gelecek bu artışlar ile yapıdan elde edilecek faydalar kıyaslanarak optimum bir tasarıma gidilmelidir. Performans hedefinin getiri ve götürüleri mal sahibine her aşamada açıklanmalı ve mutlaka onayı alınmalıdır.

4.6 Tasarım Ekibi Yapısının ve İnşaat Modelinin Tanımlanması

Tasarım ekibinde mimar, inşaat mühendisi, makine mühendisi, elektrik mühendisi, elektrik-elektronik mühendisi ve proje özelliğine bağlı olarak gerekli diğer uzmanlar bir arada çalışmalıdır. Yapım aşamasında bu teknik ekip elemanları uzmanlıklarına göre yapımı kontrol etmeli ve tasarımda hedeflenen performans hedeflerini sağlayacak şekilde bina yapımını sağlamalıdır.

Projenin yönetim modelinin seçilmesinde, genel olarak; en düşük maliyet, en iyi değer ve nitelik esaslı seçim kriterleri kullanılmaktadır. En düşük maliyete göre proje yönetim modelinde amaç, proje ve yapım maliyetinin en düşük seviyede tutulmasıdır. En iyi değere göre proje yönetim modelinde ise amaç, hem maliyeti düşük tutmak hem de tasarım ve yapımda çalışacak teknik ekip ve yüklenicilerin yeterli niteliklere sahip olacak şekilde seçilmesini sağlamaktır. Niteliğe göre proje yönetim modelinde ise proje ekibi ve yükleniciler sadece niteliklerine göre belirlenmektedir. Mal sahibi ve ön tasarım ekibi birlikte proje yönetim modelini seçmeli ve seçilen modele göre gerekli diğer tasarım ekibini belirleyerek önerilen model doğrultusunda yapının tasarımı ve inşaatını tamamlamalıdır.

Elde edilen veriler ışığında ön tasarımları yapılması planlanan yapılar için mimari proje ekibi çalışmalıdır. Bu çalışmalar özellikle enerji açısından gerekli mühendislik dallarınca değerlendirilmelidir. Projenin ileriki aşamaları için bu değerlendirmeler önemli olacaktır.

---

[5] Hiyerarşik veri modeli; En eski veri modelleme yöntemi olup 1960'lı ve 1970'li yıllarda çokça kullanılmıştır. Diğer adı sıra düzensel model olup veri öğelerinin aralarındaki ilişkileri betimlemek için kullanılan ağaç yapısıdır. Bu ağaç modelinde her bir düğüm bir veri öğeleri grubuna karşılık düşer ve en çok bir üst düğümü olabilir.

5. PERFORMANSA DAYALI TASARIM HEDEFLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Performans kıyaslama ölçütleri ve hedeflerinin geliştirilmesi, sürecin özellikle kritik bir bölümüdür. Bunlar olmaksızın, performansı artırmak için yapılan çalışmaların mükemmel, kabul edilebilir veya yetersiz olup olmadığının değerlendirilmesi imkansızdır.

Performansın önemli alanları aşağıdakileri içerir:

1. Sahanın konumu ve fiziksel-kültürel ortam ile kurduğu ilişki
   - Yerel kentsel konular
   - Yerel ulaşım
   - Sosyal ve ekonomik bağlam
   - Kentsel ölçekte sostal ve algısal konular
2. Sahanın özellikleri
3. Programsal işlevsellik
4. Yapı malzemeleri ve kullanıma dayalı verimlilikleri
5. İnşaatta bina malzemeleri, bileşenleri ve sistemlerinin kullanımından kaynaklanan gömülü enerji
6. İnşaat kalitesi (Kalite kontrolü ve devreye alma)
7. İşletim esnasında enerji tüketimi
   - Bölgesel enerji sistemleri
   - Binalar ve onları destekleyen altyapıdan kaynaklı potansiyel sinerjetic performans
   - Termal enerji gereklilikleri için kullanılan atık ısı ve alandaki yenilenebilir enerji sistemleri
   - Alanda elektrik üretimi
   - Alan dışı elektrik üretimi
8. İşletim esnasında sera gazı emisyonu
9. İşletim esnasında diğer atmosferik emisyonlar
10. Isıl ada etkisi
11. Bina ısıl enerji depolaması
12. Bina elektrik enerjisi depolaması
13. Su tüketimi ve su yönetimi
14. İnşaat ve işletimin sahaya ve saha ekolojisine etkileri
13. Katı atık yönetimi
16. İç Çevre Kalitesi
   - Termal çevre (ısıl konfor)
   - Havalandırma ve hava kalitesi (koku, iç hava kalitesi)

- Gün ışığı ve yapay ışık (görsel konfor)
- Akustik ve gürültü performansı (akustik konfor, titreşim)
- İç hava kalitesi üzerinde maliklerin veya kullanıcıların kontrolü

17. Bina yönetim ve kontrolü sistemleri
18. Performans ve hizmet araçlarının tesis yönetiminin sürdürülmesi
19. Uzun ömürlülük, uyarlanabilirlik ve esneklik
20. Beklenmeyen durumlarda can güvenliği ve bina bütünlüğünün korunması
21. Normal işletim faaliyetleri esnasında kullanıcıların güvenliği ve emniyeti
22. Tüm kullanıcılar için erişilebilirlik
23. Binaya ilişkin sosyal ve algısal konular
24. Binanın ekonomik performansı ve maliyeti

Önemli sorunlardan biri de, bu performans göstergelerinin göreceli önemidir. Hepsinin önemli olduğunu söylemek doğru olmayacaktır, çünkü genellikle öncelikler yarışma halindedir; öte yandan uzman kurulu görüşlerine dayanarak her göstergeye puan vermek de pek fayda getirmez. Daha mantıklı bir yaklaşım ise, aşağıdaki değerleri içeren bir algoritmaya göre her göstergenin olası etkisi için puan veren bir matris oluşturmaktır:

- Etkilenen sistem (örneğin iklim değişikliği, güvenlik, konfor, işlevsellik gibi)
- Etkinin şiddeti (büyükten küçüğe)
- Etkinin kapsamı (bina içinde genelden yerele)
- Etkinin süresi (yüzyıllar, on yıllar, yıllar, aylar, günler)

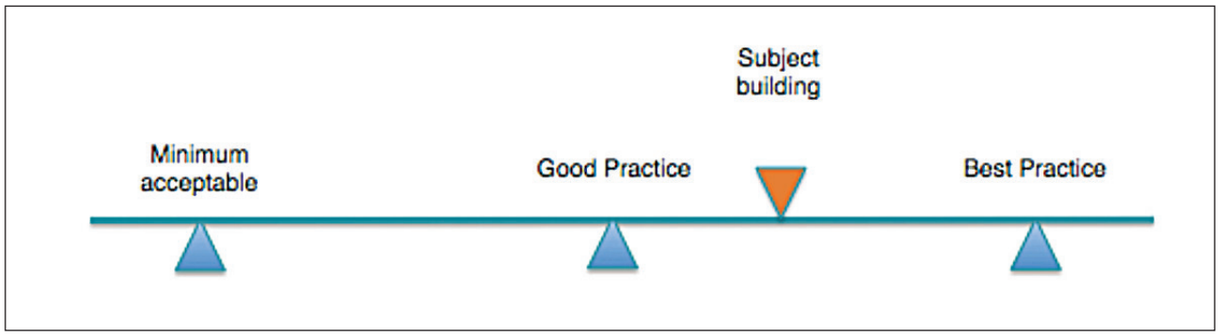
Ağırlıklandırılmış olsun veya olmasın bu performans göstergelerinin değerlendirilmesi, söz konusu binanın bağıl performansının değerlendirilebilmesini sağlayacak biçimde kıyaslama ölçütlerinin ve/veya hedeflerinin oluşturulmasını gerektirir. Kıyaslama ölçütlerini belirlemek üzere genellikle seçilen performans düzeyleri aşağıdakileri içerir:

A. Yönetmeliklere veya sektör kurallarına göre, asgari kabul edilebilir performans
B. Sektör kurallarına göre, iyi performans sayılan performans düzeyi
C. Sektör kurallarına göre, en iyi uygulama sayılan performans düzeyi.

Tasarım aşamasında tahmin edilen veya işletim aşamasında gözlenen performans düzeyleri bu ölçeğe göre belirlenebilir.

Uygulamada bazı performans göstergeleri rakam cinsinden ifade edilirken, diğer bazı göstergeler ise sözel ifadeleri gerektirir.

Binaların performansı arazi seçimi, ulaşım, su verimliliği, enerji verimliliği, konfor ve iç hava kalitesi, akustik gibi konuları kapsamaktadır. Bir binanın performans hedeflerinin bir "Commissioning danışmanı" ile birlikte geliştirilmesi uygun olacaktır. Çünkü binanın yerinin seçilmesinden sonra, proje ekibinin seçilmesinden önce mal sahibinin isteklerinin ve performans hedeflerinin belirlenmesi gerekir. Daha sonra tasarım, inşaat, devreye alma ve işletme süreçlerinde bu hedeflerin tutturulup tutturulamadığı, binanın kalitesinin hedeflendiği gibi olup olmadığı ancak bir commissioning süreci ile mümkün olabilmektedir. Bir binada performans



Şekil 20: *Performans düzeyini gösteren bir örnek*

hedefleri aşağıdaki gibi olabilir:

1. Binalar enerji verimli, suyu az tüketen, enerjisinin bir bölümünü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayan bir yapıda olacaktır.
2. İnşaat ve işletme süreçlerinde atıkların azaltılması ve atık yönetimi yapılacaktır.
3. Bina yüksek performanslı yapılırken binanın mekan planlaması ve ihtiyaç kalitesine yönelik hedeflerinde zayıflama olmamalıdır.
4. Tasarımda yaşam boyu maliyet analizi yapılmaya çalışılmalıdır.
5. İşletmede devreye almada test, ayar ve balans hizmeti (TAB) prosedürleri uygulanmalı, personel eğitimi verilmelidir.
6. Tasarım, imalat ve işletme süreçleri standartlar, yönetmelikler ve kanunlara uygun olmalıdır.
7. Maksimum deprem yüklerine dayanıklılık sağlanmalıdır.
8. Zorunlu standart ve kurallara uyulmalıdır.

5.1 Enerji Kullanımı için Performans Hedefleri Geliştirilmesi

Çevre ve sürdürülebilirlik hedefleri aşağıdaki hususları içermelidir:

- Bina, bina kabuğu, HVAC sistemleri, aydınlatma gibi yönlerinden enerji verimli olmalıdır. Örneğin proje ASHRAE 90.1-2007 Enerji Standardındaki esas değerlerinden en az %35 daha yüksek performansa sahip olacaktır.
- Mekanik havalandırmada örneğin ofisler için Minimum Energy Rating Value (MERV) 13 (F7) veya daha yüksek filtreleme yapılmalıdır. Diğer bina tipleri için de ilgili standartlara uygun tasarım ve imalat yapılmalıdır.
- Klima santrallerine dış havanın miktar ve kalitesini sürekli ölçüp otomasyona aktaracak pitot tüpleri[6]: Hız ölçer ve CO_2 hissedicileri konulmalıdır. Ayrıca havalandırmada konfor ve enerji verimliliğinin bir arada sağlanabilmesi için "*talep denetimli havalandırma*" sistemi tesis edilmelidir.

[6] Pitot tüpü; Bir akışkanın yarattığı toplam basıncı ve buna bağlı olarak akışkanın hızını ölçen cihazdır.düşer ve en çok bir üst düğümü olabilir.

Enerji kullanımı için performans hedefleri bina kabuğu, HVAC sistemleri, sıcak su sistemleri, aydınlatma, elektrik sistemleri ve varsa diğer sistemlerin (örneğin hastane ekipmanları) verimliliğinden oluşmaktadır. Enerji verimliliği için aşağıdaki dokümanlar ve benzerleri kullanılabilir.

- ASHRAE Standard 189.1, Standard for the Design of High-Performance Green Buildings.
- ASHRAE Standard 90.1, Energy Standard for Buildings Except-Low Rise Residential Buildings and Appendix G.
- ASHRAE Standard 62.1, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
- ASHRAE Standard 55-2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- ASHRAE Guideline 0-2005, "The Commissioning Process".
- Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği

Yüksek performans ölçütleri

Yüksek performans binalarına ilişkin ölçütler, binanın enerji kullanım veriminden ve basit karbon salımından çok ötededir. Bunlardan örnekler aşağıda verilmiştir;

1. Alternatif enerji oranı,
2. Birincil enerji oranı,
3. Fosil yakıt tasarruf oranı,
4. CO_2 azaltım oranı,
5. Enerji/kullanılan m^3 alan/yıl/derece-saat (Elektrik, değişik entalpilerde ısı ve soğuk kırılımlı olarak),
6. Ekserji yönetimi ve verimi,
7. Bölge ısıtma sistemine bağlantı endeksi,
8. Güç ve enerji taleplerinde salınım oranı,
9. Güç ve enerji oranlarında salınım oranı.

5.2 İçme Suyu Kullanımı için Performans Hedeflerinin Geliştirilmesi

Son yıllarda Dünya'da ve Türkiye'de küresel ısınmanın bir sonucu olarak iklim değişiklerinin meydana geldiği belirgin bir şekilde hissedilmekte ve sıcaklık değerlerinin mevsim normallerinin üzerinde olduğu gözlemlenmektedir. Sıcaklıkların artması ve yağışların azalması ile birlikte;

- Mevcut yüzeysel su kaynaklarının buharlaşma yoluyla kaybı hızlanmış,
- Yüzey sularımız ve yeraltı su kaynaklarımız yağışlarla beslenemez olmuş,
- Aşırı ve bilinçsiz tüketim sonucu mevcut su kaynakları ihtiyacı karşılamakta yetersiz kalmaya başlamıştır.

Bu bilgiler ışığında su kayıplarını ve su tüketimini azaltacak önlemler alınması ve mevcut kısıtlı su kaynaklarının en verimli şekilde kullanılması hedeflenmelidir. Mevcut su kaynaklarının tüketimini ve su kayıplarını azaltacak önlemler aşağıdaki başlıklarda ele alınmıştır.

5.2.1. Binalarda Su Tüketiminin Azaltılması

5.2.1.1 Su Tüketimini Etkileyen Binaya İlişkin Faktörler

Binalarda su tüketimini etkileyen faktörler, binanın yeri, bina grupları, yerleşme ve çevre düzenlemesi, binalarda planlama ve hacim organizasyonu, bina kabuğu ve binanın fonksiyonu başlıklarında ele alınabilir.

5.2.1.1.1 Binanın Bulunduğu Yer

Binanın yeri için seçilen arazinin toprak yapısı, eğimi, bitki örtüsü gibi özelliklerin yanı sıra binanın yerinin su rezervlerine olan uzaklığı ve binanın bulunduğu yerdeki kanalizasyon sistemi de su tüketimi miktarları üzerinde etkilidir. Arazi toprağının bünyesi ve yapısına bağlı olan yağış sularını sızdırma özelliğine sahip olup olmaması;

- Yağış sularının sele dönüşerek potansiyel su kaynaklarının harcanması veya
- Yağış sularının toprağa ve alt katmanlara sızarak yeraltı su kaynaklarına katkıda bulunması bakımından önemlidir.

Gözenekliliği fazla, organik madde bakımından zengin toprakların sızdırma kapasitesi yüksektir. Sızma, toprak doygun hale gelene kadar devam eder. Bundan sonra yağışlardan kaynaklanan sular yüzeysel akışa geçer ve sel olayı meydana gelir.

Yüksek eğimli bir arazide, ani sağanaklar ve ani kar erimelerinin ardından yüzeysel akışa geçen su miktarı artar. Akımda hızla yükselmeler olur ve yamaçları kaplayarak akan sular seli meydana getirir. Yamaç eğimi az olan su toplama havzalarında, suların akış hızı azalmakta, uygun zeminli alanlarda sızma daha çok gerçekleşmekte ve buharlaşma daha çok olmaktadır.

Bitki örtüsü yönünden zengin olan yerlerde, özellikle ormanlarla kaplı alanlarda toprak, daha gözeneklidir. Bu topraklar organik madde yönünden zengindir. Organik madde, ağaç dalları ve yaprakları, yağışın toprağa ani inişini engeller. Bitki gövdeleri ise, yüzeysel akışın hızını azaltır. Dolayısıyla sızma oranı artmakta ve yağış sularının yüzey akışı riski azalarak su tüketimi de azalmaktadır (www.ogm.gov.tr).

Binanın yeri ile su rezervinin arasındaki mesafe su rezervinden binalara ulaşan su dağıtım şebekesinde meydana gelen kayıplar açısından su tüketimini etkilemektedir. Ayrıca binanın su rezervine göre bulunduğu kota bağlı olarak, suyun zorlamalı bir sistemle mi yoksa doğal şebeke basıncı ile mi dağıtılacağı da su dağıtım şebekesinde meydana gelecek kayıpları dolayısıyla su tüketimini etkileyecektir.

Binanın bulunduğu yerdeki kanalizasyon sisteminin ayrık veya birleşik sistemlerden biri olması binanın bulunduğu yerdeki su kayıplarını doğrudan etkilemektedir. Bir yerleşmede binalardan gelen atık su ile bu yerleşme sınırları içine düşen yağmur suları aynı kanal içinde uzaklaştırılırsa buna birleşik sistem kanalizasyon, ayrı kanallarla uzaklaştırılırsa ayrık sistem kanalizasyon denmektedir. Birleşik sistem özellikle eski yerleşmelerde mevcut yağmur suyu kanallarına atık suların da verilmesiyle ortaya çıkmış bir sistemdir. Tek bir boru sistemiyle çalışan bu sistem ayrık sisteme göre daha düşük maliyetli gibi görünse de aşağıdaki gerekçelerle uzun vadede daha pahalı bir sistemdir (Karpuzcu, 2005; Muslu, 2005).

- Yağmur suyunun atık suyla birlikte kirlenmesi ve bunun sonucunda bu kirli suyun ayrıştırılıp arıtılması işlemleri için gerekli olan arıtma sisteminin daha büyük ve maliyetli olması,

- Yağış debisi sabitlenemeyeceğinden, debinin geniş bir aralık içinde değişmesi, kurak havalarda kanalizasyon tesisatında taban çökelmelerine dolayısıyla bakım ve onarım maliyetlerine yol açması,
- Aşırı yağışlarda kanal kapasitesinin yetersiz kalması sonucunda ve yağış sularına karışmış olan kanalizasyon sularının bazı binaların bodrum katlarını basması sonucu temizlik ve yenileme masraflarının ortaya çıkması.

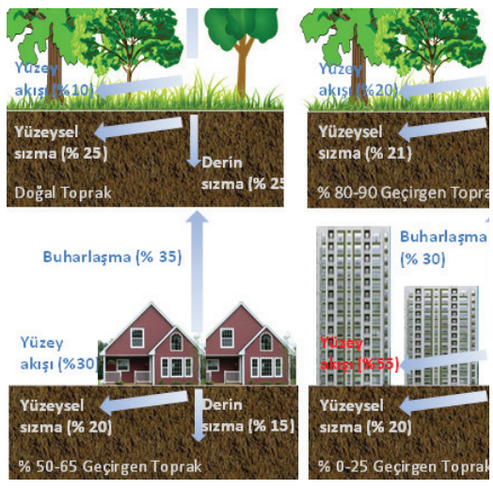
Binanın bulunduğu yerde bu iki farklı kanalizasyon sisteminden hangisinin uygulanacağı, arazinin topografyasına, cadde genişliklerine, ve zemin özelliklerine bağlı olarak belirlenir.

5.2.1.1.2 Bina Grupları, Yerleşme ve Çevre Düzenlemesi

Bina ve bina gruplarının içinde bulundukları yakın ve uzak çevrede; bina gruplarının yoğunluğu ve bina grupları arasındaki otopark gibi alanların düzenlenmesinde kullanılan yüzey malzemeleri ve bu malzemelerin akış katsayıları yağış sularının toprağa sızmasında önemli rol oynamaktadır. Yeşil alanların, bahçelerin varlığı, bu alanların büyüklüğü ve yerleşmedeki peyzaj tasarımı da yine sızdırma ve yüzey akışı oranlarını etkilemektedir (Bkz. Şekil 21). Süs havuzları ve bu havuzların yüzey alanlarının büyüklüğü özellikle sıcak günlerde buharlaşmayı ve dolayısıyla su kayıplarını artıracaktır. Otoparklar ve garajlar da çeşitli kirleticilerin varlığı ve yüzey kaplama malzeme seçimlerine göre su tüketimine etki etmektedirler.

Yerleşmedeki yolların genişliği, dolayısıyla yerleşmedeki trafik yükü ve buna bağlı olarak ortaya çıkan egzoz gazı gibi kirleticilerin varlığı; bina gruplarındaki kullanıcı sayısı ve yoğunluğa bağlı olarak binaların ısıtma yükleri ve dolayısıyla bacalardan çıkan is ve dumanların oluşturduğu kirleticilerin varlığı; yerleşmenin kullanıcı yoğunluğuna bağlı olarak önerilmiş olan çöp uzaklaştırma sisteminden kaynaklanan kirleticilerin varlığı ve yerleşmenin büyüklüğü ve yoğunluğu sonucu yerleşmenin bir "ısı adası" olarak çalışıp mevsimlik yağışların gerçekleşememesi gibi etkenler su tüketimini doğrudan etkilemektedir.

Yerleşmedeki ağaçlandırma ve çevre düzenlemesinin suyun akışa geçmesini önleyecek ve ekosistem, karbon salımı gibi konular açısından gerekli olan şartları uzun vadede sağlayacak şekilde bilimsel verilere dayandırılmadan yapılması ve çevre düzenlemelerinde kısa vadeli, peyzaj ve estetik önceliklerin göz önünde bulundurulduğu çözümlerin üretilmesi de su tüketimi miktarlarını değiştirmektedir.



Şekil 21: *Bina yoğunluğu, geçirimsiz yüzeyler ve yüzey suları akışı arasındaki ilişki*

5.2.1.1.3 Binalarda Planlama ve Hacim Organizasyonu

Bina su tesisatındaki basınç farklılıkları ve yıpranma gibi nedenlerden dolayı ortaya çıkan su kayıplarını önlemek tesisatın içindeki borulara erişimin kolay ve hızlı olmasını gerektirir. Boruların içinde bekleyen su miktarını azaltabilmek amacıyla, banyo, mutfak, wc. gibi ıslak hacimlere servis veren su boruları tesisat uzunluğunun ve dönüş, çap değiştirme gibi ek yerlerinin sayısının en az olacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Soğuk iklim bölgelerinde suyun borular içinde donması, sonra genleşerek borularda hasara yol açması ve dolayısıyla su tüketimine sebep olması riskini azaltmak için boru tesisatı dış duvar içinden geçirilmemelidir (Anonim, 2008-1).

5.2.1.1.4 Bina Kabuğu

Bina kabuğu, binayı dış iklim koşullarından koruyarak iç ve dış ortamı birbirinden ayıran, saydam ve opak bileşenlerden oluşan dış cephe ve çatı elemanıdır. Yeşil bina kavramı ile birlikte; binalarda yağmur suyuna ve güneş ışınlarına karşı koruma ve gölgeleme sağlaması, iç mekân sıcaklığını düzenlemesi ve ısı yalıtımı sağlaması, ses yalıtımı sağlaması, ısı adası etkisini azaltması, dış mekân hava kalitesini artırması, çevredeki ekolojik özellikleri iyileştirmesi ve insan psikolojisine olumlu katkıları bulunması nedenleriyle, yaygınlaşan yeşil cephe uygulamaları da binaların su tüketim miktarlarını etkilemektedir. Birden çok cephede uygulanan düşey yeşil sistem, birden fazla tipte sulama sistemi gerektirir. Her cephe duvarında sulama için kendine özel düzenlemeye ihtiyacı vardır. Terlemenin fazla olması sebebiyle güneye bakan cephelerde daha çok suya ihtiyaç duyulmaktadır.

Yeşil çatı uygulamalarında ise, bitkilendirilmiş çatının sulaması, standart yer bahçelerinde olduğu gibi yağmur suyu ile yapılır. Yağışların büyük bir bölümü çatılara düşer ve burada kalır, toprak tarafından emilir ve bitkiler tarafından kullanılır ve sonra buharlaşır. Yapılaşmış alanlarda, giderek daha fazla alan sert ve geçirimsiz hale geldiğinden, daha az su toprağa geçebilmektedir. Bu da kanalizasyon ve tahliye sistemlerine daha fazla yük anlamına gelir. Kentlerde bulunan yeşil çatıların en önemli etkilerinden birisi, yağmur sularının sert ve geçirimsiz yüzey kaplamaları nedeniyle toprağa sızamayıp kanalizasyona karışmalarını engellemektir. Yeşil çatıların yağmur suyunu tutma ve atmosfere kademeli olarak geri gönderme özelliklerinden dolayı, su tüketim miktarlarını azaltma yönünde etkileri vardır (Kabuloğlu, 2006; Mir, 2011; Ottele, 2011)

5.2.1.1.5 Binanın Fonksiyonu

Kullanıcı sayısı ve gün içinde hangi saatlerde kullanıldığına bağlı olarak farklı fonksiyonlara sahip binalarda farklı su tüketim oranları gerçekleşmektedir. Binanın fonksiyonuna bağlı olarak yarı zamanlı veya tam zamanlı (24 saat) kullanılması su tüketimini etkileyecektir. Buna ek olarak binanın farklı bir fonksiyona sahip olması aynı zamanda bina içinde kullanılan alt sistemlerin ve bu sistemlerin su tüketimi miktarları üzerindeki ağırlıklarının da farklı olmasına neden olabilir.

5.2.1.1.6 Binanın Kullanım Suyu ve Isıtma Suyu Döşemi

Binaya suyun nasıl sağlandığı su tüketimi miktarlarını etkilemektedir. Binanın kullanım suyu binaya doğrudan veya dolaylı olarak sağlanmaktadır. Doğrudan su sağlamak için su katlara şebekeden gelen basınç ile iletilir. Yapı ve yapı gruplarına gelen suyun basıncının fazla olması, suyun debisini artırır, sıçrama ve şiddetli akışa yol açarak musluklardan daha fazla suyun akmasına neden olur. Basınca duyarlılığın en önemli nedenlerinden biri olan soğuk su boru çaplarının doğru ve yeteri kadar büyük seçilmemiş olması da su tüketimini

Tablo 7: Binanın fonksiyonuna bağlı olarak gerçekleşen farklı su tüketim kalemleri ve su tüketim oranları. (Anonim, 2008 - 2)

	Evsel su tüketimi tuvaletler	Isıtma soğutma	Bahçe sulama	Mutfak	Diğer	Çamaşır	X-ışınları sterilas-yonu	Yıkama işlemi
Konutlar	X	X	X	X	X	X		
Ofisler	X	X	X	X				
Okullar	X	X	X	X	X			
Restoran ve fast-food	X	X	X	X	X			
Oteller	X	X	X	X		X		
Hastaneler	X	X	X	X	X	X	X	
Kuru temizleme ve çamaşırhaneler	X	X				X		
Araba yıkama	X							X

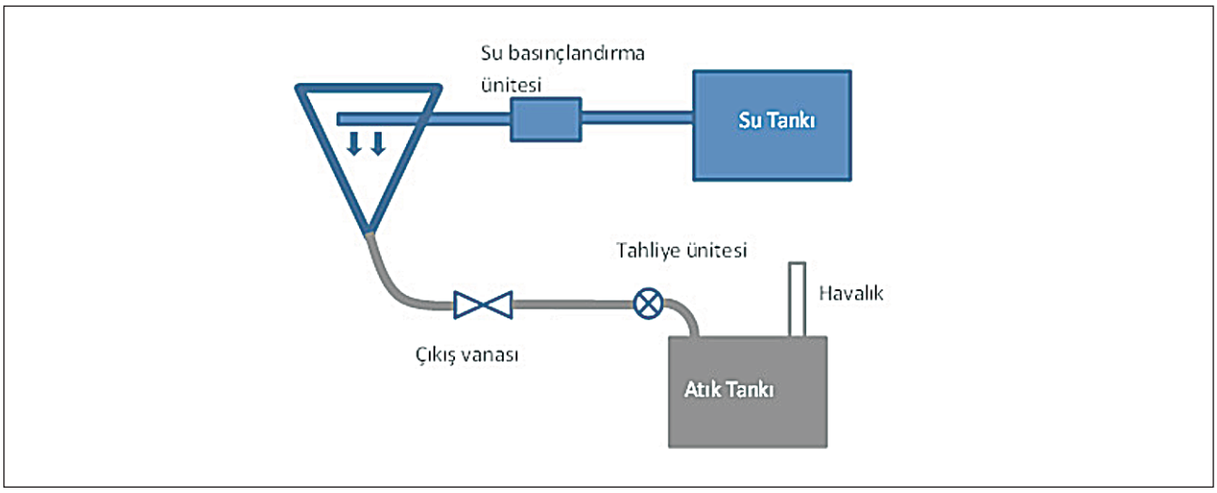
etkileyen kullanım suyu tesisatına ilişkin bir değişkendir. Binaya suyun dolaylı olarak sağlanmasında ise, şebekeden gelen su bir depoda depolanır ve bir hidrofor yardımıyla katlara iletilir. Depo kullanımında şebeke suyunun kesintili gelmesi halinde kesinti süresine göre suyun kalitesi değişebilecek, akış ağızlarından su bir süre akıtılarak yenilenmeye çalışılacaktır. Basıncın yetersiz olması durumunda basınç yükseltici sistemlerin yapımı gerekmektedir.

Binada kullanılan suyun götürü usulü kullanılması, her kullanıcıya bir su saati aracılığıyla iletilmesine kıyasla daha fazla su tüketimine yol açmaktadır.

Binalarda sıcak su elde etme sistemlerindeki farklılıklar ve seçilen sıcak su elde etme sisteminin türü de su harcama miktarlarını doğrudan etkilemektedir. Merkezi sıcak su sistemlerinde sıcak su her zaman sistemde kullanıma hazırdır. Bireysel sıcak su sistemlerinde ise; özellikle ani ısıtmalı sistemlerde sıcak suyun elde edilmesi için birkaç dakika suyun akıtılması gerekmektedir. Bu durum suyun kullanılmadan boşa akmasına neden olur. Depolu sistemlerde su ısındığında kullanıma hazır olduğu için su akıtma işlemi yoktur.

5.2.1.2. Su Etkin Sağlık Gereçleri ve Armatürlerin Kullanılması

- Hela taşlarında çift akışlı rezervuarlar yardımıyla katı ve sıvı atıklar için 3 litre ya da 6 litre su kullanmaktadır.
- Yeni geliştirilen bazı sistemlerde bu oran 2.5/4 litreye kadar düşürülerek %60'lara varan bir su tasarrufu sağlanmaktadır.
- Vakum tuvaletlerde yaklaşık 1-0,5 litre su tüketilmektedir. Klasik bir tuvalette her yıkama için 6 litre su kullanılmakta iken bu tip tuvaletler ile %80'e varan su tasarrufu sağlanabilmektedir.
- Az miktarda suyun kullanıldığı ya da hiç su kullanımının olmadığı, organik atıkların kompostlanarak yeraltında gübre olarak biriktirildiği bu tür sistemlerin büyük yerleşmeler yerine bireysel konutlarda kullanılması daha uygun olmaktadır.
- Susuz pisuvarlar hiç su kullanmayan sağlık gereçleridir. Burada kullanılan yoğunluğu düşük bariyer sıvısının kullanıma bağlı olarak yılda en az 2 ya da 6 defa değiştirilmesi önerilmektedir. Dezenfeksiyon için kullanılan sıvının ise haftada bir defa değiştirilmesi gerekmektedir. (Anonim - 2007)
- Harekete duyarlı pisuvarlar kullanımında sensör, kişiyi sadece kullanım anında algılayarak yıkama yapmaktadır. Su tüketimi 1.2-3 litre arasında değişmektedir (Deniz, Bostancı, Salur, 2012).
- Lavabo bataryalarında perlatörler sayesinde su tüketimi dakikada 12 litreden 5 litreye kadar düşürülebil-



Şekil 22: *Vakum tuvalet*



Şekil 23: *Susuz pisuvar*

mektedir.

- Düşük akışlı duş başlıkları, sistemlerinde kullanılan debi regülatörü ile klasik duş başlıklarında 20 litre/dakika olan su tüketimini 7-8.5 litre/dakika'da tutarak %60 oranında su tasarrufu sağlayabilmektedir. (Anonim, 2013-1)
- Musluklar ve bataryalar ile harekete duyarlı musluk ve bataryaların her ikisinin de 8,3 litre/dakika akış olduğu kabul edilmekte olup, buna göre bir el yıkama işleminde kullanılan su miktarı karşılaştırıldığında, normal musluklarda 4.6 litre su kullanılmakta iken, harekete duyarlı musluklarda 0.6 litre su kullanılmakta olup yaklaşık 4 litrelik bir tasarruf söz konusudur. (Anonim - 2005-1)
- Kontörlü duş sistemleri jeton veya kontör sistemiyle çalışmakta, her kontör örneğin 5 dakikalık su kullanımına izin vermektedir. Bu sistemde kullanıcı suyun parasını önceden ödemekte dolayısıyla suyu daha bilinçli tüketmektedir.
- Sayaçlı duş başlığı ve musluklarda elektronik göstergeler sayesinde ne kadar su tüketildiği görülmekte ve böylece daha bilinçli su tüketilmesi sağlanmaktadır. (Deniz, Bostancı, Salur, 2012).

5.2.1.3 Farklı Fonksiyonlara Sahip Binalarda Su Tüketiminin Azaltılması

TS 1258 Temiz Su Tesisatı Hesap Kuralları Standardı'na göre; birim su tüketim miktarı, farklı fonksiyonlara sahip binalara göre farklılık göstermektedir. Konutlarda su gereksinmesi; banyosuz konutlarda bir günde kişi başına su ihtiyacı en az 60 litre/gün, yalnız duşu olan konutlarda en az 80 litre/gün, küvetli konutlarda en az 100 litre/gün olarak alınmalıdır.

Bu gereksinme, yerel özellikler, konutun bahçesi, konutun boyutları ile kullanış şekline, sıcak su hazırlayıcılarının tipine göre özel olarak hesaplanmalıdır. Konut dışı binalarda su gereksinim miktarları Tablo 8'de verilmiştir. (Anonim, 1983)

Tablo 8: Konut dışı binalarda su ihtiyacı

YAPI TİPİ	SU İHTAYCI (litre/günxkişi)
Fabrikalar	45
Hastaneler (Çamaşırhanelerle birlikte) Her yatak için Görev başındakiler için Hemşireler (lojman ihtiyacı ile birlikte)	35 45 135
Duşlu Otel	90
Küvetli Otel	150
Bürolar	45
Lokantalar	7
Okullar Gündüzlü Yatılı	 45 135
Bahçe Sulama	1.5 litre/m^3
Binek Otosu (Temizlik)	100 litre/günlük

Projelendirme aşamasında binanın fonksiyonuna bağlı olarak belirlenmiş olan bu miktarlar göz önünde bulundurularak temiz su ve pis su tesisatının boyutları ve projesi ortaya çıkar. Ancak bu değerler yangın veya özel endüstri gereksinmelerini kapsamayıp minimum değerler olarak kabul edilmeli, binanın bulunduğu şehir, semt ve kullanıcı profiline göre bu değerlerin değişkenlik gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Farklı fonksiyona sahip binalarda su tüketiminde farklı ağırlıkta farklı harcama başlıklarının olması kaçınılmazdır. Farklı fonksiyonlara sahip binalarda su tüketim miktarları bazen fonksiyona göre bazen de binanın kullanım süresine göre farklılaşabilir. Binaların fonksiyonları farklı olsa da bina içinde kullanılan benzer alt sistemler vardır. Bu alt sistemlerin su tüketim miktarlarındaki farklılıklar, binanın fonksiyonu nedeniyle farklılaşan su tüketim zaman aralığı ve sıklığından kaynaklanan farklılıklardır. Dolayısıyla her binanın fonksiyonunda bulunan; tuvaletler, ısıtma-soğutma sistemi, yemek yeme-pişirme alanı, bahçe sulama, temizlik gibi bazı ortak su harcama alanlarda su tüketimini azaltmaya yönelik alınabilecek önlemler benzerdir. Tablo 9'da farklı fonksiyona sahip binalarda aynı su harcama alanlarında gerçekleşen farklı su tüketim oranları görülmektedir. (Anonim - 2008-2)

Farklı fonksiyona sahip binalarda bulunan aynı su harcama alanlarına ilişkin su tüketimini azaltmaya yönelik alınabilecek önlemler aşağıda sıralanmıştır.

Genel

- Binanın ana su sayacına düzenli bakım yapılmalıdır.
- Su sayacı düzenli olarak okunmalı ve geçmiş dönemlerdeki su harcamaları ile karşılaştırılarak su harcamalarındaki olağan dışı artışlar tespit edilmelidir.
- Binanın içinde farklı kullanımları olan birimler veya alanlar var ise örneğin: daire, farklı ofis katları gibi her

Tablo 9: Farklı fonksiyona sahip binalarda aynı su harcama alanlarında gerçekleşen farklı su tüketim oranları.

%	Evsel su tüketimi (tuvaletler, banyolar)	Isıtma-soğutma	Mutfak	Dier	Çamaşır	Bahçe Sulama
Konutlar	55	10	12	5	13	5
Ofisler	34	28	11	-	-	27
Restoran ve fast-food	33	2	47	13	-	5
Oteller	35	11	16		15	23
Hastaneler	31	23	7	22	6	10

farklı alan için ayrı bir su sayacı öngörülmelidir.

- Bina işletim sistemleri yardımıyla su harcamaları izlenmelidir.
- Tesisatta gerekli yerlerde basınç dengeleyiciler bulunmalıdır.
- Tesisatta her çıkış ağzına veya çıkış ağzı yakınına bir kontrol vanası yerleştirilmelidir.

Tuvaletler

- Tüm musluk ve bataryalarında perlatör ve akış ayarlayıcılar kullanılmalıdır.
- Tüm lavabolarda su etkin armatürler (harekete duyarlı armatürler) kullanılmalıdır.
- Tüm hela taşlarında çift akışlı rezervuarlar kullanılmalı
- Harekete duyarlı pisuvarlar veya susuz pisuvarlar kullanılmalıdır

Banyolar

- Banyo mekan düzenlemelerinde banyo küveti yerine duş teknesi önerilmeli ve kullanılmalıdır.
- Banyo ve duş teknelerindeki bataryalarda düşük akışlı duş başlıkları kullanılmalıdır.
- Duş teknelerinde banyo bataryası yerine duş bataryası kullanılmalıdır.

Mutfaklar

- Eviye bataryalarında perlatör ve akış ayarlayıcılar kullanılmalıdır.
- Çamaşır makinaları, bulaşık makinaları ve kurutma makinalarında A sınıfı en az su harcayan cihazlar kullanılmalıdır.

Isıtma-Soğutma ve Kullanma Tuyu Tesisatı

- Soğutma yapılacak olan bina için soğutma kulesi ve hava ile soğutma uygulama seçeneklerinden en uygun olanına karar verebilmek için karşılaştırmalı olarak; ilk yatırım, işletme, personel, yaşam boyu maliyetleri analizleri yapılarak en uygun sisteme karar verilmelidir.
- Islak soğutma kulesi kullanımında, soğutmanın su buharı şeklinde ortaya çıkardığı atık ısı, binada kullanılacak şebeke suyunun ön ısıtmasında kullanılmak üzere kapalı devre sistemlerle geri kazanılarak buharlaşma yolu ile atılan su miktarı azaltılmalıdır.

- Soğutma kulelerinde takviye su miktarının düzenli olarak ölçülebilmesi için su sayacı kullanılmalıdır.
- Soğutma kulelerinde damla tutucu ve taşma alarmları kullanılmalıdır.
- Soğutma kulelerinde iletkenlik sensörünün düzenli olarak temizlenmesi gerekmektedir.
- Binanın soğutma yükleri azaldığında su kullanımı da azalacaktır, dolayısıyla soğutma yüklerini azaltacak önlemler alınmalıdır.
- Soğutma kulelerinde takviye suyu yerine alternatif su kaynakları (geri dönüştürülmüş su, yağmur suyu) kullanılmalıdır.
- Isıtma sisteminin türü (açık sistem veya kapalı devre sistem) su tüketim miktarları üzerinde etkili olacağından önemlidir. Kapalı ısıtma sistemi seçilmesi halinde açık ısıtma sisteminde ortaya çıkan, suyun buharlaşıp kaybolması sonucu ilave tesisat dolum suyu gereksinimi ortadan kalkacaktır.
- Isıtma sisteminde, kazan, dağıtıcı ve radyatörlerde su kaçağı olup olmadığı sistemin çeşitli yerlerine yerleştirilecek olan su sayacı ve basınç kontrolü cihazlarıyla kontrol edilmelidir.
- Dağıtıcı ve radyatörlerde düzenli bakım ve onarım yapılmalıdır.
- Seçilecek ısıtma sistemi dağıtıcıları kolay müdahale edilebilir şekilde planlanmalıdır. Örneğin yerden ısıtma sisteminde döşeme veya duvara gömülmüş boru sistemlerinde meydana gelecek bir kaçak halinde su kesilse dahi müdahale edilip kaçak onarılana kadar borunun içindeki su tamamen boşalacaktır.
- Su dağıtım sisteminde tesisatta pek çok noktada suyu kapatıp açmaya olanak sağlayacak kontrol vanaları önerilmelidir. Vanalar arası mesafe, herhangi bir kaçak halinde suyun kesilmesinden sonra da borudan akacak suyun miktarının belirleyicisidir.
- Kapalı devre ısıtma sistemi kullanımında, binada düşeyde veya yatayda bölgeleme yapılması halinde herhangi bir bakım ve onarım gerektiğinde tüm sistemin suyunu boşaltmak yerine arızanın olduğu bölgenin suyu boşaltılacağından su tüketim miktarları azaltılmış olacaktır.
- Kapalı devre ısıtma sistemi kullanımında suyu getiren geliş boruları ve radyatörlerden suyu götüren dönüş borularının üzerine, herhangi bir bakım onarım gerektiğinde suyu kolaylıkla kesebilmek ve sistemdeki tüm suyun boşaltılmasını önlemek için kontrol vanaları takılmalıdır.
- Isıtma ve soğutma sistemi işletme operatörlerinin iyi eğitim almış olmaları sağlanmalıdır.
- Su depolarında düzenli olarak sızıntı ve kaçak kontrolleri yapılmalı, su deposunun taşkan çıkışı bahçe sulaması, genel temizlik gibi amaçlarla kullanılmak üzere yönlendirilmeli, kanalizasyona bağlanmamalıdır.
- Depo temizliği deponun içinde kalan su ile yapılmalıdır, temizlik için dışarıdan su getirmeye gerek yoktur.

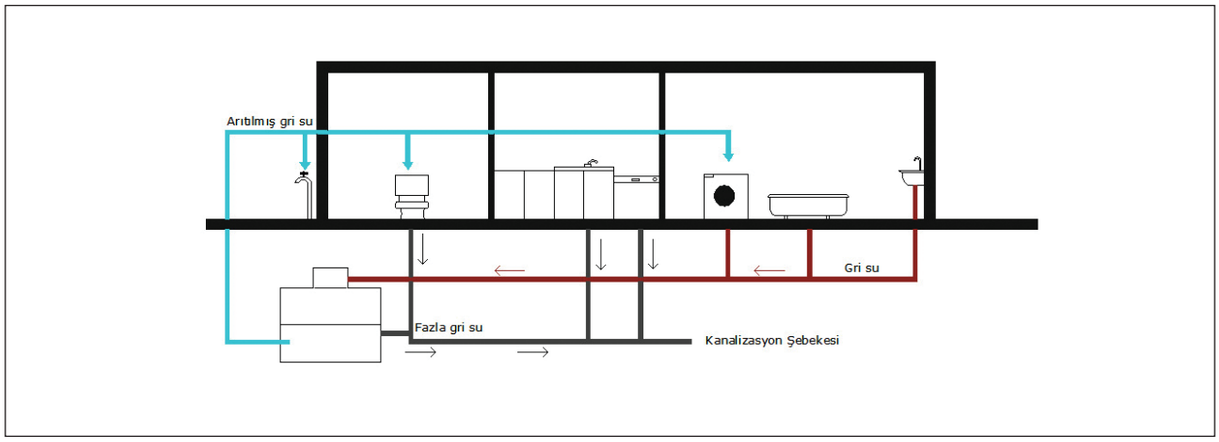
5.2.1.4 Yenilikçi Atık Su Teknolojileri Yardımıyla Binalarda Su Tüketiminin Azaltılması

Yenilikçi atık su teknolojileri ile binalarda kullanılmış olan suyun çeşitli arıtma yöntemleriyle arıtılıp geri dönüştürülerek farklı kullanım alanlarında yeniden kullanılması ve bu şekilde su tüketiminin azaltılması olanaklıdır.

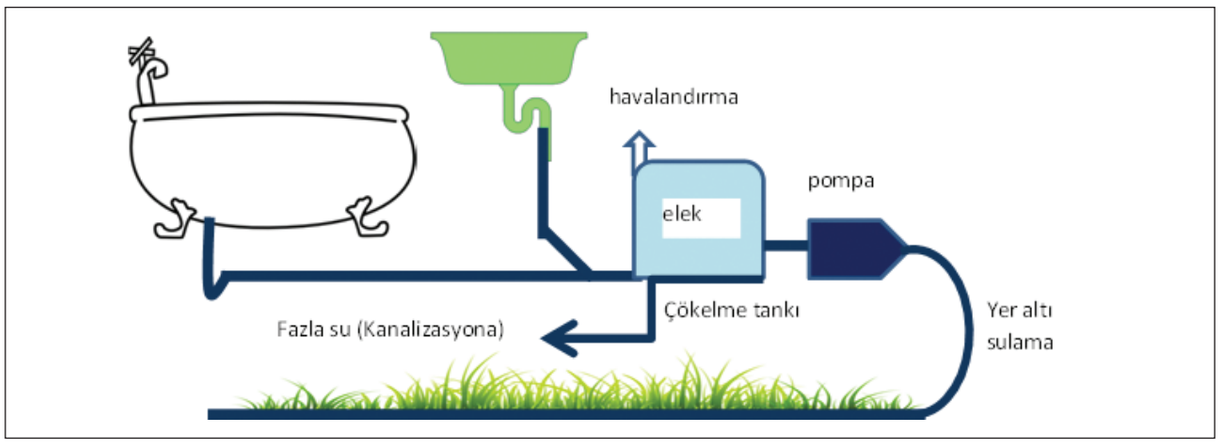
- Gri su geri kazanımı konutlarda %50'ye varan oranlarda su tasarrufu sağlar. Bu oran otel, yurt gibi ticari işletmelerde %60'ın üzerine çıkmaktadır.
- Gri su geri kazanım sisteminin uygulanacağı binalarda lavabo ve duşlardan gelen foseptik atığı içermeyen

pis su boruları ayrı bir şekilde düzenlenerek gri su geri kazanım sisteminde toplanır ve arıtma işlemine tabi tutulur.

- Şebeke ve kullanım suyu hatlarının hiçbir şekilde birbiri ile kesişme ve bağlantısı bulunmamalıdır.
- Kullanım suyunun geçtiği borunun farklı renkte olması, tesisatta düzenleme yapılacağı zaman karışıklık olmasının önüne geçecektir.
- Geri dönüştürülmüş gri su çoğunlukla, tuvalet rezervuarları, bahçe sulama, kaba temizlik işleri, araç yıkama, soğutma kuleleri gibi yerlerde kullanılmaktadır.
- Su kullanılan mekânların kendilerine özgü kalite gereksinimleri bulunmaktadır. Bu yüzden gri su geri kazanım sisteminden elde edilen suyun, kullanılacağı yerin standartlarına uygun olması gerekmektedir.
- Geri dönüştürülen gri suyun, saklanmaya başladıktan birkaç gün sonra dahi koku oluşturmayacak kalitede olması lazımdır. Bu nedenle gri su geri kazanım sisteminde kullanılan depolar için ayrı bir havalık hattı çekilmelidir
- Geri dönüştürülen gri suyun kalitesine ilişkin Türkiye'de bir standart çalışması bulunmamakla birlikte, uygulamalarda DIN standartları kullanılmaktadır.
- Şebeke suyu ve geri dönüştürülmüş gri su tesisatında DIN 1717 (Anonim- 2008-3), geri dönüştürülmüş gri su, bahçe sulamasında kullanılacaksa DIN 19650 (Anonim, 1999), standardı göz önünde bulundurulmaktadır.
- Gri suyun kirlilik derecesini ve miktarını temel olarak tüketicilerin alışkanlıkları belirlemektedir. Yaşam standartları yüksek olan yerlerde gri su miktarı çok daha fazla olmaktadır.
- Gri su geri dönüşüm sisteminde, projesi üretilen binada tüketilecek su miktarı dolayısıyla geri dönüştürülecek gri su miktarı hesaplanmalı, bu miktara göre tesisat ve depolama sistemleri tasarlanmalıdır. Gri su sistemi mevcut bir bina için tasarlanacaksa harcanan su miktarı su sayaçları yardımıyla öğrenilebilir.
- Banyo yapmak ve el yıkamak için kullanılan su, toplam gri su oranının %50-%60'ını, çamaşır makinasından gelen gri su, toplam gri suyun %25-%35'ini, mutfaktan gelen gri su ise toplam gri su oranının %10'unu oluşturmaktadır (Şahin, 2010).
- Mutfaktan gelen su yiyecek parçaları, yağ ve diğer atım maddelerini de barındırmaktadır. Organik madde yönünden oldukça zengin olduğu için bakteri üremesi bakımından da elverişli bir ortamdır. Bunun yanı sıra deterjan gibi temizleyici kimyasallar da içerir. İçerdiği tüm bu kirletici maddelerden ötürü mutfaktan gelen yağlı su arıtma sisteminde tıkanıklık ve kokuya sebep olacağı için kullanılması çok da uygun olmamakla birlikte, mutfaktan gelen suyu kullanma zorunluluğu varsa gri su sistemi öncesine mutlaka bir yağ ayırıcı takılmalıdır.
- Gri su geri dönüşüm sisteminin tasarlanması için projenin gri su miktarı, projede yaşayan kişi sayısı (veya çalışan kişi sayısı), projeyi ziyaret edecek kişi sayısı, projenin türü (otel, ev, işyeri gibi), projenin bulunduğu şehir ve suyun ne amaçla kullanılacağı (rezervuar, sulama gibi) bilgilerin derlenmesi gerekmektedir.
- Gri suyun kullanım alanlarına göre birincil, ikincil ve ileri arıtma yöntemleri ile dönüştürülerek, yeniden kullanılması gerekmektedir (www.epa.org). Tuvalet rezervuarlarında kullanılacaksa ileri arıtma (aerobik ya da anaerobik arıtma, kimyasal koagülasyon, filtrasyon, ileri dezenfeksiyon gibi) bahçe sulamada kullanılacaksa birincil (ızgaralar, filtreler, sedimentasyon (çökelme) tankı, filtreler, ızgaralar) ya da ikincil arıtmadan (biyolojik oksidasyon ya da dezenfeksiyon) geçmesi gerekmektedir.



Şekil 24: *Gri suyun arıtılarak rezervuarlarda kullanılması (ileri arıtma)(Şahin, 2010)*



Şekil 25: *Gri suyun arıtılarak bahçe sulamasında kullanılması (birincil arıtma)*

Tablo 10'da arıtılmış evsel atık suların sulamada hangi alanlarda kullanılabileceği görülmektedir. BY; sulama suyunda bor elementinin olmadığını, BV ise sulama suyunda bor elementinin var olduğunu göstermektedir.

- Gri su arıtma sistemleri tek konutlara uygulanabildiği gibi çok daireli binalara da uygulanmaktadır. Sistem 100-150 daireden sonra verimli olmaya başlar.
- Gri su arıtma sistemleri (arıtma tesisi ve gri su toplama havuzu) için projede ayrılan alanlar, projelendirme aşamasında binaların taban alanı hesaplamalarından bağımsız olarak ele alınır. Böylece binaların taban alanının azaltılmadan gri su sitemleri teşvik edilmiştir.
- Çeşitli uygulamalardan çıkarılan sonuçlara göre gri su arıtma sistemlerinin ortalama fizibilite süreleri 4 ile 6 sene arasında değişmektedir. Sistemin kapasitesini tüketilecek olan arıtılmış gri suya göre hesaplamak fizibilite süresini kısaltmanın en uygun yoludur.
- Gri su arıtma sistemlerinin, oluşabilecek arızalar dışında periyodik bakımları 6 ayda bir filtrelerin özel bir kimyasal temizleyici madde ile uzmanları tarafından temizlenmesidir.
- Arıtma tesislerinin toplam inşaat maliyetinin, genellikle tesisin tasarım kapasitesinin fonksiyonu olduğu kabul edilmektedir. Evsel atık su arıtma tesislerinde tasarım kapasitesi genellikle hizmet edilen nüfus veya günlük ortalama atık su debisi olarak göz önüne alınmaktadır.

Tablo 10: Arıtılmış Evsel Atıksuların Dezenfekte Edilmeden Sulamada Kullanılıp Kullanılamayacağını Gösteren Tablo (- İşaret Suyun Kullanılamayacağını, + İşaret İse Kullanılabileceğini Gösterir.) (Anonim - 2012)

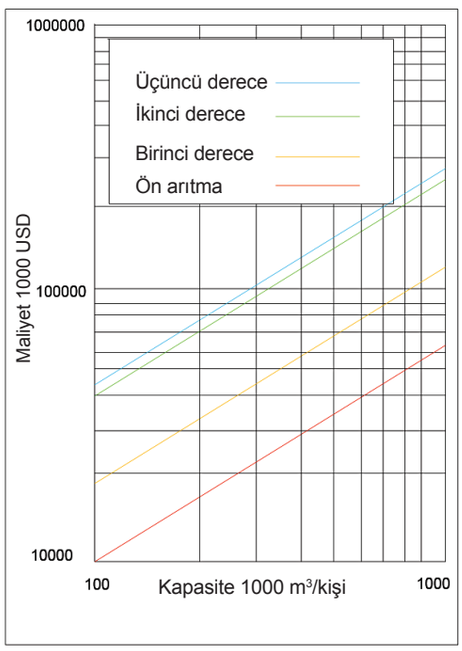
	Tarla		Çayır - Mera		Sebze		Yem Bitkisi		Meyvelik		Koru Ormanlık
	BY	BV	BY	BV	BY	BV	BY	BV	BY	BV	
Biyolojik arıtma tesisi veya en az 2 saat beklemeli çökeltim havuzu şeklindeki ön arıtma	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+
Aerobik stabilizasyon havuzları veya lagünlerin çıkış suları	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+

Tablo 11: Arıtma sistemi kapasitesinin kişi sayısına göre değişimi (www.ozman.com)

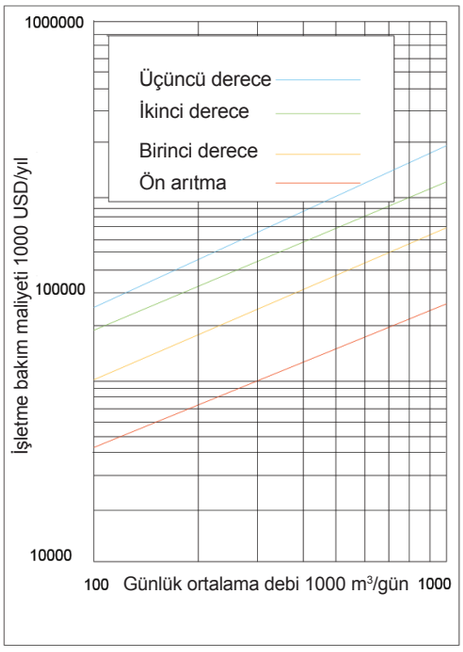
Arıtma Sisteminin Kapasitesi (litre)gün)	Yaklaşık kişi olarak karşılığı
200	6 Kişi
500	15 kişi
1000	30 kişi
2500	75 kişi
5000	150 kişi
7500	225 kişi
10.000	300 kişi
15.000	450 kişi
20.000	600 kişi
25.000	750 kişi

- Atık su arıtma tesislerinin maliyeti, genellikle yatırım ve işletme maliyeti olmak üzere iki gurupta incelenmektedir. Arıtma tesislerinde yatırım maliyeti başlıca, inşaat ve ekipman maliyeti, mühendislik hizmetleri, müşavirlik ve kontrollük teşkilatının ücretleri, arazi ve saha düzenleme maliyetleri, tesisat maliyeti, nakliye ücretleri ve işletmeye alma giderlerinden oluşmaktadır.
- Büro ve arazideki mühendislik hizmetlerinin maliyeti, toplam maliyetin yaklaşık %10-25'i kabul edilmektedir
- Toplam tesisat maliyeti genellikle satın alma maliyetinin % 35'i olarak kabul edilmektedir.

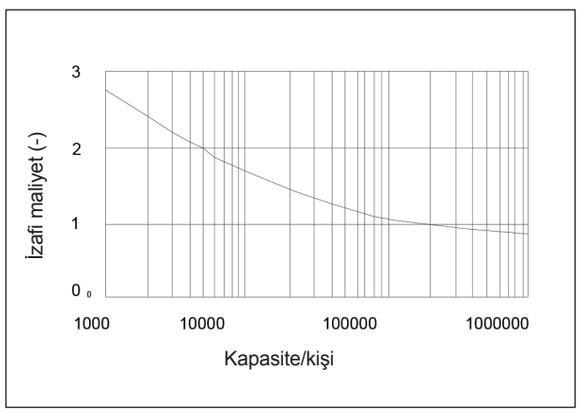
Atık su arıtma tesislerinin inşaat maliyetleri (Şekil 26), işletme ve bakım maliyetleri (Şekil 27), kapasiteye göre arıtma maliyetlerinin değişimi (Şekil 28), ilk yatırım maliyetinin nüfusa göre değişimi (Şekil 29) ve İlk yatırım maliyeti içerisindeki maliyet bileşenlerinin debi ile değişimi (Şekil 30) diyagramlar yardımıyla belirlenebilir.



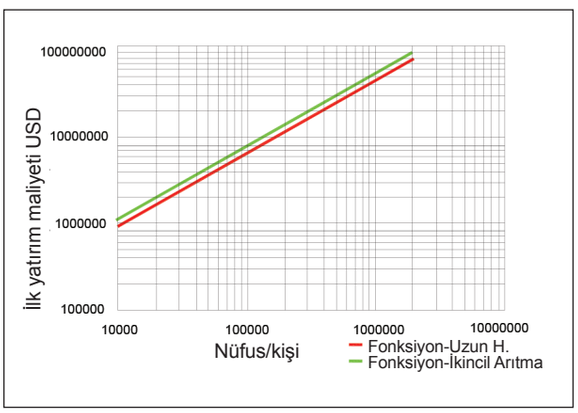
Şekil 26: *Atıksu arıtma tesisi inşaat maliyetleri (IMC - 1999)*



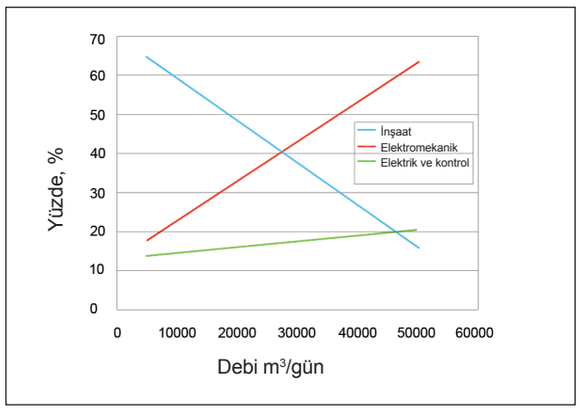
Şekil 27: *Atık su arıtma tesisi işletme ve bakım maliyetleri (IMC - 1999)*



Şekil 28: *Eşdeğer Nüfus Cinsinden Kapasiteye Göre Arıtma Maliyetinin Değişimi (Öztürk, 2011)*



Şekil 29: *Konvansiyonel (klasik) ve uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri için ilk yatırım maliyetinin nüfusa göre değişimi (Öztürk, 2011)*



Şekil 30: *İlk yatırım maliyeti içerisindeki maliyet bileşenlerinin debi ile değişimi (Friedler ve Pisanty, 2006)*

5.2.1.5 Yağmur Suyu Toplama Sistemleri Yardımıyla Binalarda Su Tüketiminin Azaltılması

Yağmur suyu toplama sistemleri binalarda su tüketimini azaltmak için çok büyük bir potansiyeldir. Bu avantaja rağmen, yağmur suyu toplama sistemleri için standart tasarımlar yoktur. Bu nedenle her bina için tasarlanan sistem değişkenleri o binaya göre yeniden tasarlanır.

- Yağmur suyuna ilişkin, planlama, tesisat, uygulama ve bakım standartına göre bir yılda toplanan yağmur suyu miktarı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir. (Anonim 1989 - 1)

$$ER = A \times e \times hN \times n \quad (5.1)$$

ER = Bir yılda toplanan yağmur suyu miktarı

A = Toplama alanı (AxB), m²

e = Kazanç katsayısı (%) (0,8 olarak kabul edilmektedir)

hN = m²'ye düşen yağış miktarı (l/m²) veya (mm)

n = Hidrolik filtre etkinliği (0,9 olarak kabul edilmektedir.)

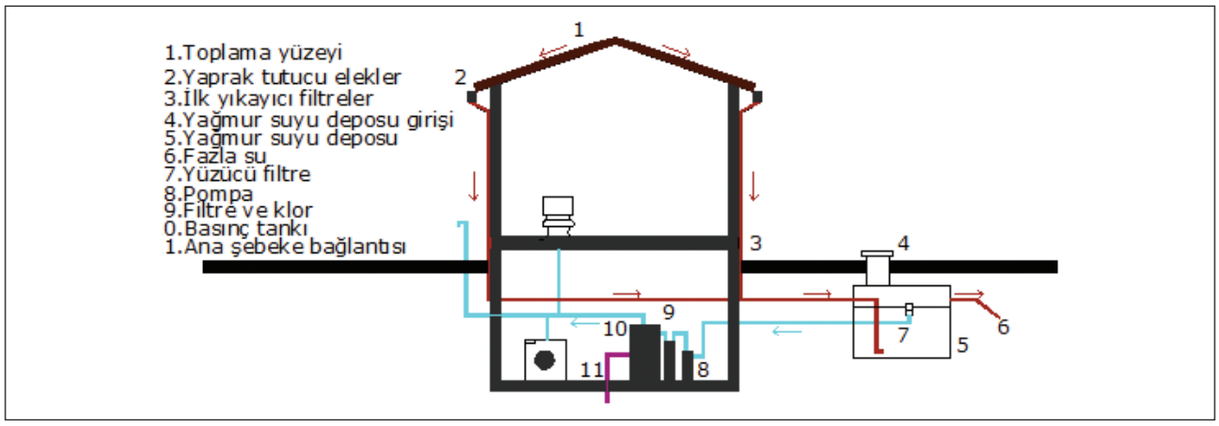
- Eğer şebeke tesisatı, yağmur suyu tesisatını besleyen yedek bir kaynak olarak kullanılacaksa, yağmur suyunun şebeke suyu ile karışmaması gerekmektedir. Bunun için yağmur suyu depolama tankının girişinde, yağmur suyu ile şebeke tesisatının birleştiği yerde hava boşluğunun bulunması, ya da alternatif olarak basınç düşürücü geri akış önleyici vananın kullanılması gerekmektedir.

5.2.2. Su Kayıplarının Azaltılması

Su kayıplarının azaltılmasında kullanılacak önlemler, mevcut bir bina, yerleşme veya şehir gibi, farklı ölçeklere sahip ve kullanım aşamasındaki bir yapma çevrede ele alınabilir.

5.2.2.1. Şehir Ölçeğinde Su Kayıplarının Azaltılması

- Su kayıplarının azaltılabilmesi için öncelikle su kayıplarının tespitini kolaylaştıracak şekilde su dağıtımı yapılan şehir şebekesi sistemi kontrol altına alınmalı ve düzenli olarak izlenmelidir.
- Şehir şebekesi sistemini kontrol edebilmek için su dağıtımı yapılan alanda bölgeleme yapılarak her bölgede kontrolün kolaylaşması sağlanmalıdır.
- Bu bölgelere giren ve çıkan su miktarları ölçülerek bölgelere verilen su miktarı ile bölgeden çıkan su miktarının aynı olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- Kontrollerin güvenilir olması için, veri tabanlı ve kesintisiz izlenebilir bir sistem kurulmalıdır.
- Su tüketiminin minimum olduğu gece saatlerinde yapılan gözlemler kaçakların kolaylıkla belirlenebilmesinde çok önemlidir.
- Şehir ölçeğinde uygulanan bölgeleme yöntemiyle kaçakların hangi mahalle veya yerleşmede olduğu, dolayısıyla hangi bölgede hızla önlem alınması gerektiği belirlenir.



Şekil 31: *Yağmur suyu deposunda toplanan yağmur suyunun bahçe sulama ve rezervuarlarda kullanılması (Şahin, 2010)*

5.2.2.2.Yerleşme Ölçeğinde Su Kayıplarının Azaltılması

Su kaçağının tespit edildiği bölgede, yerleşme ölçeğinde aşağıdaki sistemler yardımıyla kaçağın noktasal tespitini yapabilmek olanaklıdır.

- **Ses kümelemesi yöntemi:** Bu yöntemde yerleşmenin çeşitli noktalarında sistem dinlenerek su kaçaklarının seslerinin nerelerde yoğunlaştığı tespit edilir ve sokak ölçeğine inilir.
- **İzleyici gaz tekniği:** Bu yöntemde zehirsiz, suda çözünmeyen ve havadan hafif bir gaz (helyum veya hidrojen) su dağıtım sisteminin izole bir bölümüne verilir. Kaçak noktasından çıkan gaz yüzeyde gaz detektörleriyle tespit edilir.
- **Termografi yöntemi:** Su kaçağı sebebiyle zeminin termal karakterinin değişmesi kızılötesi kameralarla tespit edilir.
- **Yer radarı:** kaçak nedeniyle yeraltında oluşan boşlukları veya suyun zeminin dielektrik özelliklerini değiştirmesi ile oluşan farklılıkları tespit eder.
- **Kaçak bulucular:** Çapraz korelasyon yöntemiyle kaçakların yerini tespit eder. Bu yöntemde, akustik kaçak sinyalleri, titreşim ölçer veya hidrofonlarla borunun temas ettiği iki noktadan ölçülür. Sinyaller arasındaki zaman farkından kaçağın yaklaşık yeri bulunur. (Toprak ve diğerleri, 2007).

Bina gruplarının artmasıyla birlikte toprak yüzeyler ve buna bağlı olarak da yağmur suyunu sızdıracak yüzeyler azalır. Bu nedenle yerleşme ve çevre düzenlemesinde toprağa sızdırmayı artıracak önlemler alınmalıdır.

- Çevre düzenlemesinde uygun yerlere yağmur suyunun yer altı suyuna karışabilmesini sağlamak için bahçeler ve yeşil alanlar önerilmelidir.
- Suyun akışa geçmesini önleyecek bir peyzaj sistemi önerilmelidir. Her mevsim toprak yüzeyinin bitkilerle örtülü olması için ekim nöbeti uygulanmalıdır. Yani her mevsime uygun bir bitkilendirme yapılmalıdır.
- Bitkilendirme yapılırken doğal, yöreye özgü bitki türlerinin kullanılmasına özellikle dikkat edilmelidir. Çünkü doğal bitkiler bitkisel düzenleme çalışması tamamlandıktan sonra ya çok az sulamaya gereksinim duyarlar ya da doğal yağışlar dışında ek bir sulama yapılmasını gerektirmezler.
- Hastalıklara duyarlı ya da ek bir özen gösterilmesini gerektiren hassas bitkilerin seçilmemesine dikkat edilmelidir. Çünkü bu tür bitkiler genellikle büyük oranda ek sulama, gübreleme ve ilaçlamaya gereksinim duymaktadır.

- Yabancı yurtlu bitkilerin kullanımında seçilen bitkilerin "işgalci" bitki karakterinde olup olmadığı konusunda uzmanların görüşü alınmalıdır. Çünkü bu tür bitkiler kısa sürede alanda hakim duruma geçerek hem diğer bitkilerin gelişmesini olumsuz yönde etkileyecektir hem de bölgedeki bitki çeşitliliğine yönelik ciddi tehditler oluşturacaktır.
- Bitkiler farklı su gereksinimlerine göre bölgelere ayrılarak dikilmelidir. Böylece sulama sistemi de bölgelerin su gereksinimlerine göre bölgelere ayrılarak her bölge için gerektiği kadar sulama yapılabilecektir.
- Fazla su gereksinimi olan bitkilerin binalara en yakın bölgelere yani yağmur suyu iniş boruları ve çatılardan yağmur suyunun aktığı bölgelere dikilmesi gerekmektedir.
- Geniş çim yüzeylerden kaçınılması, yerine yer örtücü türlerin tercih edilmesi gerekmektedir.
- Peyzajda kullanılan bitkilerin türüne ve su gereksinim miktarlarına göre; fıskiye sulama, damla sulama veya toprak altı sulama sistemleri arasından tercih yapılmalıdır. Ancak tüm sistemler avantaj (suyun kontrolü, zaman kazandırma, su tasarrufu sağlama gibi) ve dezavantajlarına (buharlaşma, su yolunun tıkanması, kontrol eksikliği nedeniyle aynı bölgenin sürekli sulanması veya bazı bölgelerin sulanamaması, köklü bitkilerin sisteme zarar vermesi, görünür olmayan sistemlerdeki arızaların geç fark edilmesi, kurulumdaki zorluklar gibi) göre değerlendirilip su etkinliği yüksek olan sulama sistemi seçilmelidir.
- Sulamada yağmur suyu ve geri dönüştürülmüş su kullanımı teşvik edilmelidir. (Bayramoğlu ve diğerleri, 2013), (Deniz, 2009).
- Süs havuzları ve yüzme havuzlarında su taşmalarını önleyecek şekilde su seviyesi ayarlanmalıdır.
- Havuzun yerinin, yüzeyinden suyun buharlaşmasını engellemek amacıyla doğrudan güneş ışınımı almasını engelleyecek ya da azaltacak şekilde seçilmesi gerekmektedir.
- Havuzun çevresinde buharlaşmayı hızlandıran rüzgarı engellemek amacıyla bitkiler kullanılmalıdır.

Açık havuzların yüzeyi buharlaşmayı önlemek için kapatılmalı, kullanılacağı zaman açılmalıdır.

- Havuzlarda geri yıkama sıklığını ve süresini azaltacak daha etkin filtreler, ön filtreler veya havuz robotları kullanılmalıdır.
- Havuzlarda geri yıkama için yağmur suyu kullanılabilir (www.pub.gov.sg).

5.2.2.3 Bina Ölçeğinde Su Kayıplarının Azaltılması

Binalarda özellikle temiz su, ısıtma ve yangın sistemlerine ait tesisatlarda meydana gelen su kayıplarının önlenmesi gerekmektedir. Bina ölçeğinde su tesisatından kaynaklanan su kayıplarının azaltılması aşağıdaki adımlarla sağlanabilir.

Yeni binalarda alınabilecek önlemler:

- Deprem yüklerinden ve zemine oturmalardan en az etkilenecek dayanıklı ve esnek boru malzemeleri tercih edilmelidir.
- Tesisatta korozyona dayanıklı malzemeler (ör: plastik) kullanılmalıdır.

Mevcut binalarda alınabilecek önlemler:

- Gelen su (binanın ana girişindeki sayaç) ile harcanan su (herkesin tek tek harcadıklarının toplamı) miktarları karşılaştırılmalı, tutarsızlık olması durumunda kaçak olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- Su kaçağından şüphe ediliyorsa, önce su sayacının üzerindeki değer okunur, en az 2 saat su kullanılmaz, 2

saat sonunda su sayacının üzerindeki değeri tekrar okunup su harcamasının olup olmadığı kontrol edilebilir.

- Tuvalet rezervuarlarında sızıntı olup olmadığını kontrol etmek için rezervuara renklendirici madde eklenerek hela taşının haznesinin boyanıp boyanmadığını kontrol etmek olanaklıdır (www.pub.gov.sg).
- Tesisattaki borular düzenli olarak kontrol edilmeli ve eskiyen borular değiştirilmelidir.
- 3516 sayılı Ölçü ve Ayar Yasası'na göre (Anonim, 1989 - 2), su sayaçlarının 10 yılda bir periyodik bakım ve yenilemesi yapılmalıdır.
- Su depolarının yalıtımı sürekli kontrol edilerek sızıntıların oluşmasına izin verilmemelidir.
- Su kaybının gerçekleştiği noktalarda onarımların hızı ve kalitesi arttırılmalıdır (Toprak ve diğerleri, 2007).
- Şebeke suyu, bina içerisinde aynı anda farklı yerlerde kullanılabilmekte (su tesisatında basınç farklılıkları oluşabilmekte) bu nedenle debisinde düşme görülebilmektedir. Bu gibi durumların oluşumuna izin vermemek için şebekelerde düzensiz basınç oluşumunun engellenmesi gerekmektedir. Suyun basıncı değişse de sabit debide su akışı sağlayan "debi regülatörü" yardımıyla suyun daha etkin bir şekilde kullanılması sağlanmalıdır.
- Bina temiz su tesisatında basınç dengesizlikleri olduğunda bazı yerlerde düşük basınç görülebileceği gibi tesisatın bazı noktalarında da yüksek basınç görülebilir. Bu durum, basınca dayanıklı olmayan boruların patlamasına ve boru birleşim yerlerinde sızıntıların oluşmasına neden olur. Sızıntılar onarılıncaya kadar sistem basıncını düşürmek su kaçaklarını da azaltacaktır.
- Patlama sıklığı sistem basıncının yaklaşık küpü kadar değişir, yani sistem basıncını iki katına çıkarmak tipik olarak patlama oranını 8 misli yapar. Ayrıca basınçta sık veya ani değişiklikler sistemdeki patlamaların sayısını arttırır. Basınç ayarlaması yapılırken bu gibi hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.
- Belirsiz kayıplar-tespit edilemeyecek kadar küçük münferit çatlaklar sadece sistem basıncını düşürerek azaltılabilir.
- Kabul edilebilir ölçüde düşük basınca sahip alanlarda bile basınç yönetimi önemlidir, çünkü düşük sarfiyatlı gece saatlerinde basınç büyük ölçüde yükselerek patlamaların sayısını arttırabilir (Pilcher ve diğerleri - 2008).

5.2.2.4 Binalarda Su Korunumu Yöntemleri

Sürdürülebilir çevrenin korunabilmesi için su döngüsünün tamamlanması gerekmektedir. Farklı ölçeklerde su korunumunu sağlayabilmek, temiz su tesisatındaki kayıp ve kaçakların giderilmesi, su etkin sağlık gereçleri ve su etkin armatürlerle su tüketiminin azaltılması, yenilikçi atık su teknolojileriyle gri suyun geri dönüştürülerek yeniden kullanılması veya yağmur suyunun toplanarak kullanılması gibi yöntemlerle mümkün olabilmektedir. Bu gibi yöntemler ile hedeflenen şunlardır:

- Temiz su kullanımında gereksiz harcamaların ortadan kaldırılması,
- Tatlı su kaynaklarının kullanımının azaltılması ve ekolojik dengenin korunması,
- İklim değişikliklerinden kaynaklanan yağış dengesizliklerinin etkilerinin azaltılarak ekosistem üzerindeki etkisinin azaltılması,
- Su sıkıntısı yaşanan bölgelerde su ihtiyacının sağlanması.

Böylece suyun çevrime tekrar katılması da sağlanmış olacaktır. Dünya'da ve Türkiye'de yaşanan su sıkın-

tısı problemleri göz önüne alındığında su kaynaklarının bilinçli kullanımı ve su korunumu yöntemlerinin her geçen gün daha da önem kazandığı görülmektedir. Bu nedenle toplam su tüketiminde önemli bir paya sahip olan binalarda, su korunumu yöntemlerini geliştirmek bir gereklilik haline gelmiştir.

5.2.2.4.1 Şebekede ve Bina Temiz Su Döşeminde Su Kayıplarının Azaltılması

Şebekede su kayıplarını azaltmak için öncelikle master planı olan bir şebeke sistemine sahip olmak gerekmektedir. Şebekedeki basınç seviyeleri sınır değerleri şehrin topografyasına göre ayarlanmalıdır. Aksi takdirde yüksek bölgelere suyu göndermek için kullanılan basınç alt bölgelerde, borularda ve bağlantı noktalarında zorlamalara ve su kaçaklarına yol açar. Su kayıpları, gelişmiş ülkelerde % 8-24, yeni sanayileşen ülkelerde % 15- 24, gelişen ülkelerde ise % 25-45 oranlarındadır (www.who.org).

Bina temiz su döşeminde su kayıpları fiziksel ve fiziksel olmayan kayıplar olmak üzere 2 kısımda incelenmektedir. Tesisattaki yüksek su basıncı, boru malzemesinin düşük kalitede olması, yetersiz boru çapları, ek yerlerindeki zayıf işçilik, borunun ömrünün bitmesi ve çürümesi, su kalitesi-kalitesizliği, çeşitli işletme ve bakım-onarım faaliyetleri, dikkatsizce yapılmış sayaç ve servis bağlantıları ve terkedilmiş bağlantılar fiziksel su kaçaklarının başlıca nedenleridir. Fiziksel olmayan kayıplar ise, sayaç kayıt hataları, faturalandırılmayan resmi tüketimler olarak açıklanabilir (Pala ve Latifoğlu, 2003).

5.2.2.4.2 Binalarda Su Tüketiminin Azaltılması

Binalarda kullanılan suyun miktarı azımsanmayacak bir orana sahiptir. Bu nedenle binalarda su tüketiminin azaltılması bir gereklilik haline gelmektedir. Binalarda su tüketiminin azaltılması su etkin sağlık gereçleri, armatürler ve yenilikçi atıksu teknolojileri ile olanaklı olmaktadır.

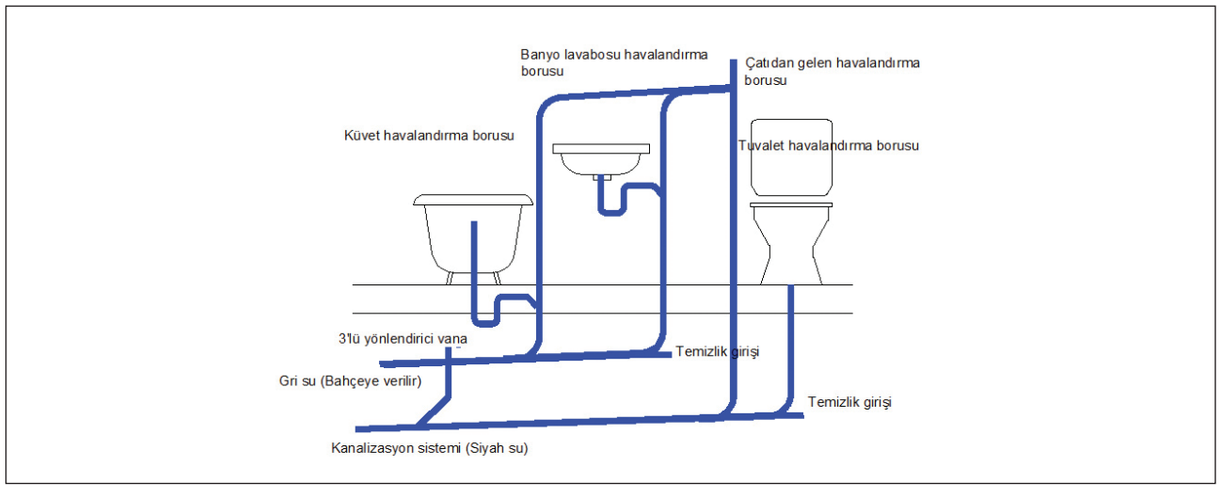
Binalarda kullanıldıktan sonra ortaya çıkan evsel nitelikli atık sular, içerisindeki kirletici değişkenlerine göre “gri su” ve “siyah su” olarak iki farklı kategoride incelenmektedir. TS EN 12056-1 (Anonim , 2005 - 2), gri suyu, az kirlilik oranına sahip olan ve üriner atık olmayan kirli su olarak tanımlamaktadır. Dolayısıyla gri su; duşlar, banyolar, lavabolar ve ön arıtılmış haldeki mutfak evyelerinde oluşan atık sular olarak tanımlanabilir.

Gri su evsel atıksuyun %50-%80’ini oluşturmaktadır. Gri su içerisinde tuz, besin parçaları, evsel deterjan, sabun ya da kimyasalları, bakteri ve hastalık yapıcı mikroplar bulunmaktadır. Gri su özellikleri binalarda çıktığı sağlık gerecine göre farklılık göstermektedir. Çıkış noktasına göre gri su özellikleri üç ana başlıkta incelenebilir.

5.2.2.4.3 Gri Suyun Arıtılmadan Kullanılması

Arıtılmadan bahçe sulamasında (yeraltından) kullanılmaktadır. Bu tip kullanımlarda gri su herhangi bir arıtmadan geçmeden, bakteri oluşumunun artması ve koku gibi nedenlerden ötürü en fazla 24 saat içerisinde kullanılmak zorundadır. Ayrıca hastalık yapıcı bakteri ve mikroplar da yok edilmediği için insan temasından kaçınılması gerekmektedir. Gri suyun herhangi bir arıtmadan geçmeden bahçe sulamasında kullanılması yönlendirici vanalar sayesinde yapılmaktadır. Bu sistemde yönlendirici vanalar ile konutta farklı kaynaklardan gri su toplanarak dışarıya verilmektedir.

Bu sistemde siyah su ve gri su hatları ayrı döşenmektedir. Duş teknesi ve banyo lavabosundan gelen gri su yönlendirici vana ile bahçeye verilmektedir. Toprağın altında bulunan kanallar yoluyla damlama sulama ile



Şekil 32: *Yönlendirici vanalar ile arıtılmamış gri suyun bahçe ve kanalizasyona verilmesi*

bahçe sulaması gerçekleştirilmektedir. Yönlendirici vanalar tekli ana bir boru şeklinde olabileceği gibi çoklu vanalar şeklinde de olabilirler. Gri suyun fazla olduğu durumlarda buradaki suyun kolayca kanalizasyon sistemine gönderilebilmesi için gri su hattı ile siyah su hattı arasında bir bağlantı bulunmalıdır. Ancak kimyasallar ya da sabunlar toprakta yetişen bitkilere zarar verebilmektedir. Özellikle sodyum bitkileri yakıcı özelliğe sahip olduğu için sodyum miktarı çok daha az olan sıvı sabunlar kullanılmakta ya da bu tip sistemler için özel deterjanlar kullanılmaktadır.

5.2.2.4.4 Gri Suyun Arıtılarak Yeniden Kullanılması

Gri su geri kazanımında uygun arıtma teknolojisinin seçilmesiyle gri su, içme suyu kalitesini gerektirmeyen alanlarda (tuvalet rezervuarları, sulama suyu gibi) çift tesisat uygulamasıyla değerlendirilebilmektedir. Su kullanılan mekânların kendilerine özgü kalite gereksinimleri bulunmaktadır.

Genel olarak işlemden geçmiş gri sudan elde edilmiş kullanım suyu, hijyenik ve mikrobiyolojik olarak güvenilir, renksiz ve bütünüyle katı atıklardan arındırılmış olmalıdır. Arıtılan gri su saklanmaya başladıktan birkaç gün sonra dahi koku oluşturmayacak kalitede olması lazımdır. Mevcut bilimsel araştırmalara göre, bu suların tuvalet rezervuarları, çamaşır yıkama, bahçe sulama, süs havuzlarında kullanımı ve yüzey sularına doğrudan deşarj etmenin uygun olduğu kanıtlanmıştır.

Gri su geri kazanımı için arıtma teknolojisi seçimi; planlanan mevki, uygun alan, kullanıcı ihtiyaçları, yatırım ve bakım maliyetlerine bağlıdır. Farklı seviyelerdeki bu arıtma seçenekleri mekanik (fiziksel), kimyasal ya da biyolojik arıtma tekniklerini içerebilmektedir. Gri suyun arıtılmasında arıtma tekniklerinin bir ya da birkaçı kullanılabilmektedir. Her arıtma tekniği birbirini tamamlamakta olup, insan ve çevre sağlığı için her kademenin uygulanarak arıtmanın tamamlanması gerekmektedir.

Fiziksel Arıtma: Atıksu içerisinde ve daha sonraki arıtma kademelerinde işlemleri yavaşlatacak, engelleyecek ve donanımları bozacak özellikte yüzen ve çökebilen maddeler giderilmektedir. Fiziksel arıtma ekipmanları ızgara, elek, öğütücü, kum tutucu, yağ tutucu, çökeltme havuzu, yüzdürme (flotasyon) havuzundan oluşmaktadır.

Biyolojik Arıtma: Biyokimyasal reaksiyonlar neticesinde atık sudaki çözünmüş organik kirleticilerin uzaklaştırıldığı yöntemlerdir. Örneğin; biyolojik filtreler, aktif çamur ve modifikasyonları, stabilizasyon ha-

vuzları ve modifikasyonları, anaerobik sistemler, membran teknolojisi, doğal arıtma ve Ardışık Kesikli Reaktör (AKR) biyolojik arıtma sistemleri olarak tanımlanabilir (www.csb.gov.tr).

Kimyasal Arıtma: Evsel nitelikli atıksuların kimyasal işlemlerle arıtımında normal olarak kendi halinde çökelemeyen maddelerin kimyasal reaksiyonlarla çözünürlüğü düşük bileşiklere dönüştürülmesi ya da askıdaki maddelerin yumaklar oluşturarak çökeltilmesi ve böylece zararlı mikroorganizmaların yok edilmesi (dezenfeksiyon) gerçekleştirilebilmektedir (Samsunlu, 2006).

Atıksu arıtma tesisleri yerleştirilirken; ibadethane, kabristan, mesire yeri, çocuk parkı, spor sahaları, lokanta gibi diğer kamusal kullanım alanlarından ve hizmet ettiği yerleşmeden uzak bir noktada olmasına dikkat edilmeli ve eğimsiz, su baskını/taşkın riski taşımayan, kanalizasyon toplama havzasının en düşük kotlu noktasına kurulmalıdır. Arıtma tesisi arıtılmış atıksuyun deşarj edilebileceği akarsu, deniz gibi bir su kütlesinin yakınında ve erişimi kolay olan bir alanda yer almalı, arıtmaya ilişkin bina ve ünitelerin yerleştirilmesinde minimum alan kullanılmalıdır. Eşdeğer nüfusa bağlı olarak tanımlanmış alan gereksinimleri Tablo 12 ve Tablo 13'te verilmiştir (MWA, 1998).

Su temini ve talebi ile mevcut altyapı sistemi geri kazanılacak atıksu miktarını sınırlandırır. Geri kazanılan atıksu kullanıcıya ayrı bir şebeke ile iletilmeli ve depolanmalıdır. Bunlar da arıtma maliyetine ek maliyetler arz eder. Altyapı maliyeti ile birlikte atıksu geri kazanma projelerinin tüm maliyeti bazen projenin uygulanmasını sınırlandırır. Öte yandan, atıksu geri kazanma projelerinin ekonomisi sadece maliyetin geri döndürülmesi ile belirlenmez. Tatlı su temini ve içme suyu arıtma, atıksu ve çamur arıtma ve bu proseslerdeki ekstra ön yatırım ve işletme giderleri de dikkate alındığında geri kazanma projelerinin ekonomisi bir bütün olarak düşünülmelidir.

Ayrıca geri kazanılmış atıksu kuraklık çeken bölgelerdeki su idarelerine sürekli bir su kaynağı sağlamaktadır ki bu da genel proje değeri açısından önemli bir unsurdur. Özellikle kuraklık çeken bölgelerde sürekli su temini bölge sanayisi, istihdam, toplumsal refah ve genel ekonominin güçlülüğü açısından aranılan bir kriterdir. Atıksu geri kullanım projeleri sadece lokal veya bölgesel ölçekte değil desteklediği ekonomiye bağlı olarak sosyal, jeopolitik ve ekonomik açıdan, ulusal hatta global ölçekte değerlendirilmelidir. (Kitiş, Yiğit, Köseoğlu, ve Bekaroğlu, 2009).

Su sıkıntısının fazlaca hissedildiği kurak bölgelerde toplam su tüketiminde büyük bir orana sahip olan bahçe sulamasında, yağmur suyu kullanımı su tüketimini büyük oranda düşürmektedir. Yağmur suyu hasadı işleminin, akışa geçen su kanalizasyona katılmadan, buharlaşma ve terleme yoluyla yüksek oranda kaybolmadan veya çeşitli kaynaklar tarafından kirletilmeden önce yapılması gerekmektedir. Yağmur suyu hasadı yöntemine göre yüzeye düşen ve eğim doğrultusunda akışa geçen sular toplanır. Yağmur suyu hasadı, toprağa sızarak yeraltı sularının oluşumuna katkıda bulunan veya dere, nehir ve göllere akan suyu kapsamaz. Bu nedenle yağmur suyu hasadının, yüzey akışının çok olduğu, yüzey akış katsayıları yüksek malzemelerle kaplı yüzeylerin (balkonlar, çatılar, teraslar, avlular, caddeler, meydanlar, taşlık alanlar) çok olduğu şehir merkezleri ve yerleşmelerde yapılması daha uygundur. Bu tür yüzeylerde yüzey akışına dönüşen yağmur suyu, toplanıp depolanmadığı sürece önce kanalizasyona sonra da denizlere deşarj edilecektir. Yağmur suyu bina içinde ya da bina dışında kullanım suyu amaçlı olarak kullanılabilmektedir. Toplanan yağmur suyu bina dışında, havuz veya gölet doldurmada, bahçe sulamada, araç yıkamada ve soğutma kulelerinde, bina içerisinde ise, bina yıkamaları, yangın söndürülmesinde, ev temizliği, çamaşır yıkamada ve tuvalet sifonlarında kullanılabilir (Kantaroğlu, 2009).

Tablo 12: Eşdeğer nüfusu 2.000'den küçük olan yerleşim alanlarında kullanılan tesisler için alansal ihtiyaçlar, (MWA, 1998)

Eşdeğer Nüfus (EN)	Alan İhtiyacı (m^2)
100	210
150	285
200	360
250	430
300	485
350	545
400	600
450	655
500	700
550	745
600	790
650	835
700	870
750	905
800	940
850	980
900	1.010
950	1.040
1.000	1.070
1.100	1.115
1.200	1.160
1.300	1.200
1.400	1.240
1.500	1.275
1.600	1.310
1.700	1.340
1.800	1.370
1.900	1.395
2.000	1.420

Tablo 13: Eşdeğer nüfusu 2.000'den büyük olan yerleşim alanlarında kullanılan tesisler için alansal ihtiyaçlar, (MWA, 1998)

Eşdeğer Nüfus (EN)	Alan İhtiyacı (ha)
2.000	0,17
3.000	0,22
4.000	0,27
5.000	0,31
10.000	0,66-0,78
15.000	0,84-1,00
20.000	0,99-1,19
25.000	1,13-1,37
30.000	1,26-1,53
35.000	1,65-1,81
40.000	1,79-1,97
45.000	1,93-2,12
50.000	2,03-2,23
55.000	2,15-2,37
60.000	2,29-2,52
65.000	2,43-2,67
70.000	2,66-2,93
75.000	2,82-3,27
80.000	3,03-3,49
85.000	3,23-3,69
90.000	3,42-3,89
95.000	3,60-4,07
100.000	3,77-4,25
110.000	4,09-4,57
120.000	4,38-4,87
130.000	4,64-5,14
140.000	4,89-5,39
150.000	5,12-5,63
160.000	5,33-5,84
170.000	5,53-6,05
180.000	5,72-6,25
190.000	5,90-6,43
200.000	6,07-6,60
250.000	6,81-7,36
300.000	7,41-7,98
450.000	8,79-9,36

5.2.3 Kullanıcının Su Kullanım Alışkanlıklarının Değiştirilmesi ile Su Kaynaklarının Korunması

Bugüne kadar yapılan araştırmalar; su korunumunu teşvik etmek için hem teknik stratejilerin uygulanması hem de kullanıcıların su harcamaya ilişkin davranış biçimlerinin değiştirilmesi gerekliliğini göstermektedirler. Su tüketimi miktarlarının büyük bir bölümü kullanıcıların suyu bilinçsizce kullanma alışkanlıklarından kaynaklanmaktadır. Su problemleri, su harcamalarının neden olduğu çevresel sorunlarla ilgili konuların, kullanıcılar için aile, iş ve para gibi diğer konular ile karşılaştırıldığında öncelikli olmadığı belirlenmiştir (Clover, 1995), (Villemagne, 2008-1), (Villemagne, 2008-2). Oysa kullanıcılar güncel su kaynaklı çevre problemlerinin

çözümünde önemli rolü olan bir grubu teşkil etmektedir. Kullanıcıların su korunumlu davranış biçimini benimsemeleri, öncelikle bugünkü ve gelecekteki suya ilişkin problemleri farketmeleri sonra da kişisel davranış farklılıklarının su korunumu üzerinde etkili olacağına inanmaları ile olanaklıdır.

Bu nedenle su kaynaklarının korunması ve tasarruflu kullanımı konusunda kullanıcıların bilinç ve duyarlılık seviyesini artırmaya yönelik farkındalık eğitimleri bu sorunların çözümünde atılacak en önemli adımlardandır. Bu eğitimler yardımıyla, kullanıcıların su kaynakları ve su rezervleri konusunda bilgilendirilmesi ve onlara su korunumu konusunda olumlu tutumlar kazandırarak davranış değişikliği oluşturulması öngörülmektedir. Su konusunda farkındalık eğitimlerinin amaçları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Cappellaro ve diğerleri, 2011).

- Su kaynakları, su kullanımı, su kirliliği, suyun korunması ve yönetimi gibi konularda bilgi kazandırmak,
- Suyun tasarruflu kullanımı ve su kaynaklarının korunması üzerine tutum ve davranışlar kazandırmak,
- Su kaynaklarının korunması ve kirliliğin azaltılması üzerine kişisel ve toplumsal sorumluluk kazandırmak.

Su kaynaklarının korunması ve bilinçli kullanımı üzerine verilecek bir farkındalık eğitimi sonrasında kullanıcıların su ile ilgili tutumlarının değişmesine yardımcı olacak pratik bilgiler aşağıda verilmiştir.

- Banyo küvetini doldurarak önce suda vücudu dinlendirip sonra yıkanma alışkanlığı ile 120-150 litre su tüketilirken, duş alma şeklinde yıkanma ile 40-60 litre arasında su tüketimi meydana gelmektedir.
- Tuvalet rezervuarlarındaki su sızıntıları sürekli belli bir miktarda temiz suyun kanalizasyona akmasına sebep olur. Bu nedenle bu tip sızıntıların önlenmesi gerekmektedir.
- Tuvaleti çöp olarak kullanıp gereksiz yere sifon çekilmemelidir.
- Diş fırçalarken, traş olurken musluk veya bataryayı kapalı tutmak gerekir.
- Muslukların sızıntı yapan contalarını yenilemek gerekmektedir.
- Mutfaklarda sebze ve meyve yıkama işlemleri akan suda değil, su doldurulmuş bir kapta yapılmalıdır.
- Donmuş gıdaları akan suda çözmeye çalışmaktan sakınmak gerekmektedir.
- Bahçe sulama işleminin sabah erken veya akşam güneş batarken yapılması gerekmektedir. Öğlen saatlerinde yapılan çiçek-çim sulama işlemleri hem suyun fazlasıyla buharlaşmasına hem de bitkilerin zarar görmesine yol açmaktadır (Deniz, Bostancı, Salur, 2012).
- Aylık su faturasında sadece maliyetin değil kaç litre/m3 su harcandığının da kontrol edilmesi, farklı harcama miktarlarının hemen farkedilmesine ve dolayısıyla tesisatta herhangi bir kaçak veya sızıntı var ise hızla önlem alınmasına yardımcı olmaktadır.

5.3 Gürültü Denetimi için Performans Hedeflerinin Geliştirilmesi

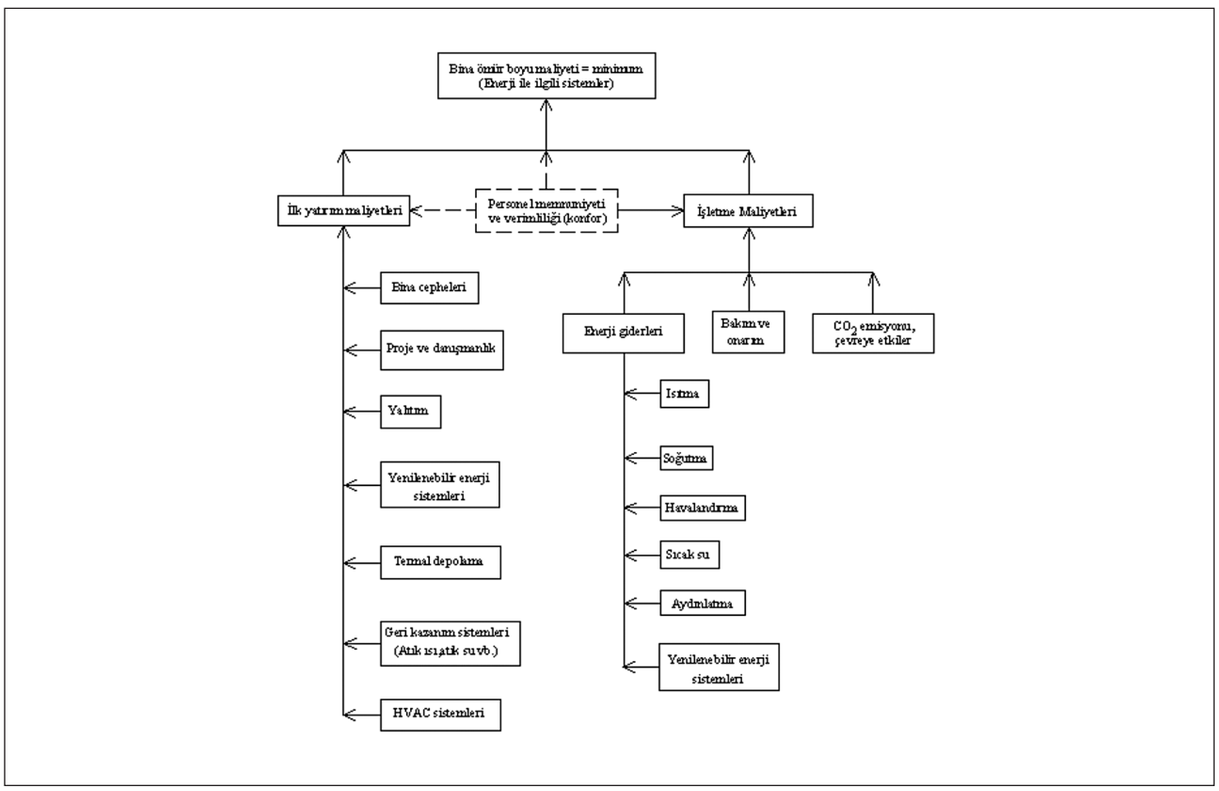
Tablo 14'de karşılaşılan gürültü seviyeleri verilmiştir. Alan seçiminde bu gürültü seviyelerinin üstüne çıkılmaması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 14: İç ve Dış Ortamlarda Maruz Kalınan Gürültü Düzeyleri
(http://gurultu.cevreorman.gov.tr/gurultu/AnaSayfa/gurultu/gurultudegerleri.aspx?sflang=tr)

Aktivite	**Gürültü Seviyesi[dB(A)]**	**Görünen Gürültülülük**	**Tipik Fiziksel Tepkiler**
Roket Fırlatma	180		Tehlikeli seviye
Jet uçakların kalkışı	140		Tehlikeli seviye (Ağrı eşiği)
Silah sesi			
Av tüfeği (çifte sesi)	*130*	*512 kat gürültülü*	*Ses yükseltici kullanılarak yapılan konuşmanın duyulmasını engelleyebilmektedir. Gürültü ağrıya sebep olabilir. Günlük 3.75 dk boyunca bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.*
Hava saldırısı sireni			
Hidrolik pres (3 m uzakta)			
Araba kornası	120	256 kat gürültülü	Günlük 7.5 dk boyunca bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.
Uçak pervanesi			
Ses yükseltici kullanılarak yapılan Rock Müziği	*110-130*	*128-512 kat gürültülü*	*Günlük 30 saniye ile 3.75 dk arasındaki zaman süresince bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.*
Kum püskürtme makinesi	110	128 kat gürültülü	Günlük yarım saat boyunca bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.
Motorlu tekne içi			
Tipik Gece Kulübü			
Susturucusuz motosiklet (7m uzakta)			
Helikopter	*105*		*Günlük bir saat boyunca bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.*
Jet Kalkışı (500 m uzakta)	100	64 kat gürültülü	Günlük iki saat boyunca bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.
Tren sireni (30 m uzakta)			
Dizel kamyonlar			
Havalı matkap			
Ağır Kamyon (15m uzakta)	*90*	*32 kat gürültülü*	*Çok rahatsız edici.* *Günlük sekiz saat boyunca bu seviyedeki gürültüye maruz kalma kulağa hasar verebilmektedir.*
Yoğun şehir caddesi			
Geçen motosiklet			
Yüksek bağırma			
Çocuk çığlığı			
Yoğun trafik alanları	80	16 kat gürültülü	Rahatsız edici
Saat zili			
Yük treni (15 m uzakta)			
Dizel kamyon (10 m uzakta)			
Tren kornası (500 m uzakta)	*70*	*8 kat gürültülü*	*Telefon kullanımını kısıtlar*
	65		Kalp-kan dolaşımı rahatsızlıkları
Fon müziği	*60*	*4 kat gürültülü*	*Rahatsızlık*
Hafif araç trafiği (15 m uzakta)			
Normal konuşma (1 m uzakta)			
Çamaşır kurutucusu			
Gürültülü ofis			
Kuş cıvıltıları (15 m uzakta)	55		
Sessiz ofis	*50*	*2 kat gürültülü*	*Dikkat dağınıklığı*
Buzdolabı	45		Sohbet ederken, telefonda konuşurken, TV ve radyo dinlerken rahatsızlık
Halk kütüphanesi	*40*	*Sessiz ortam*	
Sessiz oda			
Sessiz alanlar			
Kayıt stüdyo odaları içi	30		Çok sessiz
Yatak odası içi			
Fısıltılı Konuşma			
Nefes alma sesi (1m uzakta)	*25*		
Sesin algılanma eşiği	10		Ancak duyulabilir
Duyma eşiği	*0*		*Duyulur değil*

5.4 Yaşam Boyu Maliyet Analizleri ve İlk Yatırım Maliyetlerinin Değerlendirilmesi

Tasarıma konu olan bir binada kullanılacak enerji ile ilgili sistemlerin yaşam boyu maliyetinin optimize edilmesi için yıllık toplam maliyetin minimize edilmesi; bunun için tasarımda değişik alternatifler ortaya konulması ve bu alternatifler içinde minimum maliyete sahip olanın seçilmesi gerekir. Şekil 33'de bu süreç ve bileşenler şematik olarak verilmiştir. Burada binanın yaşam boyu maliyetine etki eden, ancak hesaplara dahil edilmesi oldukça zor olan iki parametre bulunmaktadır. Bunlardan birincisi enerji giderleri minimize edilirken sağlanan iç mekan kalitesinin binayı kullananları memmun etme düzeyi; (sistemlerin iş verimliliğini artırıp artıramadığı), ikincisi; binada kullanılan malzemelerin üretiminde ve binanın işletmesi esnasında çevreye verilen zarardır. Yani atmosfere salınan CO_2 ve diğer gazlar ile atıklar yoluyla çevrenin kirletilmesinin getirdiği maliyetlerdir.



Şekil 33: *Bina yaşam boyu maliyetini oluşturan bileşenler.*

Sürdürülebilir binaların yaşam boyu maliyet esasına göre tasarlanmaları beklenir. Böylece binanın enerji tüketimi olabildiğince azaltılıp kalanın bir bölümü yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanarak fosil yakıt tüketimi (ve dolayısıyla çevreye verdiği zararlar) optimize edilebilir. Öte yandan binalarda tasarım ve konstrüksiyon maliyetleri yaşam boyu maliyetin %20'sini oluştururken işletme maliyetleri bunun %80'ini oluşturmaktadır. Ayrıca iç hava kalitesi ve konforun sağlanması için iklimle uyumlu ve verimli HVAC alternatifleri ele alınmalıdır. Bu nedenlerle sürdürülebilirlik açısından yaşam boyu maliyet esasına göre tasarım çok önemlidir.

5.4.1 Yaşam Boyu Maliyet Analizi

Sürdürülebilir tasarım ilkeleri; yapının enerji giderlerini minimize edecek yenilenebilir enerji kaynaklarının, enerji geri kazanım araçlarının ve yönetim sistemlerinin kullanılması, yapı malzemelerinin seçimi ve kullanımında, çevreyi daha az kirleten, geri dönüşebilir ya da yeniden kullanılabilir olmasına özen gösterilmesi,

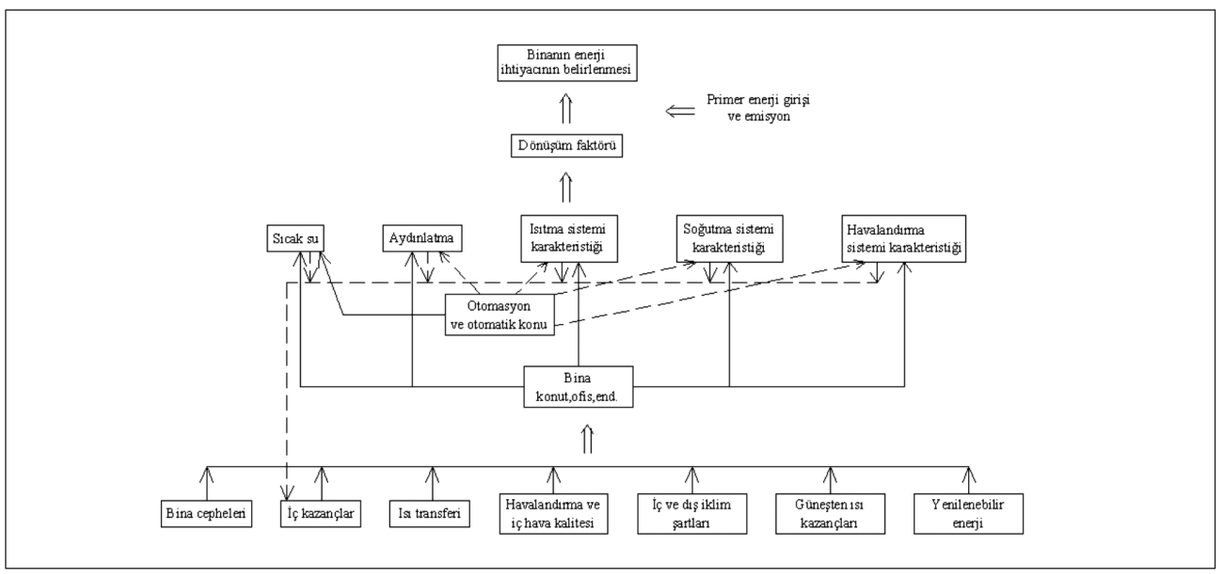
doğal havalandırma ve doğal aydınlatma gibi pasif sistemlerin maksimize edilip, yenilenemeyen enerji kullanımının minimize edilmesi şeklinde verilebilir. Binalar yaşamları boyunca, gerek yapım öncesi (malzemelerin çıkarılması, işlenmesi, imalatı ve nakliyesi), gerek yapım aşaması (inşaat, işletim, bakım-onarım) ve gerekse yapım sonrasında işletmede değişik oranlarda enerji tüketmektedir.

Binaların enerji ve ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesini ve benzer özellikteki seçenekler arasından seçim yapılmasını gerektiren çalışmalarda, enerji ve ekonomik analizleri temel alan simülasyon yöntemlerinden ve matematiksel formülasyonlarından yararlanılmaktadır. Bu amaca ulaşmak üzere son yıllarda, seçeneklerin çok sayıda değişkene bağlı olarak değerlendirilmesine imkan tanıyan bilgisayar programları geliştirilmiştir. Bu programlarla, çok sayıda değişkenin yer aldığı karmaşık enerji analizleri ve modellemeleri belirlenen amaçlar doğrultusunda hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Enerji analizinin amacı, seçenekler arasında en düşük yaşam boyu maliyete sahip olanın bulunmasıdır. Enerji ihtiyacının hesaplanmasında başlıca iki yöntem kullanılır;

- Durağan kabul edilecek çevre şartlarına bağlı hesap yöntemleri,
- Dinamik çevre şartlarına bağlı simülasyon.

Durağan çevre şartlarına bağlı hesap yöntemlerinde; yapı kabuğundan geçen enerji, iç ve dış koşullar sabit kabul edilerek her bir yapı elemanı için hesaplanır. Dinamik çevre şartlarına bağlı olarak yapılan simülasyonda; çevre koşullarının belirli zaman aralıkları ile değişeceği varsayılmakta ve bir yapı bileşeninden geçen ısı miktarı dış ortama (sıcaklık, bağıl nem, güneş ışınımı şiddeti, rüzgar yönü ve hızı gibi), iç ortama (sıcaklık, bağıl nem gibi), bina ve çevresine (bina boyutları, formu, yön, enlem, çevrenin yansıtıcılığı gibi), kabuk bileşenlerinin katmanlarına (ısı geçirme katsayısı, yoğunluk, kalınlık, özgül ısı, yutuculuk, yansıtıcılık, hava sızdırganlık katsayısı gibi) ve ısıtma/soğutma sistemine (enerji tüketimi, kapasitesi gibi) ait veriler yardımı ile zamana bağlı olarak hesaplanır.

Sürdürülebilir bina tasarımı, binanın konumlandırılması (yönlendirme) ve bina cephelerin de istenilen özelliklerin sağlanması ile başlar. Buradaki amaç ısıtma ve soğutma yüklerinin minimize edilmesidir. Yükler minimize edildikten sonra geriye kalan yüklerin bir kısmı doğal havalandırma ve yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanabilir. Geriye kalan yükler ise aşağıda verildiği şekilde hesaplara dahil edilebilir. Şekil 34'de binanın enerji ihtiyacını etkileyen faktörler ve bunların birbiri ile olan ilişkileri görülmektedir.



Şekil 34: *Binanın yaşam boyunca enerji döngüsü*

Binanın toplam maliyeti; ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti ve kullanım maliyeti olmak üzere üç grupta toplanabilir. İlk yatırım maliyeti, arsa, tasarım ve inşaat işlemlerine ilişkin maliyetlerden oluşmaktadır. İşletme maliyetleri (bakım-onarım, temizlik, enerji maliyetleri gibi) ve kullanım ücretlerinden (vergiler, sigortalar, yenilemeler, bina yönetimi gibi) oluşmaktadır. Örneğin cephenin tasarım, yapım ve kullanım sürecindeki maliyetini oluşturan işlemler, ekonomik etkinliğine tesir eden etmenlerin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Söz konusu süreçlerdeki işlemlere bağlı olarak ekonomik etmenler Tablo 15'deki gibi verilebilir.

Tablo 15: Ekonomik etkinliğe etki eden hususlar

TASARIM SÜRECİNDEKİ İŞLEMLER	**ETMENLER**
Tasarlama işlemleri	Arsa koşulları Finans Kaynaklar
YAPIM SÜRECENDEKİ İŞLEMLER	**ETMENLER**
İnşaat işlemleri	Malzeme, parça ve bileşen fiyatları İşçilik fiyatları Araç fiyatları
KULLANIM SÜRECİNDEKİ İŞLEMLER	**ETMENLER**
Yakıt kullanımı	Yakıt fiyatları Tüketilen yakıt miktarı
Enerji kullanımı	Enerji fiyatları Tüketilen enerji miktarı
Temizlik, bakım–onarım işlemleri	Bileşen ya da parçaların kolaylıkla değiştirilebilmesi Bileşen, parça ya da malzemelerin dayanıklılığı

5.4.2 Yaşam Boyu Maliyetin Optimizasyonu

Yaşam boyu maliyet esasına dayalı bina tasarımında; inşa edilecek bir binada hangi sistemlerin yaşam boyu maliyetinin en düşük olabileceği hususu, karmaşık hesapları gerektirir. Öncelikle her sistem için değişik alternatifler, bunların ilk yatırım, enerji ve bakım maliyetleri hesaplanması gerekir. Ancak yaşam boyu maliyetler sadece parasal bazda değerlendirilemez. Konfor koşulları, binanın ne amaçla kullanılacağı, satılması veya kiralanması gibi hususlar da dikkate alınmalıdır. Bir optimizasyon problemi olarak buradaki problem aslında son derece karmaşık, çok sayıda değişkeni olan bir problemdir. Bu çalışmadaki fonksiyon yaşam boyu maliyetin (ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin toplamı) minimizasyonu şeklinde düşünülebilir. Buna uygun bir şema Şekil 35'de gösterilmiştir. Bina inşaatlarında ilk yatırım maliyetini oluşturan iş kalemlerinin sayısı binlerce olabilmektedir. Bu nedenle öncelikle alternatiflerin belirlenmesi ile bunların ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin tahmin edilmesi gerekmektedir.

5.4.3 Maliyete İlişkin Çözümler "Amaç Fonksiyonu"

Seçeneklerin yaşam boyu maliyetlerinin optimizasyonunda, ilk yatırım maliyetlerini ve yaşam dönemi enerji maliyetleri ile bakım-onarım maliyetlerinin bugünkü değerleri hesaba katılır. Bina yaşam maliyetine ilişkin amaç fonksiyonu;

$$F(x,y) = C_{iy} + (C_{en} + C_{bak})xCRF = \min$$

Kısıtlar: $C_{iy} < C_{bütce}$ (5.2)

$E < E_1$

Olarak yazılabilir. Burada;

F(x,y): Yıllık maliyet,

C_{iy}: İlk yatırım maliyetlerinin toplamı,

$C_{bütçe}$: İlk yatırım için ayrılan bütçe,

E: Yıllık enerji tüketimi, kWh/m^{2}yıl

E_1: Müsade edilen maksimum enerji tüketimi, kWh/m^{2}yıl

C_{en}: Yaşam boyu enerji maliyetilerinin bugünkü değeri,

C_{bak}: Yaşam boyu bakım-onarım maliyetlerinin bugünkü değeri,

C_{FR}: Kapital kurtarma faktörü.

Amaç fonksiyonunun çözümü keyfi değildir (çok sayıda kısıt vardır). Örneğin ilk yatırım için ayrılan bütçe, işletme maliyetleri sınırlamaları, iç ortam kalitesi, çevre kirliliği, binanın kiralanabilirliği, alan kayıpları, satış bedelleri gibi kısıtlar olabilir. Maliyet analizi sonucunda elde edilen değerlerden yararlanılarak, seçeneklerin ilk yatırım, enerji ve bakım-onarım maliyetlerinin yaşam boyu maliyeti içindeki oranlarının belirlenmesi ve sonuçların grafiklerle ifade edilmesi mümkün olabilir. Bu grafiklerde, enerji yükü analizlerinde olduğu gibi benzer özellik gösteren seçenekler gruplandırılarak her grup içindeki en etkin seçenek belirlenebilir. Örneğin, seçeneklerde cephelerin farklı camlarla oluşturulmasına bağlı olarak yapılan değerlendirme sonucunda, cam tiplerinin ilk yatırım ve enerji maliyetleri üzerindeki etkileri belirlenebilir. Ayrıca ısıtma veya soğutma sistemleri tasarlanırken çok sayıda parametrenin optimizasyon problemine dahil edilmesi gerekir. Örneğin bunlar debiler, basınçlar, sıcaklıklar, pompa opsiyonları, tesis konfigürasyonu ve kontrol stratejileri olabilir. Aynı şekilde, her grup içindeki en etkin seçeneklerin karşılaştırılması sonucu, bileşen konumunun maliyet üzerindeki etkilerinin de belirlenmesi gerekir. Amaç fonksiyonunun bileşenlerine ilişkin diğer bazı bilgilere yer verilmiştir.

Yaşam boyu maliyeti optimize eden "Yıllık maliyet" eşitliğindeki amaç fonksiyonunun basit bir çözümü yoktur. Bu problem literatürdeki programlarla çözülebildiği gibi profesyonel programlarla da çözülebilir. Ancak bunun için enerji simülasyon programları, CFD analiz programları, Cad gibi çizim programları ile yalıtım, ısı kaybı, ısı kazancı, yenilenebilir enerji sistemleri hesabı, HVAC tesisatı hesap programlarından da yararlanılması gerekir. Böylece tasarım aşamasında alternatifler içinde en uygun olanı seçilebilir.

5.4.4 İlk Yatırım Maliyetleri

Her bir seçenekte binanın enerji tüketimini etkileyen bileşenlerinin ilk yatırım maliyetleri, örneğin m^2 başına malzeme, işçilik, araç gereç gibi maliyetleri aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$C_{iy} = C_y + C_{yen} + C_{dh} + C_{cephe} + C_{HVAC} - C_{pm} \tag{5.3}$$

Burada,

C_y: Yalıtım maliyeti,

C_{yen}: Yenilenebilir enerji sisteminin ilk yatırım maliyeti (güneş, jeotermal gibi),

C_{dh}: Doğal havalandırma sisteminin ilk yatırım maliyeti,

C_{cephe}: Bina cephe sisteminin ilk yatırım maliyeti,

C_{HVAC}: Geriye kalan yükleri karşılamak için gerekli olacak HVAC sisteminin maliyeti,

C_{pm}: Personel memmuniyeti maliyetidir (iş verimliliğindeki artış, sağlık giderlerindeki iyileşmenin etkisi gibi)

Yalıtım: Yalıtıma ilişkin basit bir örnek, optimizasyonu açıklamak üzere yukarıda verilmişti. Daha detaylı hesaplar benzer yöntemlerle yapılabilir.

Bina cepheleri: Binalar cepheler vasıtasıyla dış ortam ile ilişki kurduklarından cepheler, enerji yönünden en önemli yapı bileşenidir. Duvarlardan oluşan cephelerde iyi bir yalıtım ile istenilen amaca kolayca ulaşılabilir. Buna karşın cam cephelerin görsel, havalandırma, enerji ile ilgili fonksiyonları bulunmaktadır.

Doğal havalandırma sistemleri: Doğal havalandırma ile binanın yaşam boyunca tüketilen enerjiden büyük oranda tasarruf yapılabilir. Ancak bunun için ilave bir ilk yatırım gerekir.

Yenilenebilir enerji sistemleri: Bina yaşam boyu maliyetlerinin minimize edilmesi için aktif ya da pasif güneş enerjisi sistemleri, ısı pompaları, biyo kütle gibi yenilenebilir enerji sistemleri bütünleştirilebilir. Bu sistemlerin getireceği ilk yatırım maliyetleri ile binanın yaşamı boyunca sağlayacakları enerji tasarrufu optimizasyonda dikkate alınır.

HVAC sistemleri: Doğal havalandırma sistemleri, yalıtım, güneşten kazançların azaltılması ve yenilenebilir enerji sistemlerinin tesis edilmesi sonucu binanın toplam enerji ihtiyacı minimize edildikten sonra kalan yükleri karşılamak ve sürekli bir iç mekan kalitesi sağlamak amacıyla HVAC sistemleri tesis edilir. Ancak bu sistemlerin kendi içinde optimize edilmesi gerekir.

5.4.5 Enerji Maliyetleri

Enerji maliyetlerini bulmak için binaların yıllık olarak gerçekte ne kadar enerji tükettiklerinin hesaplanarak birim fiyatlarla çarpılması gerekir. Yani hesaplanan ısıtma ve soğutma maliyetleri, yıllık ısı kayıp ve kazançlarına bağlı olarak belirlenen maliyetlerdir. Enerji maliyetleri her yıl ödenmesi gereken değerler olduğu için, bu değerlerin değişmeden kaldıkları varsayılarak, yaşam dönemi içindeki ısıtma ve soğutma enerjisi maliyetleri ile toplam enerji maliyetleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir. Yıllık enerji maliyetlerinin tahmininde sistemlerin kurulu gücünden değil, dış hava sıcaklığına bağlı olarak enerji simülasyon programları ile hesaplanmış gerçeğe yakın tüketimlerin kullanılması gerekir. Bu durum güvenilir dış hava meteorolojik değerlere gereksinim duyar.

Seçeneklerin yaşam dönemi içindeki enerji maliyetlerinin belirlenmesi için; binanın ısı kayıp ve kazançlarından kaynaklanan enerji tüketimi maliyetlerinin hesaplanması ve bugünkü değerlere dönüştürülmesi gerekir. Bu amaçla, seçeneklerin enerji maliyetlerinin belirlenmesinde; ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri ile bunların birim maliyetleri dikkate alınarak eşitlik yazılabilir;

$$C_{en} = C_{en,dh} + C_{en,yen} + C_{en,HVAC} \tag{5.4}$$

Burada, kısaltmalar şu şekildedir:

$C_{en,dh}$: Doğal havalandırma sistemini çalıştırmak için gerekli enerji maliyeti

$C_{en,yen}$: Yenilenebilir enerjiyi kullanmak için gerekli enerji maliyeti

$C_{en,HVAC}$: HVAC sistemini çalıştırmak için gerekli enerji maliyeti

5.4.6 Bakım-Onarım Maliyetleri

Bakım-onarım maliyetleri sistemlerin belli zamanlarda bakımını, gerektiğinde onarımını ve temizliğini vb. kapsamakta olup aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$C_{bakım} = C_{bakım} + C_{onarım} + C_{diğer} \quad (5.5)$$

Burada,

$C_{bakım}$: Bakım maliyetleri,

$C_{onarım}$: Onarım maliyetleri,

$C_{diğer}$: Temizlik vb. maliyetleridir.

5.4.7 İç Çevre Kalitesine İlişkin Maliyetler

İç çevre kalitesinin artmasının iş verimliliğinin artırılması, daha sağlıklı ortamlar oluşturulması gibi yararları vardır. Buna karşın bir maliyeti vardır. İç çevre kalitesinin sürekliliğinin sağlanabilmesi için HVAC sistemleri gerekir. Bunların maliyetleri amaç fonksiyonuna dahil edilmelidir. Ancak iç çevre kalitesinin iyileştirilmesiyle sağlanabilecek faydaların maliyetten çıkarılması gerekir. Tablo 16'da Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bir ofis için personel maaşları, işletme maliyetleri, üretkenlik gibi hususlara ilişkin bazı değerler verilmiştir.

Tablo 16: ABD ofisleri için personel ve enerji maliyetlerinin karşılaştırılması

Maliyetin cinsi	Rosenfeld	Abodou&Lorsch	EPA	Woods	BOMA
Personel maaşları ($/m²/yıl)	3000	2180	2000	2370	1300
HVAC işletme maliyetleri ($/m²/yıl)	-	20...100	60	120	29
Enerji maliyerleri ($/m²/yıl)	15	10...20	20	20	15
Personel maaşlarının enerji maliyetlerine oranı	200	114...218	100	118	87
Enerji maliyetlerini karşılayan üretim (%)	0.5	0.5...0.9	1.0	0.9	1.2
Üretkenlik (minimum/gün.kişi)	$2_{1/4}$	$2...3_{3/4}$	$4_{1/3}$	-	5

5.5 Binanın Karbon Ayakizi için Hedef Belirlenmesi

Bir binanın üç bacası bulunmaktadır. Bunlardan birisi kazan ve benzeri cihazların bağlı olduğu gerçek bacadır. İkinci baca binada tüketilen enerji kaynaklarının ne denli akılcı ve enerjinin kalitesi bağlamında dengeli kullanıldığının bir ölçütüdür. Örneğin bir binada doğal gaz sadece yoğuşmalı bir kazanda tüketiliyor ve üretilen sıcak su konfor ısıtmasında kullanılıyor ise bu sürecin ekserji yönetimi ve verimi, ψ_R sadece % 5 dir. Bunun anlamı doğal gazdan önce binada elektrik gücü üretilmediğinden enerji stokuna bir katkı yoktur ve bu katkı fırsatına denk gelen miktarda güç santrali ek yakıt tüketmektedir. Üçüncü baca ise binanın şebekeden çektiği elektrik enerjisine denk gelen miktarda santralde tüketilen ilave yakıtın CO_2 salımıdır. Hâlbuki aynı binada mikro kojenerasyon sistemi kullanılsa idi bu verim çok daha yüksek olacaktı. Q_H ve E sırası ile binanın toplam ısı yükü ve elektrik yüküdür. Birim zamanda sorumlu olunan toplam CO_2 salımı Eşitlik 5.6'da verilmiştir.

Direk Salım - Dolaylı Salım - Santral Salımı

$$\sum CO_2 = \frac{c_l}{\eta_l} Q_H + \frac{c_m}{\eta_m \eta_T} \left[\left(1 - \overline{\psi}_R\right) Q_H + E \right] \quad (5.6)$$

nZEB — nZEXB — nZEB

Eşitlik 2.8: Termodinamiğin Birinci ve İkinci Yasasına göre binanın toplam CO_2 salımları

Q_H ve E nin tasarruf yolu ile bina net-sıfır veya net sıfıra yakın sürdürülebilir bina olabilir (sırası ile NZEB veya nZEB). ψ_R'ın da 1'e yaklaşması ile bina net sıfır veya net sıfıra yakın ekserjili bina olabilir (sırası ile NZEXB veya nZEXB).

Q_H (Isı talebi) ve E (Elektrik, güç) terimlerinin azaltılması (Isı ve güç tasarrufu) dışında, yakıtların birim karbon salım çarpanları (c), ve Birinci Yasa verimleri (η_l: Kazan verimi, η_m: santral verimi η_T: Güç iletim verimi) kadar ($1-\psi_R$) terimi de önemlidir ve bu parametreye şimdiye kadar hiç kimse uygulamada değinmemiştir. Burada ψ_R *Ekserji Yönetimi ve Verimi'* dir ve arz edilen enerjinin birim kalitesinin (birim ekserji) talep edilen birim ekserjilerle ne denli uyumlu olduğunun bir simgesidir. Burada nZEB net sıfır enerji binasını, nZEXB de net sıfır ekserji binasını simgeler.

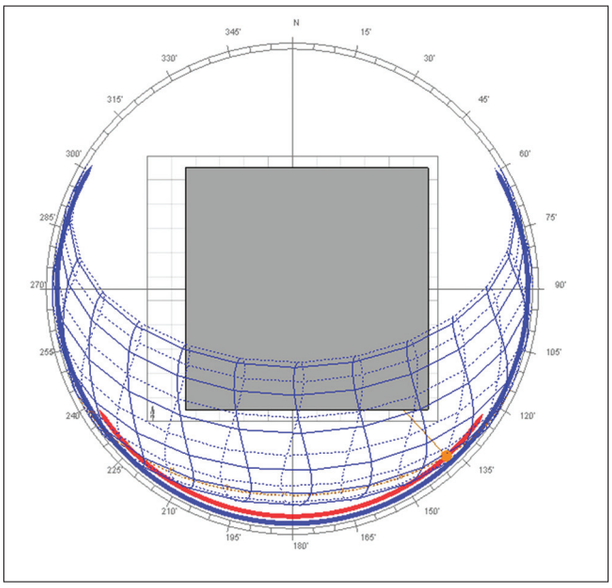
Yeşil ve yüksek performanslı bina tasarım ve işletiminde son trendler, düşük ekserjili bina statüsünü elde etmek için düşük ekserjili yenilenebilir ve atık enerji kaynakların kullanılmasını maksimize etmek ve başta CO_2 gazı olmak üzere sera gazı salımlarını minimize etmektir. Ekserji, enerji kaynağının belirli bir miktar veya debisinin faydalı iş potansiyeli miktarıdır. Örneğin, doğal gaz alev sıcaklığı yaklaşık 2000K olan yüksek ekserjili bir kaynaktır ancak sera gazı salar. Öte yandan, 350 K'da atık ısı düşük ekserjili bir kaynaktır fakat hemen hemen hiç sera gazı salmaz. Bu nedenle, belirli bir enerji kaynağının ekserjisi ile kirletme potansiyeli arasında dikkatli bir denge kurulmalıdır; bunun sonucu da çoğunlukla yenilenebilir ve atık enerji kaynakları lehine olur. Bu yeni trend, yaklaşık sıfır enerjili bina (nZEB) veya sıfır enerjili bina (ZEB) kavramlarından farklıdır; şöyle ki yeni trend, salt binanın dış kaynaklardan enerji talebini minimize etmekten ziyade, enerji kaynakları ve binanın arz ve talep ekserjisini eşleştirmeyi amaçlar. Yani en basit anlatımla; ısıtma için mümkün olan en düşük sıcaklığa sahip enerji; soğutma içinse mümkün olan en yüksek sıcaklığa sahip enerji sağlayacak tasarımların yapılması hedeflenmelidir.

5.6 Binalarda Yönlenmenin Doğal Aydınlatmaya Etkisi

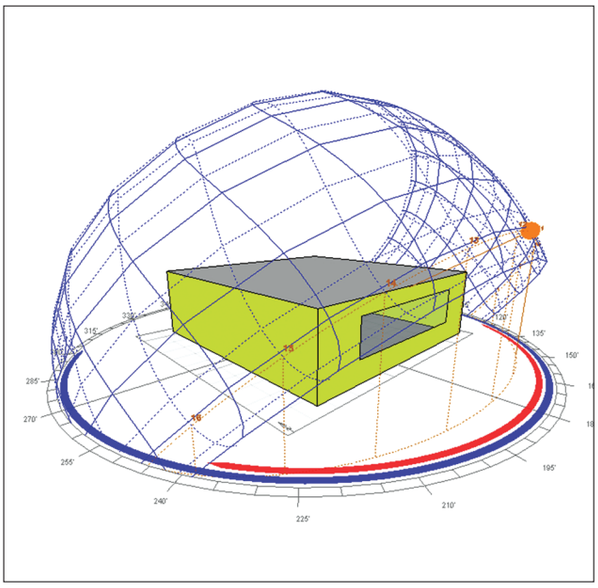
Binaların yönlenmesi, iç mekanlarda elde edilecek doğal aydınlatmanın performansı ile doğrudan ilişkilidir. Pencerelerin baktığı yön, güneşin günlük ve saatlik hareketlerine ve dış aydınlık düzeyine bağlı olarak iç mekanda elde edilen doğal aydınlatma miktarına etki etmektedir. Bina açıklıklarının yönlenmesine bağlı olarak iç mekanda direkt güneş ışığı etkisi yahut günışığı etkisi oluşabilir. Hacimlere giren direkt gün ışığının kamaşma problemine yol açmaması için önlem alınmalıdır. Binalarda kuzey yönü hariç (kuzey yarıküre için) tüm ana ve ara yönlerde, yılın belirli zamanlarında direkt güneş ışığının iç mekanlara doğrudan etki etmesi söz konusudur. Bu nedenle ilgili yönler için doğru tasarlanmış güneş kontrol elemanlarının kullanımı gerekmektedir.

Şekil 35'te güneşin örnek bir bina ile yıllık ilişkisini ifade eden bir güneş yörüngesi diyagramına yer verilmişir. Bu örnekte bir binanın yıllık olarak güneş ile kurmuş olduğu ilişkinin yörüngesi, İstanbul koşulları için örneklenmiş ve güneşin yıllık izlemiş olduğu hareketlerinin plandaki izdüşümü aktarılmıştır. Şekil 36'da ise bu durumu ifade eden bir perspektife yer verilmiştir. Buna göre ele alınan binaların kuzey cephelerinde doğrudan güneş etkisinin olmadığı ancak bu cephelerde günışığının yaygın olarak alınabildiği belirtilebilir. Eğer bir mekanın gün boyunca güneşten faydalanması bekleniyor ise güney, güney doğu, güneybatı yönlerine yönelmesi uygundur. Eğer bir mekanda yalnızca dolaylı ışık etkisi bekleniyor ise örneğin sanat galerisi, sergi holü gibi kuzeye yönlenmiş ışıklıklar ile iç mekanın aydınlatıldığı düzenekler olumlu sonuç vermektedir. Doğu ve batı yönlerinde düşey, güney yönünde ise yatay güneş kontrol elemanlarının kullanılması görsel konfor koşullarının iç mekanlarda sağlanabilmesi açısından önemlidir.

Çalışmanın bu bölümünde farklı yönlerin doğal aydınlatmaya olan etkisini sayısal olarak ifade etmek hede-

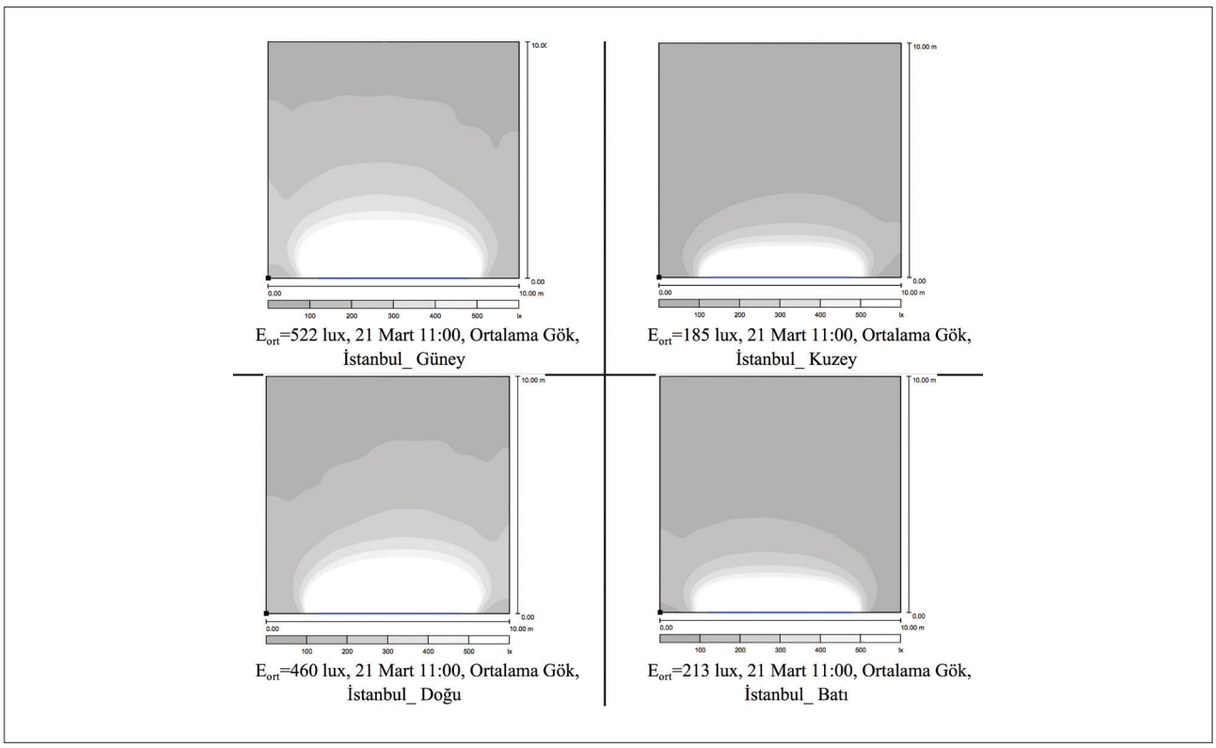


Şekil 35. *Yıllık Güneş Yörüngesi Planı ve örnek bina ilişkisi [şekil: Şener Yılmaz F., 2014].*



Şekil 36. *Yıllık Güneş Yörüngesi Perspektifi ve örnek bina ilişkisi [şekil: Şener Yılmaz F., 2014].*

fiyle örnek bir hacim için günışığı simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Ortalama Gök Modeli uyarınca 21 Mart 11:00 tarihi için 10 m x10 m boyutlarında ve %30 saydamlık oranına sahip örnek bir hacim modellenmiş ve farklı yönler için simüle edilmiştir. Elde edilen hesap sonuçları Şekil 37'de aktarılmıştır. Buna göre ilgili hesap tarihi için en yüksek ortalama aydınlık düzeyi güney yönünde, en düşük ortalama aydınlık düzeyi ise kuzey yönünde elde edilmiştir. Bu örnek, aydınlatma tasarımında yön parametresinin doğal aydınlatma potansiyeline olan etkisine dikkat çekmek hedefi ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 37. *Örnek bir hacmin farklı yönlerdeki günışığı dağılımının incelenmesi [simülasyon: Şener Yılmaz F., 2014].*

5.7 Alandaki Yenilenebilir Enerji Seçeneklerinin Değerlendirilmesi

Alanda mevcut yenilenebilir enerji seçeneklerinin ekonomik ve yeterli kapasitelerde olması beklenir. Güneş enerjisinde mevcut toplaç alanı, yıllık güneşlenme süresi ve toplam güneş enerjisi ile sistem ve cihazın taleplere uyumu gözetilmelidir. Isı pompası ile toprak ısısından yararlanılacak ise mevcut ve uygun arazi miktarı, dikey kuyu açılacak ise toprak ve kaya türü ile ayrıca ekonomiklik göz önünde tutulmalı, rüzgâr türbininde ise gürültü, elektromanyetik kirletme, mevcut alan ve kapasite faktörleri göz önünde tutulmalıdır.

5.8 Bina Sistemleri için Seçeneklerin Değerlendirilmesi

Doğalgaz gibi fosil yakıtların mutlaka birleşik ısı ve güç sistemlerinde değerlendirilmesi, enerji depolaması yapılması gerekmektedir. Birleşik ısı ve güç sistemlerinin kapasite seçimi ise başlı başına bir optimizasyon unsuru olup kapasiteler çok dikkatli seçilmelidir.

HVAC sistemlerinin seçimi oldukça geniş bir konudur. İyi bir seçim için tasarımcıların; zaman, uzman personel, simülasyon programları gibi olanaklara sahip olmaları gerekir. Sistem seçerken her iklim bölgesine göre sistemlerin seçilebilmesi gerekir. Örneğin daha tasarımın başında binanın kabuk yapısı ve iklim verileri simülasyon programına girilerek o iklim bölgesinde hangi sistemin daha uygun olabileceğinin ön etüdü yapılarak tasarıma devam edilmelidir. Bu ön etüt sürecinde yıllık enerji tüketiminin azaltılmasının yanında optimum ilk yatırım bedeli veren seçeneklerin dikkate alınması uygun olur. Günümüzde ofis, hastane, AVM gibi binalar için seçilebilecek sistemler aşağıda özetlenmiştir;

Isı pompası+TABS (veya döşemeden ısıtma/soğutma)+havalandırma sistemi: Toprak veya su kaynaklı sudan suya ısı pompaları ile buna uygun bina içi tesisat sistemleri konfor ve enerji verimliliği en yüksek sistemlerdir. Burada bina içi sistemler olarak TABS sistemleri, ısıtma, soğutma panelleri, döşemeden ısıtma/serinletme sistemleri olabilmektedir. Bu sistemler güneş PV ve güneş termal sistemlerle de daha kolay desteklenebilmektedir. Bu sistemlerin verimli biçimde kullanılabilmeleri ve ilk yatırım maliyetlerinin makul düzeylerde tutulabilmesi için bina kabuğu ısıl performansının çok iyi olması gerekir. Ancak bu sistemlerin 4 borulu fan coil veya 3 borulu VRF mantığı ile çalıştırılabilmeleri (aynı anda ısıtma ve/veya soğutma olanağı) zordur. Ayrıca asma tavanların bu sistemlere uygun tasarlanması veya duvarların kullanılması gerekir. Burada ayrıca soğutmada yoğuşmanın önlenmesi ve havalandırma desteği gerekebilir.

VRF sistemleri: Bu sistemler ısı pompaları gibi hava, su kaynaklı olabilmektedir. Hava kaynaklıların verimlilikleri düşüktür, ancak ucuz sistemlerdir ve soğuk iklim bölgelerinde kışın statik ısıtma desteği gerekir. Bu sistemler iki borulu veya 3 borulu olabilmektedir. Isı pompalarından farkı, sekonder devrenin su yerine soğutucu gaz olmasıdır. Bu sistemlerin konfor düzeyleri ısı pompalarına göre daha düşüktür. Ayrıca fan kullanımında, filtre bakımı, fanın kullanım enerjisi ve gürültüsü söz konusudur. Bu sistemler primer havalandırma desteği ile kullanılabilirler.

Tüm havalı sistemler (All-Air): Kazan, su soğutmalı chiller+kule veya trijenerasyon sistemleri ile beslenebilir. Yıllık bazda sık kullanılmayan konferans salonları gibi yerler ile spor salonları, yüzme havuzları gibi yerlerde kullanılmaları uygun olur. Enerji verimlilikleri iyi değildir.

Radyatör sistemleri: Isıtmada ucuz çözümlerdir ve her yerde kullanılabilirler.

Dört borulu (veya iki borulu) fan coil sistemi: Konfor düzeyi iyidir. İlk yatırım maliyeti nispeten düşüktür. Ancak bu sistemler yüksek ekserjili değildir. Ayrıca işletmede fan, filtre bakımı gerektirir, gürültü olabilir. TABS, 3 borulu VRV sistemleri gibi sistemler için atık veya güneş enerjisi desteği sağlanamaz ise bu sistemler daha uygundur (not: bu sistemler tüm havalı sistemlere benzerdir).

Bu sistemler ısı pompaları ile verimli biçimde çalışabilen sistemlerdir. Bu sistemler Türkiye'de nispeten yeni olmakla birlikte özellikle Almanya gibi Avrupa ülkelerinde yaygın biçimde kullanılan sistemlerdendir. Bu sistemler ısıtmada 30-40ºC, soğutmada 16-18ºC su rejiminde çalışabilmektedir. Dolayısıyla doğal su kaynakları, yoğuşmalı kazanlar ve ısı pompaları ile birlikte yüksek verimde çalışabilmektedir.

Yenilenmeyen enerji kaynaklarının kullanımı zorunlu olduğu durumlarda fosil yakıtlar en az ve en akılcı kullanılmalı, azami yakıt tasarrufu sağlanmalıdır. Bu amaçla birleşik ısı ve güç sistemleri ile üçlü üretim istemleri kullanılmalıdır. Bu yönde AB 2004/8/EC Yönergesi esas alınmalıdır.

5.9. Bina Enerji Simülasyonlarının Yapılması

Enerji modelleme yazılımından en büyük faydayı, tasarım aşaması veya inşaat sonrasında; bina kullanım ve bakım aşamasında görebilmekteyiz.

Tasarımcılar, tasarımın başından sonuna, enerji modellemesinin sağladığı geri bildirim verilerini değerlendirir. Birkaç basit tasarım stratejisi modeli oluşturmak suretiyle tasarımcılar, alternatif senaryoları karşılaştırabilir ve bina enerji verimliliğini optimize etmede kritik farkları tespit edebilirler.

Bu süreç için en verimli iş akışı, Bina Bilgi Modeli (BBM) yazılımında bir model oluşturmak ve geliştirmek, daha sonra da bu modeli, XML dosya formatında enerji modelleme yazılımına aktarmaktır. Bu birlikte işlerlik, tasarımcının orijinal BBM modeli yazılımında oluşturulan modelleme bilgilerini, "tekerleği yeniden icat etmeden" enerji modelleme yazılımına aktarmasına imkan verir. Gereken hallerde ilave veri girdileriyle, enerji modelleme hesaplamalarının doğruluğu artırılır.

Tasarım süreci boyunca faydalı olan enerji modelleme yazılım programlarının birkaçı aşağıda verilmektedir:

- Komple bina enerji analizi
- Isıl performans
- Su kullanım ve maliyet değerlendirmesi
- Güneş ışınımı
- Gün ışığından yararlanma
- Gölgeler ve yansımalar

Autodesk®
Ecotect® Analysis

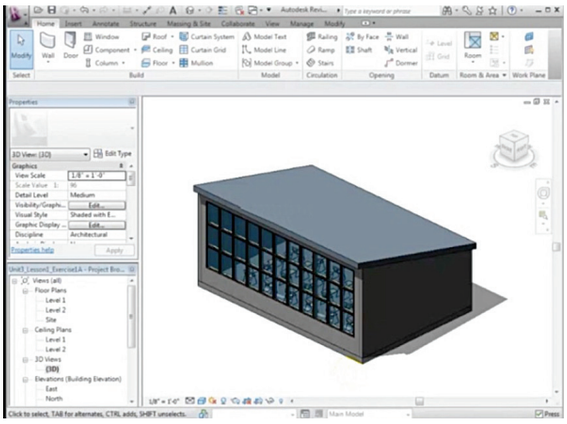
- Tahmini enerji ve maliyeti (yıllık, yaşam boyu)
- Yenilenebilir enerji potansiyeli (fotovoltaik ve rüzgar)
- Bina ve sahaya özgü havalandırma potansiyeli
- Enerji son kullanım çizelgeleri

Autodesk®
Green Building Studio®

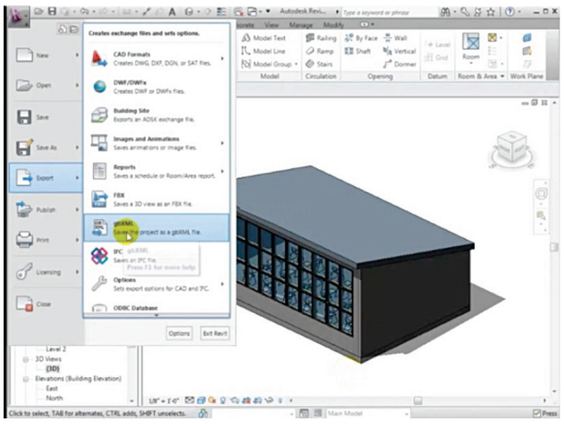
- Enerji zonlamasına dair modelleme ve etütler
- Güneş ile ilgili etütler (doğal ışık ve gölgeler)
- Rüzgar tüneli analizi
- Kavramsal enerji analizi (ayrıntılı tasarım çalışmasından önce kavramsal modeller üzerinde yapılır)

Autodesk®
Vasari®

Tasarım sürecinde bina yönelimini optimize etmeye yönelik bir enerji modelleme yazılımı örneği:



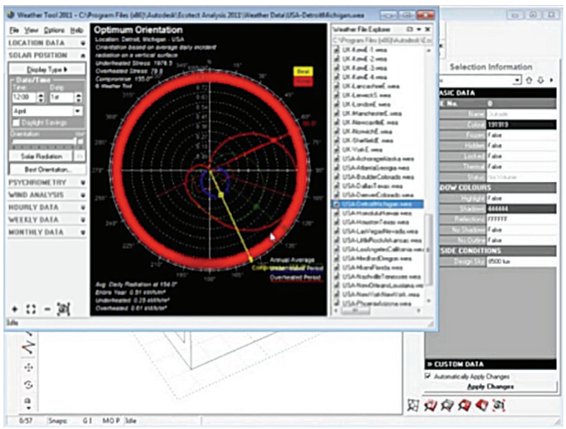
Şekil 38: *Enerji analizi için Bina Bilgi Modelini hazırlayın.*



Şekil 39: *gbXML dosya formatını kullanarak Bina Bilgi Modelinin geometrisini aktarın.*



Şekil 40: *Autodesk® Ecotect® Analysis yazılımı ve Autodesk® Green Building Studio® web hizmeti sağlayan analiz araçlarına gbXML model verileri aktarın.*



Şekil 41: *Ecotect Analysis hava durumu aracını kullanarak, güneş etkilerine göre optimum bina yönelimini bulun.*

Bu yazılımlar ile; mevcut bina için, enerji modelleme yazılımı, modelleme veya rakamsal verilere dayalı olarak operasyonel verimsizlikler tespit edilebilmektedir.

Tüm bina tasarım bilgileri ve buna ek olarak enerji kaynakları, maliyetler ve çeşitli aralıklarda (saatlik, günlük, aylık ve yıllık) vurgulanan kontrolleri içeren işletim kullanımı verilerine dayalı olan girdiler, enerji verimliliğini artırma fırsatları için oldukça özgün ve kesin veri çıktıları elde edilebilmektedir.

İnşaat sonrası süreç boyunca faydalı olan enerji modelleme yazılım programlarının birkaçı aşağıda verilmektedir:

- Veriler yıllık, aylık, günlük, saatlik veya saatten küçük aralıklarla gösterilebilir.
- İç hava, ortalama ışınımsal ve işlevsel sıcaklık ve nem
- Sıcaklık dağılım eğrilerini içeren konfor çıktıları
- İletim transferi fonksiyonları kullanılarak bina elemanları yoluyla geçiş ısı iletimi
- Nemin yüzeye tutunması/geri verilmesini hesaba katan birleşik ısı ve kütle transfer modeli
- Mekanın kullanılma amacı, kuru termometre
- Tüm tasarım süreci boyunca komple bina performansının değerlendirilmesi
- Tasarım ekibinin herhangi bir üyesinin tasarımın en erken aşamasından itibaren tasarım konseptlerinin enerji performansını

- Çatı, duvarlar, açıklıklar gibi sızıntı ve havalandırma dahil bina kabuğu yoluyla ısı iletimi

DesignBuilder

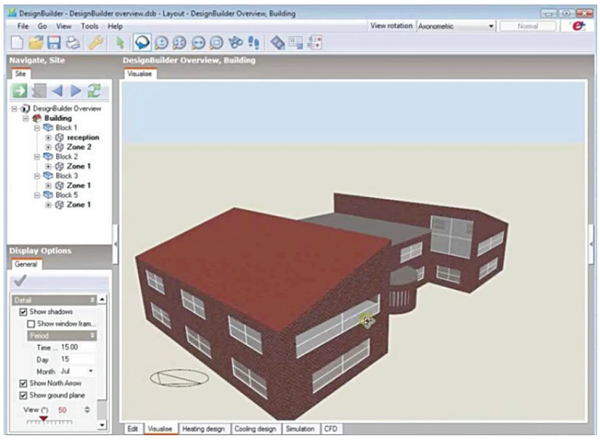
sıcaklığı, nem vs.ye dayalı ısıl konfor modelleri
- İleri saydamlık oranı hesaplamaları
- Gün ışığı kontrolü

EnergyPlus

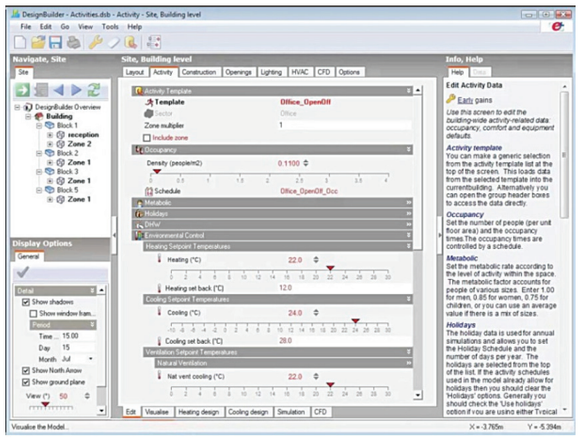
araştırmasının mümkün olması
- İnşaat dokümantasyonu, devreye alma, iskan sonrası aşamalar boyunca ayrıntılı analizin desteklenmesi

eQuest

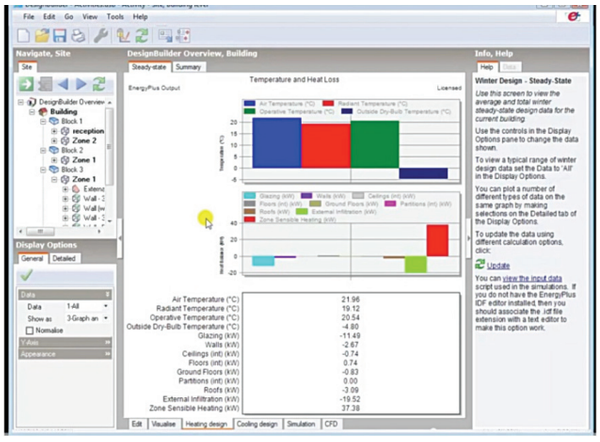
Bina kullanım ve bakım aşamasında enerji verimliliği ve veri geri bildirimleri için bir enerji modelleme yazılımı örneği



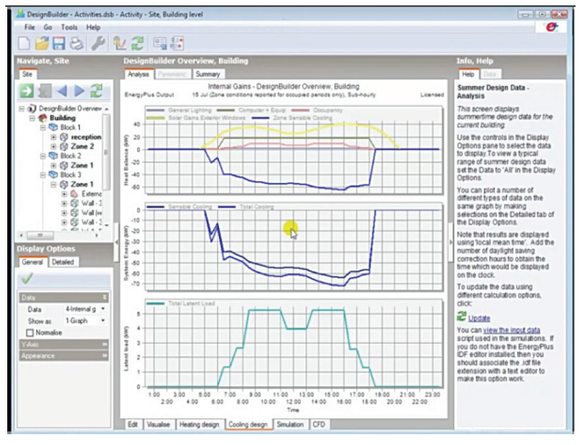
Şekil 42: *DesignBuilder yazılımında orijinal model geometrisini oluşturun.*



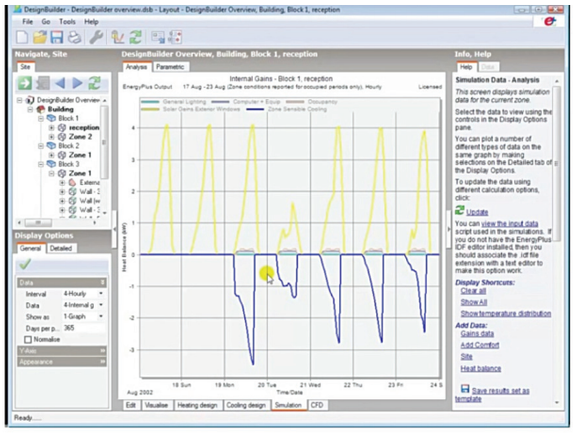
Şekil 43: *Yerleşim, faaliyet, inşaat, açıklıklar, aydınlatma, HVAC, CFD ve ek seçenekler dahil olmak üzere model verilerini belirleyin.*



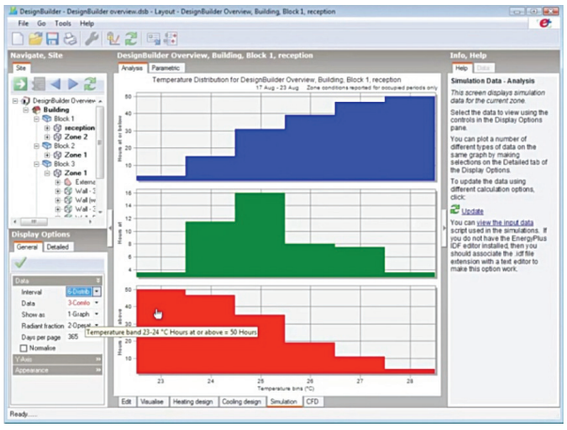
Şekil 44: *Belirlenen konuma set edilmiş iklim dosyasına dayalı kış için ısıtma tasarım hesaplamasını yapın.*



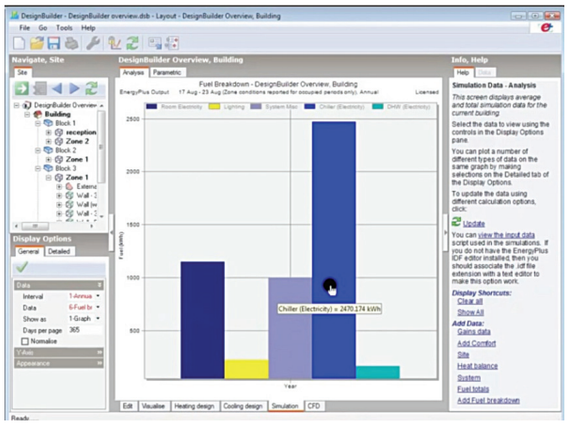
Şekil 45: *Belirlenen konuma göre iklim dosyasına dayalı olarak, yaz için soğutma tasarım hesaplamasını yapın.*



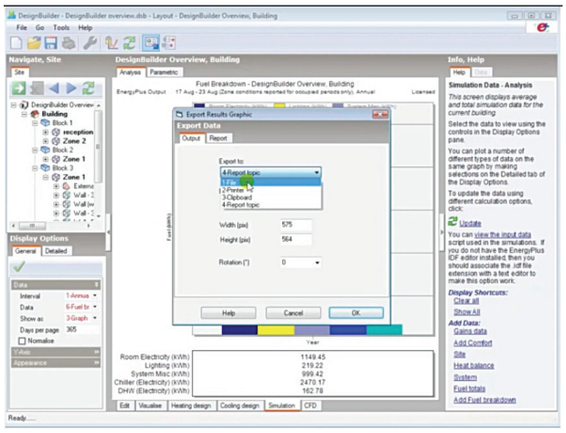
Şekil 46: *Enerji akışları ve yönelimin etkilerini de içerecek değişkenlerle birlikte haftalık yaz veya kış koşullarında tasarım için dinamik simülasyonu yapın.*



Şekil 47: *Çeşitli aralıklarda bina bölgeleri dahilinde konfor sıcaklığı dağılımı için dinamik simülasyonu yapın.*



Şekil 48: *Yakıt tüketimi için dinamik simülasyonu yapın.*



Şekil 49: *Simülasyon sonuçlarını, rapor başlıklarına göre farklı kaydederek veri dosyası, basılı kopya olacak şekilde çeşitli çıktılar biçiminde aktarın.*

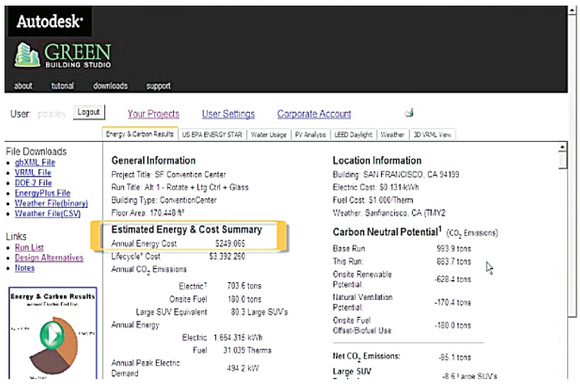
Projenin tasarım aşamasında, enerji modellemesi sonuçları, değerli girdiler sağlayabilirler. Bu aşamada, becerikli bir modelleyici, binanın basit bir modelini çok çabuk biçimde toparlayabilir; bunu yaparken belki de her büyük bina tipi için örneğin dershane, laboratuvar veya ofisler gibi tek bölge kullanabilir; böylece sahada konumlama, bina içi zonlama ve bina yöneliminin etkilerini test etmek mümkün olabilir.

Şematik tasarım esnasında, enerji modelleme tasarım sürecine katılanların en çok başarı vaad eden enerji verimlilik stratejilerine en uygun biçimde odaklanmalarını sağlar. Binanın enerji tüketiminin yakıt türü, görev ve bina bileşeni bazında nasıl bölümlendiğinin görülmesi, tasarım ekibinin başlıca enerji kullanım faktörlerine odaklanmasına imkan tanır.

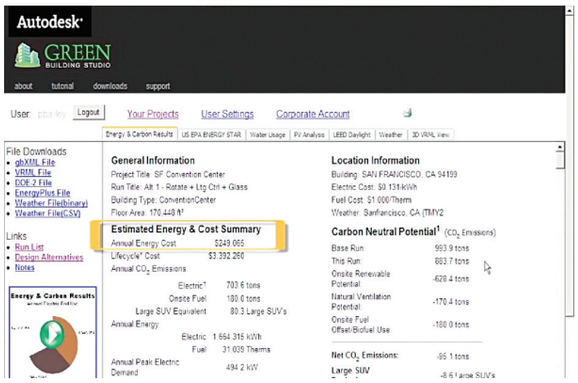
Tasarım geliştirme esnasında ise enerji modelleme, parametrik etütlerin yapılmasına izin verir. Eliminasyon parametriği [7]denilen diagnostik[8] teknik, her bina bileşeninin enerji kullanımının daha iyi anlaşılmasını sağlar. Her defasında enerji kullanım bileşenlerinden birinin sıfır düzeyinde tutulduğu bir dizi simülasyon yapılır. Sonuçlar görüldüğünde, binanın enerjiyi nasıl kullandığı daha net biçimde ortaya çıkar.

[7] Eliminasyon parametriği; Çıkarım olasılığı dağılımı
[8] Diagnostik: Teşhis, tanıya dayalı çalışmalar, tetkik ve analizler bütünüdür.

İnşaat dokümantasyon aşamasında, enerji modellemesi ile önerilen tasarımın mevzuata uyan minimum referans bina ile karşılaştırılmasını sağlar. Kütle (bina kabuğu, yönelim, HVAC sistem iyileştirmeleri, yeni kontrol stratejileri, fan sistemleri optimizasyonu ve camlı alan optimizasyonu dahil olmak üzere, uygulanan tüm stratejilerden elde edilen enerji kullanım azaltımına bakmak için modelleme kullanılır.



Şekil 50: *Autodesk® Green Building Studio®'da enerji giderlerini azaltmak için tasarım alternatiflerinin araştırılması, yönelim, aydınlatma verimlilikleri (insan sensörleri, gün ışığı sensörleri ve kontrolleri, bina kabuğu ve cam performansı dahil olmak üzere) binanın ayrıntılarını düzenlemek suretiyle yapılabilir.*



Şekil 51: *İlk tasarımın "referans verilerle simülasyonu" ve sınırsız alternatif bileşkeleriyle karşılaştırmalar yapılabilir.*

5. Bölüm Kaynakları

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (2013), Yukarı havza sel kontrolü eylem planı 2014-2017, Ankara, www.ogm.gov.tr

Karpuzcu, M., (2005), Su temini ve çevre sağlığı, Kubbealtı Neşriyatı,İstanbul.

Muslu, M., (2005), Çözümlü problemlerle su temini ve çevre sağlığı, Su Vakfı Yayınları, İstanbul .

Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG), 1998. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices.

Mimarın tesisat el kitabı, Isısan Çalışmaları No:370-2, Isısan Yayınları, İstanbul, Anonim-2008-1

Kabuloğlu, K.,S., (2006) Yesil çatıların ekolojik yönden değerlendirilmesi, Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İTÜ,İstanbul.

Mir, M. A. (2011). Green façades and building structures, Yüksek Lisans Tezi, Delft Teknik Üniversitesi, Hollanda.

Ottele, M. (2011). The green building envelope vertical greening, Delft Teknik Üniversitesi, Hollanda

Watersmart guidebook, A Water-Use Efficiency Plan-Review Guide, East Bay Municipal Utility District, Anonim, 2008-2, (Ebmud)

Conserving water in Buildings, A Practical Guide, Environment Agency, Anonim, 2007

Deniz, V., Bostancı, Ö. ve Salur, A., (2012) Binalarda su tasarrufu ve hijyen, Ece Banyo, İstanbul

Artema Blue Life Ürün Kataloğu, Vitra, Anonim, 2013-1

Enerji ekonomisi; Isısan Çalışmaları No:351, Isısan Yayınları, İstanbul, Anonim, 2005-1

TS 1258 Temiz Su Tesisatı Hesap Kuralları, Anonim, 1983

Şahin, N. İ., (2010), Binalarda su korunumu, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

16. DIN 1717-TS EN 1717, Su tesisatındaki içme suyunu kirlenmeye karşı korumave geri akıştan oluşan kirlenmeyi önleme tertibatlarının genel özellikleri, Anonim, 2008-3

DIN 19650, Irrigation - Hygienic concerns of irrigation water, Anonim, 1999

Water recycling and reuse: The environmental benefits, 11 Mayıs 2014, www.epa.org

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, Anonim-2012

Planlı alanlar tip imar yönetmeliği, Anonim, 2013-2

Gri Su Arıtma ve Yağmur Suyu Geri Kazanım Sistemleri, 25 Nisan 2014, www.ozman.com

Öztürk, İ., Deniz Deşarjı Tesisleri , Atiksu, Termal ve Tuzlu Su Deşarjlari, Su Vakfı yayınları, 2011

İstanbul Master Plan Consortium (IMC), (1999). Master Plan for Water Supply and wasteWater Disposal in İstanbul (Final Report).

Friedler, E. Ve Pissanty, E., (2006), Effects of design flow and treatment level on construction and operation costs of municipal wastewater treatment plants and their implications on policy making, Water research, (40) pp. 3751-3758.

DIN 1989-1:2002-04.01; Rainwater harvesting systems - Part 1: Planning, installation, Anonim, 1989-1

Toprak, S.,Koç, A., C., Güner Bacanlı, Ü.,Dikbaş, F., Fırat, M., Dizdar, A., (2007) İçme Suyu Dağıtım Sistemlerindeki Kayıplar ve Prowat Projesi, 5. Kentsel altyapı Ulusal Sempozyumu, Antakya.

Bayramoğlu, E., Ertek, A. ve Demirel, Ö., (2013) Su tasarrufu amacıyla peyzaj mimarlığı uygulamalarında kısıntılı sulama yaklaşımı, İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi Cilt. 3, Sayı.7, s.45-52.

Deniz, E., (2009), Su etkin peyzaj tasarım ve uygulama ilkeleri, Ankara Üniversitesi, FBE, Tezsiz Yüksek Lisans Projesi.

Water Efficient Building Design Guidebook, 13 Nisan 2014, www.pub.gov.sg

Ölçüler ve ayar kanunu, Anonim, 1989-2

Pilcher, R., Dizdar, A., Toprak, S., Dilsiz, C., De Angelis, E., De Angelis, K., Koç, A., C., Dikbaş, F., Fırat, M. ve Bacanlı, Ü., G., (2008), PROWAT, Su kaybının azaltılması stratejisi ve uygulaması kılavuzu, temel su kaybı kitabı Bölüm-1, Leonardo da Vinci ProjesiNo: TR/06/B/F/PP/178065, Ankara.

Data and statistics, 12 Kasım 2013, www.who.org

Pala, B. ve , Latifoğlu A.,, İçme suyu şebekelerinde oluşan su kayıpları, 22 Kasım 2013, www.csb.gov.tr

TS EN 12056-1, Cazibeli Drenaj Sistemleri-Bina İçi-Bölüm 1:Genel Kurallar ve Performans Kuralları, Anonim, 2005-2

www.csb.gov.tr

Samsunlu, A., (2006) Atık Suların Arıtılması

MWA (1998). Guidelines for Developers: Seweage Treatment Plants 2nd Edition, Volume IV. Malaysian Water Association, Ministry of Housing and Local Government, Sewerage Services Department, Malaysia.

Kitiş, M., Yiğit, N., Ö., Köseoğlu, H. ve Bekaroğlu, Ş., (2009) Su ve atık su arıtımında ileri arıtma teknolojileri-arıtılmış atıksuların geri kullanımı, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı.

Kantaroğlu, Ö., (2009) , Yağmur suyu hasadı plan ve hesaplama prensipleri, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir

Clover, D. E. (1995). Theoretical foundations and practice of critical environmental adult education in Canada. Convergence. 28 (4), 44-54.

Villemagne, C. (2008-1). L'éducation relative à l'environnement en contexte d'alphabétisation des adultes Quelles dimensions critiques, Revue internationale francophone en ERE « Regards – Recherches – Réflexions ». 7(1), 49-64.

Villemagne, C. (2008-2). Regard sur l'éducation relative à l'environnement des adultes, Revue électronique des sciences de l'environnement. VertiGO, 8(1).

Cappellaro, E., Ünal Çoban, G., Akpınar, E., Yıldız, E. Ve Ergin, Ö.,(2011) Yetişkinler için yapılan uygulamalı çevre eğitimine bir örnek: Su farkındalığı eğitimi" Türk Fen Eğitim Dergisi, Yıl 8, Sayı 2, Haziran.

ASHRAE Standard 189.1, Standard for the Design of High-Performance Green Buildings.

ASHRAE Standard 90.1, Energy Standard for Buildings Except-Low Rise Residential Buildings.

ASHRAE Standard 62.1, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

ASHRAE Standard 55-2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

ASHRAE Guidline 0-2005, The Commissioning Process.

LEED Guidebooks.

Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği ve ekindeki standartlar.

ASHRAE Standard 62.1-2007, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

ASHRAE Standard 55-2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

ASHRAE Guidline 0-2005, The Commissioning Process.

[EDSL TAS Sotware ve yardım dökümanları.

Hausladen, G., Saldanha, M., Liedl, P., Sager, C., 2011,"Climate Design – Solution For Buildings that Can Do More With Less Technology".

EN 13779 2004 - Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems

EN 15251 2007 – Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.

EN ISO 7730 2005 - Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

Anon (2010), IEA, Daylight in Buildings, Report IEA SHC Task 21, Washington.

BEP-TR (2010), Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi, Ek 05-Aydınlatma, 07 Aralık 2010 Perşembe, Resmi Gazete, Sayı: 27778, 201.

EN 12464 (2013), Light and Lighting of Workplaces: Part1-Indoor Workplaces., CEN/TC 169, European Committee for Standardisation, 2013.

Özkaya, M. (2004), Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi, 2004.

SLL (2012), The SLL lighting handbook, Society of Lighting and Lighting (SLL), London: Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE).

TS-EN 12464, (2013), Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları, Türk Standartarı Enstitüsü.

Url-1 < http://www.dial.de/DIAL/en/dialux.html>, alındığı tarih: 19.10.2014.

Yener A. K. , Uyan F. (2011), Yeşil Binalarda Aydınlatma, Yeşil Bina Dergisi, Sayı: 9.

Yener A. K. (2007), Binalarda Günışığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler, 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, pp: 231- 241

Yılmaz, F. Ş. (2014). Sürdürülebilir Çevre için Mimari Aydınlatma Sistemi Tasarımında Kullanılabilecek bir Yaklaşım. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Yılmaz F.Ş., Yener A.K. (2013), Aydınlatma Tasarımında Görsel Konfor, Enerji Performansı ve Çevresel Etki Değerlendirmesi, 2013, 7. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir.

6. ALAN KONSEPTLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Bu aşamadaki adımlar şunları içerir;

1. Sahayı verimli biçimde kullanmak için bina ayak izinin oluşturulması;
2. Bina elemanlarının yerleşim ve büyüklüklerine ilişkin tasarım varsayımları nedeniyle bitişik arsadaki güneş veya günışığı potansiyelindeki kayıpların minimize edilmesi;
3. Yüzey altı ekoloji ve aküferler üzerindeki etkilerin minimize edilmesi için bina elemanlarının yerleşiminin değerlendirilmesi;
4. Su tutma havuzları, su geçirgen kaldırımlar, yeşil çatılar veya diğer önlemler kullanılarak, sahada yağmur suyu tutulması için önlemlerin belirlenmesi;
5. Rüzgar perdeleri ve gölgeleme sağlamak, su talebini minimize etmek, mevcut özellikleri ve mümkün olduğu hallerde biyolojik yaşamı muhafaza etmek için, peyzaj ön planlarının geliştirilmesi;
6. Su geçirimsiz döşeli alanları minimize eden, sahadaki ekosistemi koruyan, bina kullanıcıları için dış mekanı maksimize eden bir araç erişim ve park planının geliştirilmesi;
7. Binanın ve çevresinin genel görünümüne görsel olarak olumlu katkı yapmasının sağlanması.

6.1 Alanın Etkin Kullanımı için Bina Yerleşiminin Kurgulanması

Her ne kadar parsel üzerinde yerleşim çekme mesafelerine göre belirleniyor olsa da, çoğu parselde çekme mesafelerinden sonra kalan alan içinde binanın farklı yerleşimlerine izin verecek alan kalacaktır. Bu durumda arsa üzerindeki kriterlere göre hazırlanmış şematik tasarımların alanı en iyi şekilde kullanıma göre oturtulması gerekmektedir. Yerleşimde hakim yön ve manzara yönü öncelikli olmakla birlikte bahçe kullanımı, otopark yaklaşımları da düşünülerek bir tasarım yapılmalıdır.

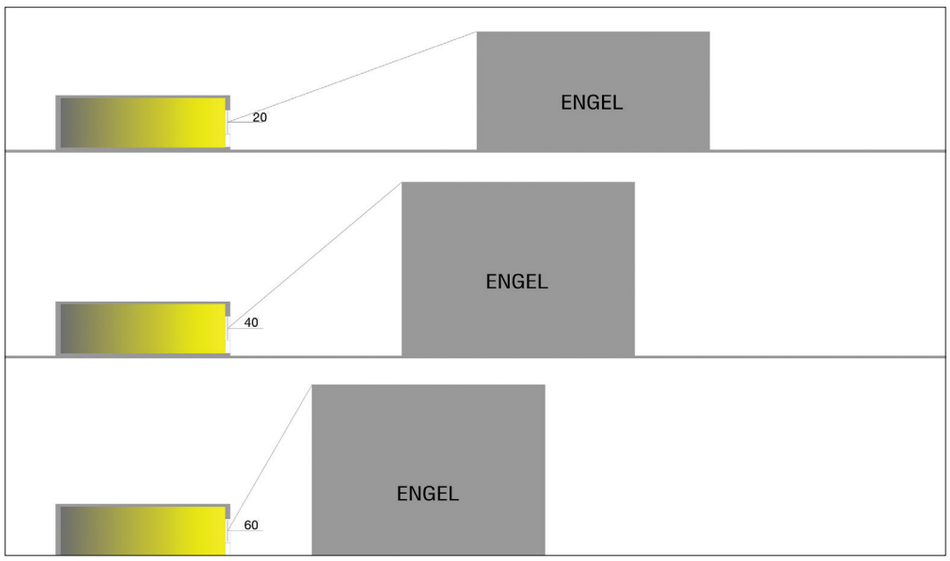
6.2 Dış Engellerin Doğal Aydınlatmaya Etkisi

Yerleşim yeri tasarımında dış engeller, binaların günışığı potansiyelini olumsuz yönde etkileyebilmekte, bu durum da yapma aydınlatmaya olan bağımlılığı, aydınlatma enerjisi gereksinimlerini ve dolayısı ile bina enerji maliyetlerini arttırmaktadır. Özellikle gün saatleri içerisinde günışığından maksimum oranda yararlanması beklenen ofis, eğitim binaları ve konut gibi tipolojilerde yerleşme ölçeğinden itibaren günışığı kullanımı dikkate alınmalı; bina yükseklikleri, binalar arası mesafe, yön, yapma ve doğal engellerin boyut, konum ve ışık yansıtma özellikleri gibi parametreler yerleşme tasarımında göz önünde bulundurulmalıdır.

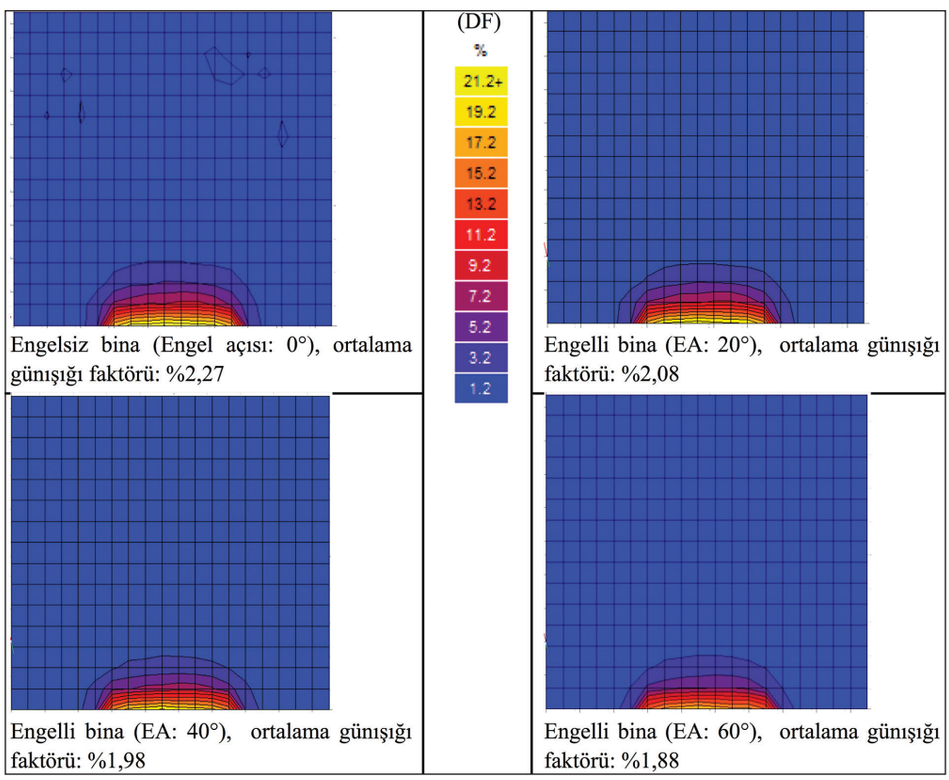
Binalara etki eden engeller, diğer binalar, bitki örtüsü, ağaç, dağ, topoğrafya gibi doğal engeller, avlu veya atriyumu olan binalarda binanın kendisi, cephede yer alan yatay veya düşey gölgeleme elemanları, çift katmanlı cepheler şeklinde sıralanabilmektedir.

Pencerenin karşısında bir engel bulunması durumunda karşı engel etkisinin dikkate alınabilmesi için pencere orta noktası ile engelin üst kotu arasında kalan ‘engel açısı’nın bilinmesi gerekmektedir. Engel açısının yüksek olması, binaların günışığı potansiyelini ve dış görüş miktarını azaltmaktadır. Bu duruma örnek olarak Ankara’da yer aldığı kabul edilen örnek bir hacmin sırasıyla 20°, 40° ve 60° engel açısına sahip olması durumlarındaki günışığı dağılımı hesaplanmıştır. Şekil 52’de ele alınan hacmin engel açısı alternatiflerini ifade eden bir görsele yer verilmiştir. Şekil 53’de ise ilgili hacimde farklı engel açısı alternatiflerinde elde edilen günışığı

dağılımı sonuçlarına yer verilmiştir. İlgili hesaplamalar 21 Mart tarihi saat 12:00 için kapalı gök koşullarını temel alan günışığı faktörü yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre ele alınan örnek hacim genelinde engel açısı yükseldikçe hacimde elde edilen ortalama günışığı faktörü değerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu inceleme, engel durumunun günışığı potansiyeline olan etkisini ortaya koymak hedefiyle gerçekleştirilmiştir.



Şekil 52: *Karşı bina engel açısının sırasıyla 20°, 40° ve 60° olması durumlarının kesit üzerinde ifadesi [şekil: Şener Yılmaz F., 2014].*



Şekil 53: *Karşı bina engel açısının sırasıyla 0° (engelsiz), 20°, 40° ve 60° olması durumlarında örnek hacimde hesaplanan günışığı faktörü dağılımı [simülasyon: Şener Yılmaz F., 2014].*

Binaların yoğun derecede engelli olduğu durumlarda günışığının ulaşamadığı kotlara günışığı toplayıcı ve dağıtıcı sistemler yardımı ile günışığının alınması sağlanabilir. Prizmatik paneller, holografik elemanlar, lazer kesim paneller ve anidolik sistemler, günışığının doğrudan iç mekana alınamadığı durumlarda etkili çözümlerdir. Ancak bu sistemlerin doğal aydınlatma performansı ve maliyet analizlerinin gerçekleştirilmesi ve bina cephesi ile optimum düzeyde bütünleştirilmesi gerekmektedir.

6.3 Yapıların Yeraltı Ekoloji ve Su Kaynakları Üzerindeki Etkisinin Azaltılması

Proje, bir veya birden fazla bina, park alanları, yükleme terminalleri ve erişim yolları dahil olmak üzere birçok unsurlardan oluşabilir. Bu unsurların düzeni daha çok işlevselliği ön planda tutacak şekilde belirlenirken yönelim, yerel mikro iklim koşulları, topografya ve manzaranın yanında site alanının ekolojik durumuna olabilecek tahribatın önüne geçmek için yüzey ve yeraltı karakteristiklerine de uygun olarak planlanmalıdır. Detaylandırmak gerekirse:

- Orta ya da büyük ölçekli projelerde inşaat sahası küçük yaban hayatı için geçiş koridoru veya kuşların yuvalandığı ağaçları içerebilir. Bu tür durumlarda ekolojik dengenin minimum etkilenmesine dikkat edilmelidir.
- Yıl boyunca ya da yağışlı mevsimlerde aktif doğal su kanallarından mümkün olduğunca kaçınılmalıdır, zira su yolunda bulunan kaldırım veya yapı elemanlarının zarar görmesini önlemek zor olacaktır.
- Bodrum amaçlı yapılacak olan kazı çalışmalarında yer altı su kaynaklarının konumu, boyutu ve etkinliği dikkate alınmalıdır. Özellikle toprak kaynaklı ısı pompalarının planlandığı durumlarda yer altı sularının yönünü değiştirmek zor olurken, bu tür sistemlerin etkin bir şekilde çalışabilmesi için doğal su kaynaklarının akış yolu ile toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin uyumlu olması gerekmektedir.

6.4 Yerinde Yağmur Suyu Tutma Önlemlerinin Belirlenmesi

Yapılaşmanın artmasıyla birlikte yağmur suyunu toprağa sızdıracak geçirimli yüzeyler azalır. Bu nedenle yerleşme ve çevre düzenlemesinde yağmur suyunun tutulmasını artıracak önlemler alınmalıdır.

- Yerleşmelerde bahçe ve çevre düzenlemesinde uygun yerlere yağmur suyunun toprağa sızmasını sağlamak için bahçeler ve yeşil alanlar önerilmelidir.
- Otoparklarda, yaya yollarında ve bahçe düzenlemelerinde yağmur suyunun yer altı suyuna karışabilmesini sağlamak için geçirgenliği yüksek kaplama sistemleri önerilmelidir.



Şekil 54: *Yağmur suyu geçirgenliği yüksek kaplama sistemi*

- Şehir merkezlerinde ve toprağın sızdırma özelliğinin düşük olduğu yerleşmelerde yoğun ve seyrek yeşil çatı sistemlerinin uygulanması, yağmur suyunu tuttuğu ve yüzey akışını azalttığı için su harcamalarını düşürecektir.

20-40 cm arası yoğun bitkilendirilmiş bir çatı 10-15 cm yüksekliğinde su tutma kapasitesine sahiptir. Genel olarak kente düşen yağmur suyunun % 10-15'inin yeşil çatılarda tutulması mümkündür. 10 cm toprak kalınlığı kendi üzerine düşen yağmurun % 50'sini, 20 cm toprak ise % 60'ını tutabilmektedir. Bu oran 50 cm toprak kalınlığında % 90'a varmaktadır (Ayçam, Kınalı, 2013), (Getter, Rowe, Andresen, 2007).

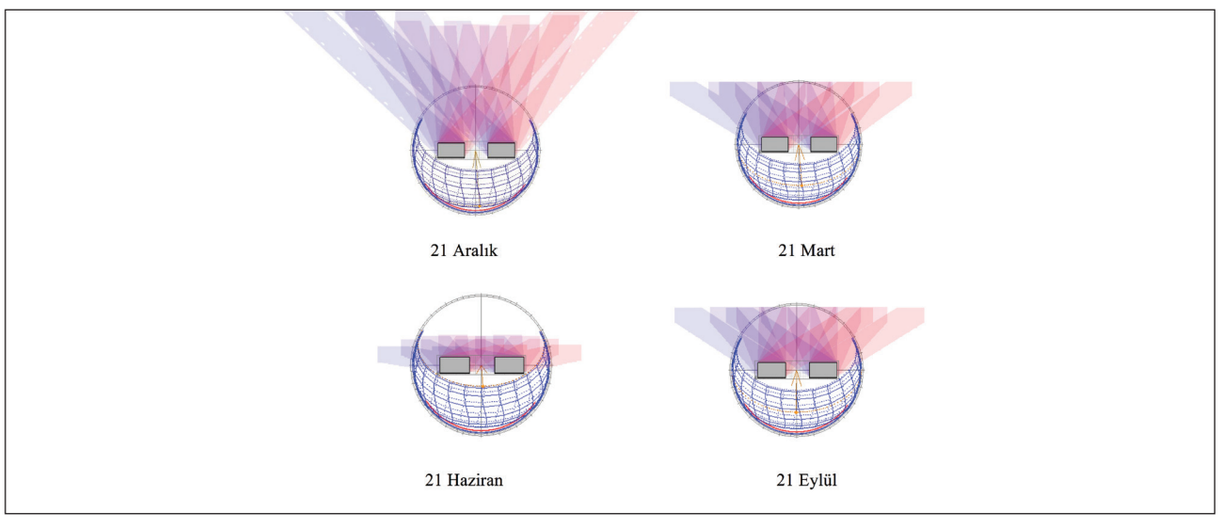
6.5 Rüzgar Perdesi ve Gölgeleme Elemanı Olarak Çalışacak Peyzaj Düzenlemelerinin Yapılması

Yerleşme ölçeğinde bina aralıkları, yükseklikleri ve binaların birbirlerine göre olan konumlarının tasarım aşamasında dikkate alınması, hacimlerde oluşan konfor koşullarında etkili olmakta ve bu açılardan uygun şekilde tasarlanan binaların insan sağlığını, görsel ve zihinsel performansını, gerçekleştirilen eylem ve işteki üretkenliğini olumlu yönde etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle kentsel ölçekte 'binalarda günışığının ve güneş ışınımının etkin kullanımı' ve 'binaların günışığı hakkının korunması' konuları önem taşımaktadır.

Türkiye'deki doğal aydınlatma tasarımı ve uygulamalarında en sık karşılaşılan problemler, yoğun yerleşme dokuları nedeniyle 'binaların günışığı performansındaki azalma' ve 'engelli dış görüş' konularıdır. Yerleşme dokusu ön tasarım aşamasında gerçekleştirilen gölge analizleri yardımı ile binaların günışığı ve güneş ışınımı potansiyeli açılarından uygun şekilde tasarlanması mümkündür. Binaların gölge analizleri gerçekleştirilirken dikkat edilmesi gereken konular, bina aralıklarının gölge derinliği açısından yeterli olması ve binaların birbirleri ve kendileri için güneş engeli oluşturmamalarıdır.

Gölge boyları, ele alınan hesap tarihi ve saatine bağlı olarak değişim göstermekte ve bu durumda ele alınan bölgenin coğrafi konumu ile binanın yönü etkili olmaktadır.

Şekil 55'te İstanbul koşullarında incelenen iki adet bina için farklı hesap tarihlerinde (21 Aralık, 21 Mart, 21 Haziran ve 21 Eylül) ve farklı saatlerde (09:00-16:00) gerçekleştirilen analizler ile elde edilen gölge konileri örnek olarak verilmiştir. Buna göre, gölge derinliğinin kuzey yönünde en fazla olduğu tarih kış koşullarını temsil eden 21 Aralık iken gölge derinliğinin en az olduğu tarih ise yaz koşullarını temsil eden 21 Haziran olarak belirlenmiştir. 21 Mart ve 21 Eylül koşullarında ise benzer boyutlarda gölge derinlikleri elde edilmiştir. İlgili gölge analizleri yardımı ile ele alınan binaların güneş ışınımı ve güneş ışığından optimum düzeyde yararlanmalarının sağlanması olanaklıdır.



Şekil 55: *İstanbul'da yer alan bir konut projesi için gerçekleştirilen gölge analizi, vaziyet planı [simülasyon: Şener Yılmaz F., 2014].*

Rüzgar perdeleri

Enerji verimli tasarıma ulaşmak için, binalar yerel iklim koşullarına uygun olmalıdır. Bulunulan yerdeki hakim rüzgar örüntülerini incelemek suretiyle tasarımcılar, doğal havalandırma stratejileri konusunda yeterli bilgiye dayalı karar verebilir, rüzgar türbinlerini uygun biçimde konumlayabilir ve kışın soğuk rüzgarlardan binayı koruyabilirler.

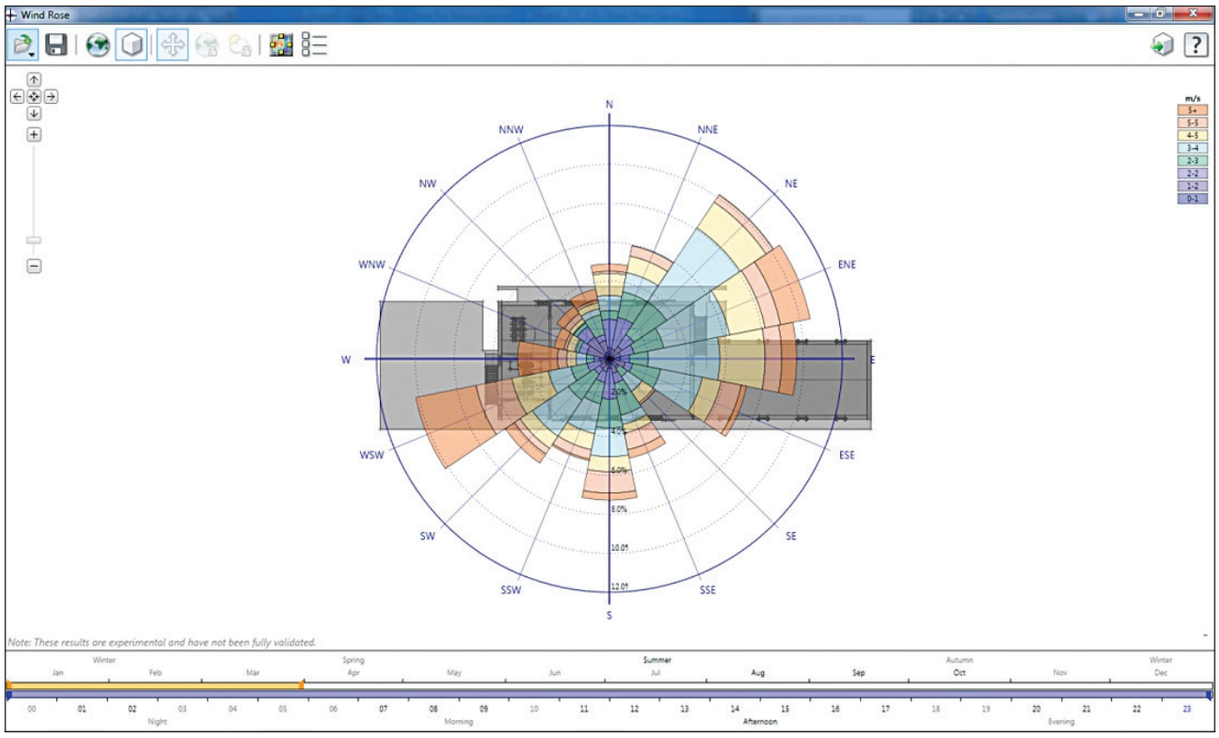
Tasarımcılar, sahada binanın yönelimini tayin etmek için tipik olarak güneşlenme grafikleri ve iklim etütleriyle birlikte rüzgar gülü diyagramlarını kullanırlar. Soğuk bir iklimde hakim kış rüzgarları güney-doğu yönünden etkili ise, tasarımcı doğal havalandırma için pencere yerleştirmeyi düşünürken bu bilgileri kullanabilir.

Yıllık Rüzgar Gülü Diyagramı (Hız Dağılımı)

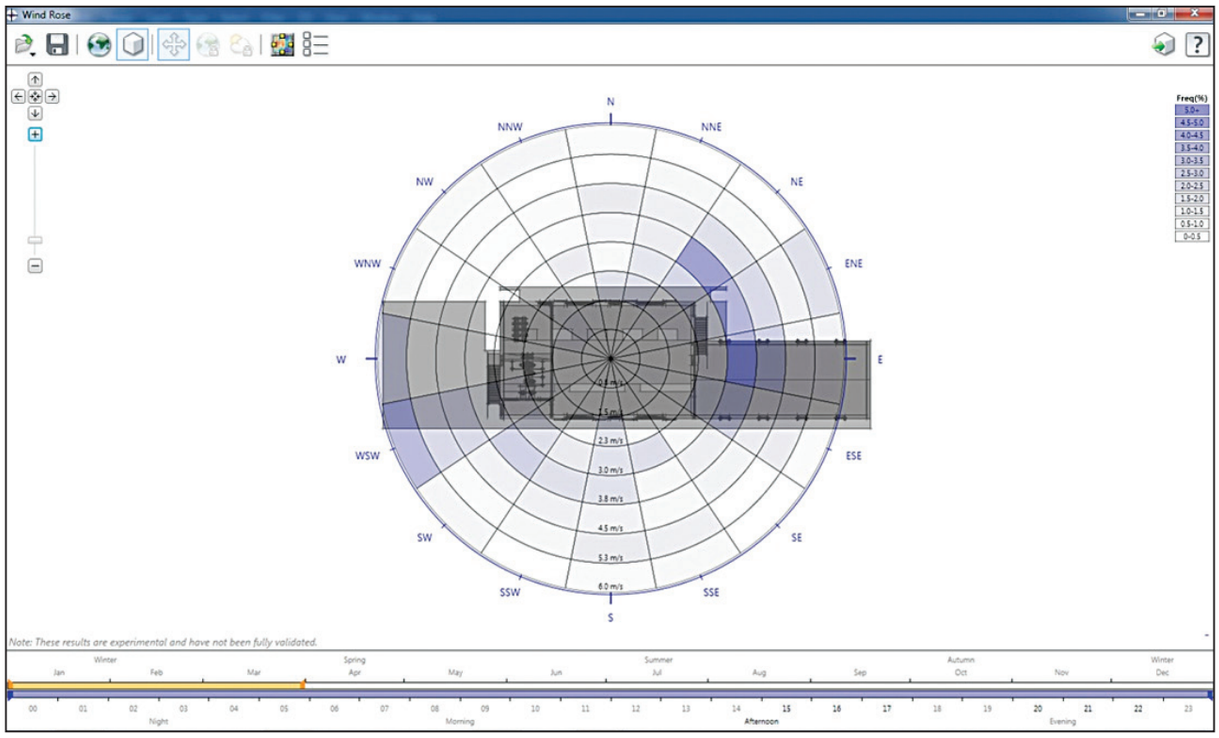
Şekil 56'te yer alan çizelgede, her yönden esen rüzgarın frekans ve hızını göstermektedir.

Radyal ölçekte dışa doğru gittiğinizde, o yönden gelen rüzgarla ilgili frekans artmaktadır. Her yöndeki uzantı, renkli olarak rüzgar hızı aralıklarına bölünmüştür. Dairedeki her uzantının radyal uzunluğu, rüzgarın o yönden esme süresinin yüzdesidir.

Yukarıdaki örnekteki hız dağılımı rüzgar gülünde (Almanya'da bir ticari bina için yıllık rüzgar gülü), KD, DKD, D ve DGD yönlerinden esen rüzgarlar en yaygın rüzgarlardır (yıllık saatlerin yaklaşık %10'u). BGB



Şekil 56: *Yıllık hız dağılımını yönlere göre gösteren rüzgar gülü diyagramı*



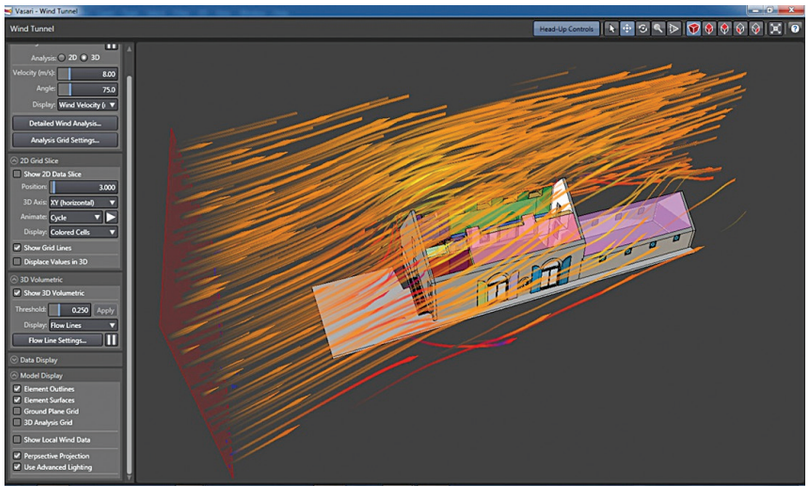
Şekil 57: *Yıllık hız dağılımını gösteren saatlik rüzgar gülü diyagramı*

yönündeki rüzgarlar ise sıklıkla 5+ m/s aralığında (turuncu) esmektedir.

Şekil 57'de yer alan rüzgar gülü, hız dağılımı rüzgar gülü ile aynı verileri göstermektedir. Tek farkı, radyal ölçeğin artık süre yüzdesi değil, rüzgar hızını göstermesidir. Ayrıca, her uzantının renkli kesimleri de rüzgar hızı yerine saatleri temsil etmektedir.

Rüzgar Tüneli

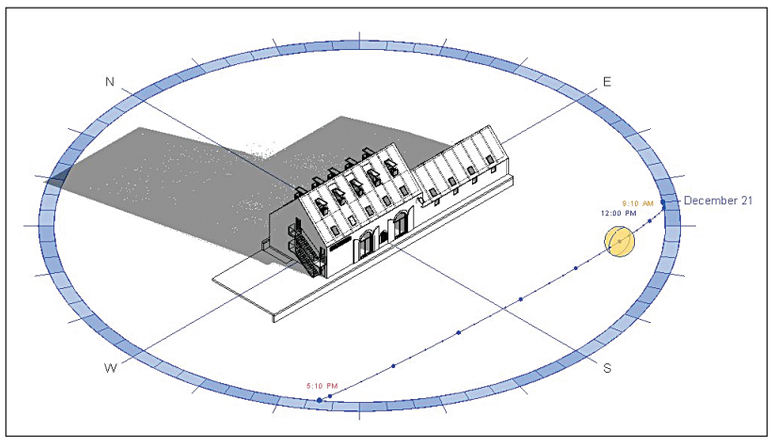
Rüzgar tüneli testleri belirli bir projede rüzgar hızı ve yönünün potansiyel etkisini analiz etmek üzere Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) simülasyonları sağlar. Rüzgar Gülü ile birlikte kullanarak, tasarımcılar, bir projenin konumu için rüzgar hızı, yönü ve bağıl frekansının etkilerini simüle edebilirler.



Şekil 58: *Rüzgar tüneli testi simülasyon örneği*

Aşağıda belirtilen incelemelerin yapılması ile, simülasyondan elde edilen veriler doğrultusunda tasarım kararları etkilenir:

1. Bir sahada rüzgar ve burgaç[9] örüntü[10]lerindeki değişimlerin etkilerinin incelenmesi
2. Tünel ve kanyon etkilerini tespit etmek üzere bina çevresindeki hava akışının simüle edilmesi
3. Rüzgarın yaya konforu ve yapılar üzerindeki basınç dağılımına etkisinin kabaca tahmin edilmesi
4. Hava akışının belirli zamanlarda sahayı nasıl etkileyebileceğine ilişkin özet görüntüler oluşturulması. Şekil 59'da binanın güneşin doğuşuna göre oluşturduğu gölge boyunu gösteren etüd gösterilmektedir.



Şekil 59: *Güneş Etüdü / Gölge Analizi örneği*

---

9 Burgaç: Rüzgar tünellerindeki deneyin yapılabilmesi için oluşturulan yapay kasırga düzeneğinin kurulma amacı, türbilans.

10 Örüntü: Olay ve nesnelerin düzenli bir biçimde birbirini takip ederek gelişmesi.
Türbilans: Beklenen hızından farklı bir biçimde ve beklenmeyen yönlerden gelen şiddetli hava akımı.

6.6 Araç Park Yeri Tasarımı Önceliklerinin Belirlenmesi

Binaya ait araç park yerlerinin tasarlanması hem 'Otopark Yönetmelik'i açısından hem de kullanıcı ihtiyaçları açısından zorunludur. Açık otopark yerlerinin kullanıcılara daha çok yeşil alan bırakacak, var olan ekosisteme zarar vermeyecek şekilde tasarlanması sağlanmalıdır. Araç park yerleri ısı adası etkisini azaltmak ve de yağmur suyunun toprağa karışmasına izin vermek adına mümkün olduğunca parçalı ve su akışına izin veren zeminlerle yapılmalıdır.

Yoğunluğun fazla olduğu bölgelerdeki otopark yerlerinde, tek araçlık park yerlerine birden fazla araç park etmeye imkân veren mobil sistemlerin geliştirilmesi ve kullanılması teşvik edilmelidir.

6.7 Yapının Fiziksel Ortamı ile Uyumu, Çevresel Sürekliliği

Yapılar sadece kendi işlevini yerine getirmek için var olmamakta, aynı zamanda içinde yer aldıkları çevrenin bir parçası haline gelmekte, bir temsiliyet değeri barındırmakta, çevrenin tamamlayıcı parçası olarak işlev görmektedir. Bütünleşik yapı tasarımı ilkeleri ile inşa edilen yapılar gerek çevresini etkileme gerekse çevresinden etkilenme biçimi ile bir bütün ve süreklilik içinde algılanır. Bu etkilenme ve etkilemeye yönelik alt başlıkların tasarım süreci içinde gözetilmesi gerekir.

- Çevresel ilişkilere yönelik süreklilik
- Yapının mimari dilinin sürekliliği
- Ölçek ve kütlesel etkinin sürekliliği
- Kentsel ulaşılabilirlik sürekliliği
- Görsel süreklilik
- Doku ile uyum
- Çevresel etki
- Yoğunluk
- Enerji
- Atık
- Ulaşım

6. Bölüm Kaynakları

Davis Langdon LLP (2009). Designing out waste: a design team guide for buildings. Oxon: WRAP

Ecofys (2009), Methodology for the free allocation of emission allowances in the EU ETS post 2012: Sector report for the mineral wool industry, http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/allocation/docs/bm_study-mineral_wool_en.pdf

EPD Türkiye (2014), Yapı malzemeleri EPD belgeleri, www.epdturkey.org

Filiatrault, A. (2014), http://mceer.buffalo.edu/research/Nonstructural_Components/

Metsims Sustainability Consulting (2014), Türkiye Yaşam Döngüsü Envanter Veri Tabanı: Yapı malzemeleri, gömülü enerji ve karbon verileri, Yayınlanmamış.

Pargana, N. G. S. C. (2012) Environmental impacts of the life cycle of thermal insulation materials of buildings, Masters Thesis, Technico Lisboa

Sürdürülebilir Üretim ArGe ve Tasarım Merkezi (2014), Türkiye EPD Veri Tabanı, EN 15804 uyumlu EPD belgeli yapı malzemeleri

The International EPD System, (February 2014). PCR for Buildings, http://environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=5950#.U2Z7o16bqao

Thormark, C. (2002). A low energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. Building and environment, 37(4), 429–435

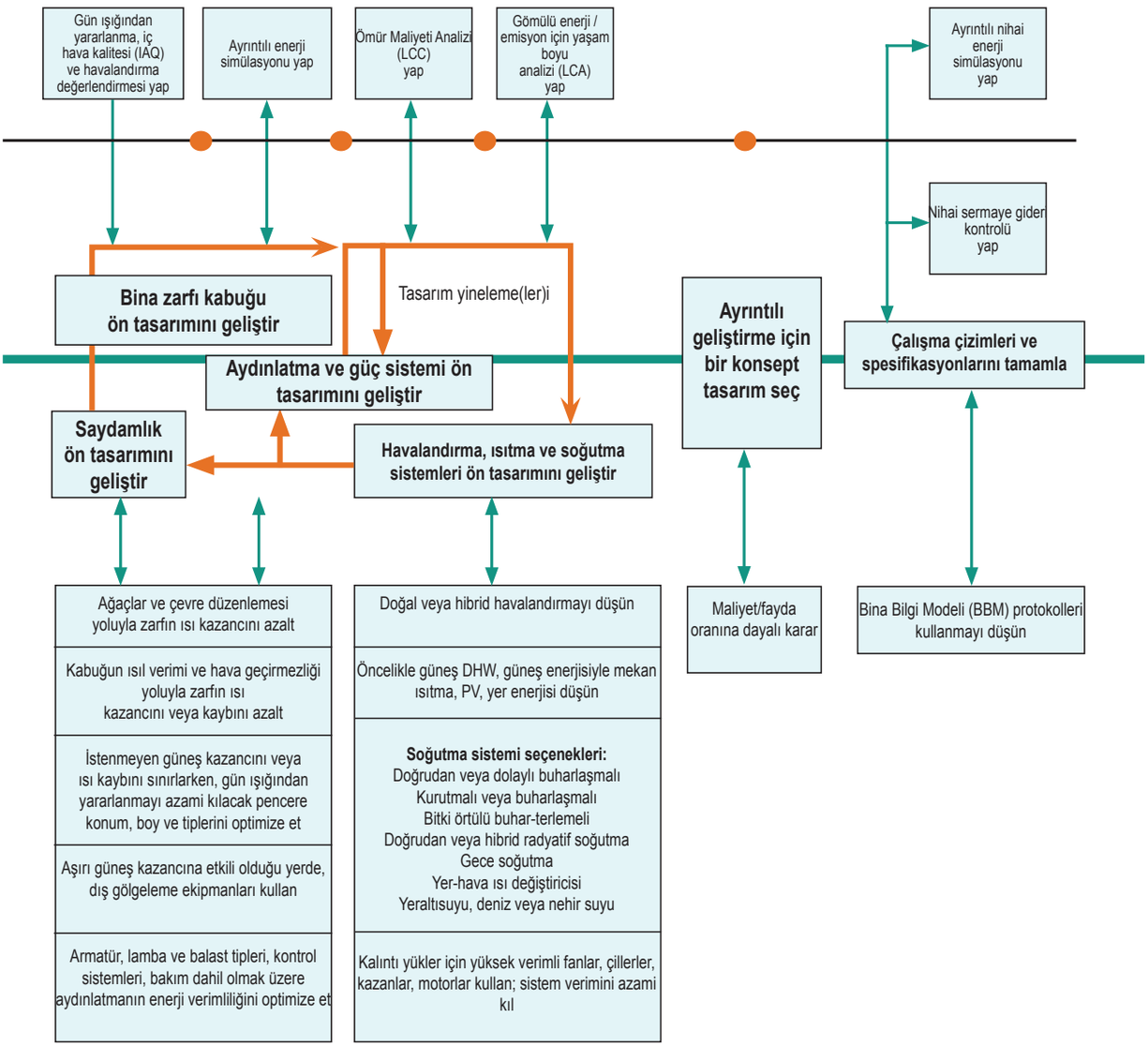
Laying of recycled aggregates: crushed concrete, 2015, http://www.maydencroft.co.uk

Enviroblock, produced from secondary and recycled materials 2015, http://www.aggregate.com

• Sosyal/Kültürel

7. DETAYLI TASARIMIN GELİŞTİRİLMESİ

Aşağıdaki şekil, sürecin bu bölümünün temel adımlarını göstermektedir.



Bu aşamadaki belirli adımlar aşağıdakileri içerir:

1. Bina Bilgi Modeli'nin (BBM) geliştirilmesi.
2. Şematik iç tasarım gereklerinin geliştirilmesi. (Alanların işlevsel gereklerinin ve ilişkilerinin; malzemelerin minimum kullanımının dikkate alınması)
3. Binanın taşıyıcı yapısı ile ilgili tasarımının geliştirilmesi. (Deprem güvenliği, işlevsel, çevresel performans, maliyet ile ilgili olarak)
   a. Deprem güvenliği ve yapısal yeterlilik konularının değerlendirilmesi.
   b. Strüktürel verimlilik ile maksimum işlevsel alanı dengelemek için kolon mesafelerinin ve çekirdeğin yerinin dikkate alınması.

c. Yapının gömülü enerjisini[11] azaltmak için önlemlerin değerlendirilmesi.
d. Isıyı yapıdan uzaklaştırmak amaçlı yapıyı ısı değitiricisi olarak kullanmak için ısıl depolama seçeneklerinin değerlendirilmesi.
e. Yapı malzemeleri ile ilgili seçeneklerin gömülü enerji ve çevresel etkisi açısından değerlendirilmesi.

4. Bina kabuk tasarımının geliştirilmesi.

a. Bina temeli, dış duvar ve çatı sistemlerinin seçilmesi.
b. Her yönelimde pencere oranının, gün ışığından yararlanma ve ısıl faydaları optimize edecek şekilde belirlenmesi.
c. Ağaçlar ve bitkilendirme yoluyla bina kabuğunun ısı kazancı veya kaybının azaltılması.
d. Bina kabuğu üzerine monte edilecek dış gölgeleme elemanlarının etkinliğinin değerlendirilmesi.
e. Açılır-kapanır pencere kullanımının değerlendirilmesi.
f. Bina kabuğunun gömülü enerjisini azaltacak önlemlerin değerlendirilmesi.
g. Çatı ve/veya duvarlar üzerinde binaya bütünleşik fotovoltaik (BIPV) kullanılmasının değerlendirilmesi.
h. Bina kabuk detaylarının ve ısıl performansının optimize edilmesi.

5. Gün ışığından yararlanma ve aydınlatma sistemi ön tasarımların geliştirilmesi.

a. Günışığından pasif tasarım ilkelerine göre yararlanılması için tasarımın geliştirilmesi.
b. Aydınlatma sistemi için ön tasarımın geliştirilmesi.
c. Ön aydınlatma kontrol sistemi geliştirilmesi.

6. Güç sistemi için ön tasarımların geliştirilmesi.

a. İnşa edilmesi planlanan binanın hangi amaçla kullanılacağına yönelik tahmin ve öngörü yapılarak kiracı ve kullanıcılara ait ekipman için güç gereklerinin tasarlanması.
b. Dikey veya yatay taşıma sistemlerinin enerji verimliliğinin optimize edilmesi.
c. Pik elektrik talebini azaltacak stratejilerin geliştirilmesi.

7. Havalandırma, ısıtma ve soğutma sistem tasarımlarının geliştirilmesi

a. Doğal veya hibrit havalandırma sistemi için ön tasarımın geliştirilmesi.
b. Bina büyüklük ve karmaşıklığını karşılayacak şekilde bilgisayar destekli, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) modellemesi yapılması.
c. Mekanik ısıtma ve soğutma ihtiyacı için, enerji kaynakları olarak öncelikle yerinde yenilenebilir enerji seçeneklerin değerlendirilmesi.
d. Kalan mekanik ısıtma ve soğutma ihtiyaçları için, yüksek verimli fosil yakıt temelli sistemlerin değerlendirilmesi.
e. Mekan ısıtma sistemi için ön tasarımın geliştirilmesi.
f. Mekan soğutma sistemi için ön tasarımın geliştirilmesi.
g. Mümkün olduğu hallerde serbest soğutma (gece tahliyesi) kullanımının değerlendirilmesi.

Gece tahliyesi, gündüz ile gece sıcaklıkları arasındaki farkın 10 ºC'yi aştığı, boyutça büyük yapı malzemelerinin ve büyük alanların olduğu hallerde, mekanik soğutma ihtiyaçlarını azaltmada faydalı bir yöntemdir.

h. Toprak veya su kaynaklı ısıl depolama seçeneklerinin değerlendirilmesi

[11] Gömülü enerji: Bir ürünün yaşam döngüsünün belirli bir noktasındaki enerjiye ek olarak üretim ve taşıma için harcanan tüm enerji miktarıdır. Bu enerji miktarında yapı malzemesi üretimine katılan enerji, malzeme dağıtımında tüketilen enerji, yapım sırasında harcanan enerji, yapının yıkılması ve imhası için gereken enerjinin toplamıdır.

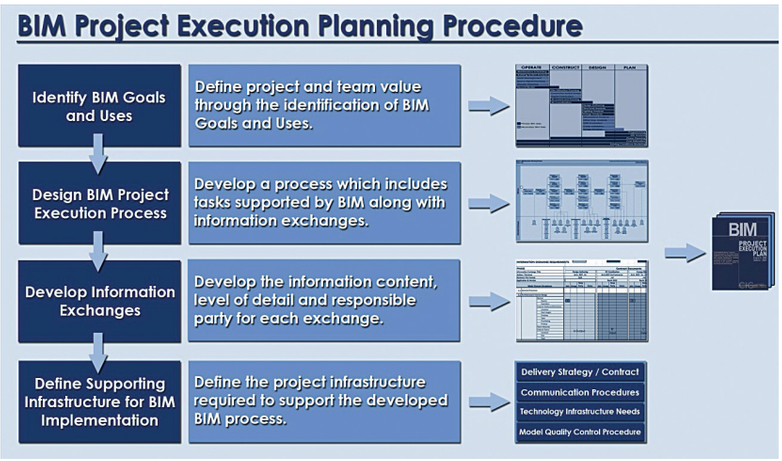
i. Soğutma sistemleri için ön tasarımının geliştirilmesi
j. Havalandırma, ısıtma ve soğutma sistemleri için merkezi sistem ön tasarımının geliştirilmesi.
k. Havalandırma, ısıtma ve soğutma sistemleri için ön tasarımının geliştirilmesi
l. Havalandırma, ısıtma ve soğutma sistemleri için kontrol sistemleri için ön tasarımın geliştirilmesi.

8. Bina Yönetim Sistemi (BYS) için spesifikasyonların geliştirilmesi (Spesifikasyonlar, girdi veya izleme için kullanılan birtakım noktalar hakkında verilen kararları içermektedir)
9. Ayrıntılı enerji simülasyonlarının yapılması
10. Enerji ile kısmen ve tamamen ilgisiz olan tasarım seçeneklerine karar verilmesi (Kullanılacak özgül teknik sistemler ve iç yerleşim düzenleri hakkında nihai kararlar)
11. Yapısal olmayan malzemelerin seçilmesi (işlevsel, çevresel performans ve sökülme, yeniden kullanım veya geri dönüştürme potansiyeli esasıyla seçilmesi)
12. İnşaat dokümantasyonunun tamamlanması (çizimler ve binanın yapımına yönelik izlenmesi için kullanılacak bilgi envanteri)

7.1 Bina Bilgi Modellemesinin Geliştirilmesi

BBM kullanımlarının uygulamada hayata geçirilmesi için gerekli prosedür ve içerdiği adımların proje takımı tarafından projenin başında anlaşılması ve ortak bir karara bağlanması projenin başarısı için çok önemlidir. Bunun sağlanması ise uygulama planlama kılavuzları ve BBM proje uygulama planlarının oluşturulabilmesine bağlıdır ve ayrıca bu tür kılavuz ve uygulama planlarının BBM'nin Türk inşaat sektöründe adaptasyonunu kolaylaştıracağı öngörülmektedir.

Pensilvanya Devlet Üniversitesi tarafından hazırlanan BBM proje uygulaması planlama kılavuzunda planlama prosedürü BBM hedeflerinin ve kullanım alanlarının belirlenmesi ile başlar (Şekil 60). Daha sonra BBM kullanımı ile desteklenecek işleri ve takım arasında alış verişi gerçekleştirilecek bilgiyi içeren bir süreç tasarlanıp ortaya koyulur. Bunu müteakip gerekli olan ve paylaşılacak bilginin içeriği, detay seviyesi ve her bilgi alış verisi için sorumluklar belirlenir. Planlamanın son aşaması ise geliştirilen BBM sürecini desteklemek için gerekli proje altyapısı tamamlanır. Bu aşama proje teslim stratejisinin ve kontratının tanımlanmasını, takım arası iletişim prosedürlerinin belirlenmesini, gerekli teknoloji altyapısının tanımlanmasını ve model kalite kontrol prosedürlerinin belirlenmesini içerir.



Şekil 60: *Pensilvanya Devlet Üniversitesi tarafından geliştirilen BBM proje uygulaması planlama prosedürü. (Kaynak: PSU, 2010).*

Pensilvanya Devlet Üniversitesi tarafından geliştirilen BBM proje uygulama planlama kılavuzu (http://bim.psu.edu/, 2 Mayıs 2014 de erişildi), BBM proje uygulama planı oluşturma ve uygulama için kullanılabilecek düzenli bir prosedür sağlar. Bu prosedür de anlatılan dört adım aşağıdaki gibidir:

1. Değişik proje aşamaları boyunca önemli BBM kullanımlarının belirlenmesi,
2. BBM uygulama surecinin, oluşturulan süreç haritaları ile tasarlanması,
3. Üretilen BBM çıktılarının bilgi alışverişi şeklinde tanımlanması,
4. Uygulamayı destekleyecek altyapının kontratlar, iletişim prosedürleri, teknoloji ve kalite kontrol şeklinde geliştirilmesi.

Amerikan Ordusu Mühendisler Birliği (US Army Corps of Engineers (USACE)) tarafından hazırlanan Minumum Modelleme Matrisi (Şekil 61), değişik proje aşamaları için hazırlanan modellerdeki elemanların ne seviyede modelleneceğinin, kimin bu işlemden sorumlu olduğunun anlaşılmasında kullanılır. Görüldüğü gibi sorumlulukların ve hangi aşamada hangi bilginin paylaşılacağının projenin başında belirlenmesi gerekir.

Asgari Modelleme Matrisi

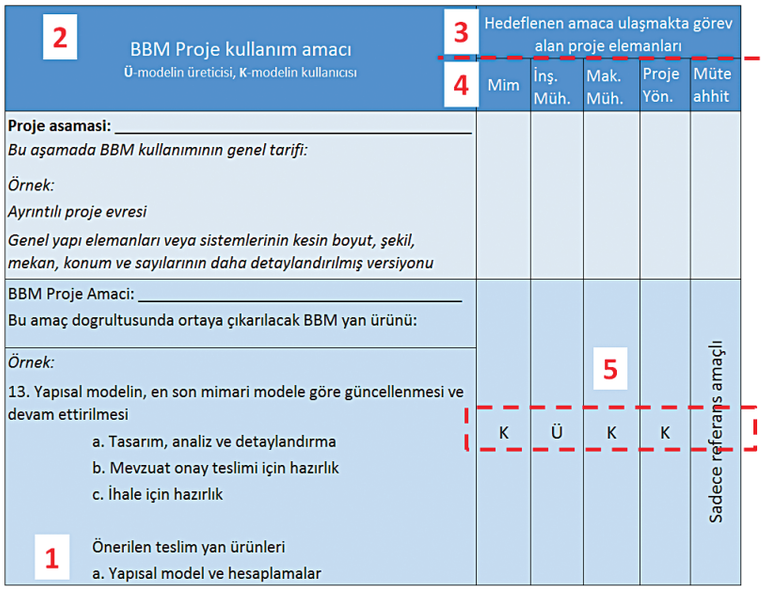
							TASARIM MODELİ UYGULAMA DÖKÜMANLARI	PROJE TESLİM MODELİ		
		Bilgi alışverişinde kolaylık sağlamak için kullanılan yapı elemanı kodlama türleri			Yapı yada inşaat alanına dahil mi? (eğer proje kapsamında değil ise "Hayır" ı seçiniz)	Model gelişim seviyesi	(Farklı proje aşamalarında hazırlanan modeller)		Ana sorumlu danışman (bu alan proje takımının uzmana ozel model içeriğini belirlemesine imkan tanır)	Notlar
Level	Element ID	OmniClass ID	UniFormat ID	MasterFormat ID		LOD	GRADE (CD)	GRADE (AB)		
Level 4	Rampalar	21-02 10 10 50	B1010.50		Evet	300	A	A+	İnşaat Mühendisi	
Level 4	Döseme İnşaatını Destekleyici Öğeler	21-02 10 10 90	B1010.90		Evet	200	C	C+	Mimar, İnşaat Mühendisi	
Level 3	Çatı İnşası	21-02 10 20	B1020		Evet	•	•	•	Mimar, İnşaat Mühendisi	
Level 4	Çatı Taşıyıcı İskeleti	21-02 10 20 10	B1020.10		Evet	300	A	A+	İnşaat Mühendisi	
Level 4	Teras döşemeleri, tablalar ve kaplama	21-02 10 20 20	B1020.20		Evet	300	A	A+	Mimar, İnşaat Mühendisi	
Level 4	Sacak İnşası	21-02 10 20 30	B1020.30		Evet	300	A	A+	Mimar, İnşaat Mühendisi	
Level 4	Çatı İnşaatını Desteleyici Öğeler	21-02 10 20 90	B1020.90		Evet	200	C	C+	Mimar, İnşaat Mühendisi	
Level 3	Merdivenler	21-02 10 80	B1080		Evet	•	•	•	Mimar	
Level 4	Merdiven İnşası	21-02 10 80 10	B1080.10		Evet	300	A	A+	Mimar, İnşaat Mühendisi	

Şekil 61: *Amerikan Ordusu Mühendisler Birliği tarafından hazırlanan Minumum Modelleme Matrisi*

Singapur BBM Kılavuzu'nda yer alan BBM amaç ve sorumluluk matrisi (Şekil 62), BBM proje amacına (2) ulaşmak için gerekli ana BBM yan ürünlerini (1) belirler. BBM proje amacı, aynı zamanda BBM'in projenin belirli bir aşamasındaki kullanımı anlamına da gelir. Hangi proje elemanının (3) hangi amacın gerçekleşmesinde yer alacağı gösterilir. Tablodaki sütunlar (4), projenin BBM surecinde yer alan kullanıcıların çeşitliliği ve sayısına göre arttırılabilir ya da azaltılabilir. Matrisi tanımlamadaki son basamak ise seçilen proje elemanlarının model üreticisi-(Ü) mi? yoksa model kullanıcısı-(K) mı? olduğunu belirtmektir (5).

Singapur BBM Kılavuzu'nda BBM sürecinde proje aşamalarında çeşitli takım üyelerinin sorumlulukları, belirli bir kontrat türü kapsamında, kısaca aşağıdaki tabloda gösterildiği şekilde örneklendirilmiştir.

Günümüzde henüz BBM için kullanılan ve her uygulamayı içeren tek bir BBM yazılımı bulunmamaktadır. Bunun yerine birlikte çalışabilirliğe, birbirleri ile uyumlu bilginin üretimine, geliştirilmesine imkân sağlayan yazılım paketleri bulunmaktadır. BuildingSMART açık format kullanımlı BBM uygulamasını destekleyen tarafsız, uluslararası, kar amacı gütmeyen bir kuruluştur. Konusunda lider kuruluşlardan BuildingSMART'ın oluşturduğu iki internet sayfası BBM uygulamaları listesi için referans olarak verilecektir. Örnek olarak seçilen iki internet sayfalarındaki yazılım listeleri sadece piyasada kullanılan program çeşitliliğini ve bu program-



Şekil 62: *BBM amaç ve sorumluluk matrisi*
(Kaynak; Singapur BBM Kılavuzu'ndan Türkçe'ye çevrilmiştir)

Tablo 17: Örnek BBM proje birlikte çalışma haritası (Singapur BBM Kılavuzu'ndan uyarlanmıştır)

	İş Sahibi	Mimar	Mühendisler	Müteahhit Firma
Kavramsal Tasarım Evresi	Form, fonksiyon, maliyet ve takvim ile ilgili şartlarin belirtilmesi	Ana tasarim özelliklerini belirleyen modele kütle ve yerlesim yeri faktörleri göz önünde bulundurularak başlanması	Bina performans hedefleri ve gereksinimleri hakkında geribildirim sağlanması	Bina maliyeti, planlaması ve inşa edilebilirlik konularında geribildirim sağlanması
Şematik/ Taslak Tasarım Evresi	Tasarımın gözden geçirilmesi ve tasarım şartlarının daha belirgin hale getirilmesi	Tasarım modelinin isveren, mühendisler ve müteahhit firmadan gelen girdilerle daha fazla geliştirilmesi	Sematik model, analiz ve sistem yenilemelerinin tasarım modelinin gelişimine paralel olarak geliştirilmesi	Tasarım degerlendirilmesi ve maliyet, planlama ve insa edilebilirlik konularında geri bildirimin sürdürülmesi
Ayrıntılı Proje Evresi	Tasarım gözden geçirilmesi. Proje tasarım ve ölçütlerinin son onayı	Tasarımın gelistirilmesinin devamı. Diger mimari modelin mühendislik modelleri ile biraraya getirilmesi ve model koordinasyonunun gerçekleştirilmesi. Tasarım modeli, ihale dokümanları ve şartnamelerin, yapı mevzuat uyumunun tamamlanması.	Uzmanlık alanına ait tasarım modeli ve analizlerinin oluşturulması. Uzmanlık alanına ait tasarım modeli, ihale dokümanları ve sartnamelerin, yapı mevzuat uyumunun tamamlanması.	İnşaat modelinin simulasyon, koordinasyon, maliyet hesabı ve planlama kullanımı amaclı oluşturulması. İnşaat modelinin geliştirilmesi ve nihai maliyet hesabı ve inşaat takviminin oluşturulması. Ihale sürecinin yönetimi.
İnşaat Evresi	İnşaatın denetlenmesi ve değişiklikler ve sorunlara dair tavsiyelerde bulunulması	İnşaat sırasındaki bilgi istemlerine cevap verilmesi. Sözleşme yonetimi, tasarım modelinin değişikliklere göre güncelleştirilmesi	İnşaat sırasındaki bilgi istemlerine cevap verilmesi ve uzmanlık alanina ait tasarım modellerinin güncelleştirilmesi, saha koşulları, işletmeye alma	Altyüklenici ve mal sağlayan firmalarla inşaat sürecinin yönetimi, tasarım modeline göre değişiklikleri gereken taraflara bildirim
İnşa Edilmiş Hali Yansıtan Uygulama Projesi		İnşa edilmiş hali yansıtan uygulama projesinin onaylanması	İnşa edilmis hali yansıtan uygulama projesinin onaylanması	İnşa edilmis hali yansıtan uygulama projesinin hazırlanması
Tesis Yönetimi Evresi	Mimar ve yapı yönetim gurupları ile yapının teslimi için beraber çalışılması	Yapı yönetim gurubuna bilgi aktarımının koordine edilmesi	Proje teslim dokümanlarının hazırlanması	

ların kullanım amacına göre çeşitliliğini göstermek amacı ile kullanılmıştır. Bu listeler dahi BBM uygulama sürecinde kullanılabilecek bütün yazılımları kapsamamaktadır.

1. http://www.buildingsmart-tech.org/implementation/implementations: Bu internet sayfası BuildingSmart tarafından belirlenmiş, IFC (Bina ve inşaat endüstrisi verilerini tanımlamak üzere kullanılan veri modeli) uyumlu uygulamalar veri tabanındaki programları içermektedir.
2. http://www.buildingsmart.org/certification/currently-certified-software-products: ise BuildingSmart tarafından sertifikalandırılmış uygulama yazılımlarını içermektedir.

Tablo 18, mimari, makina ve inşaat projelerinin hazırlandığı BBM programlarını, mekanik sistemleri üreten, yangından koruma projelerini hazırlayan firmalar tarafından kullanılan programları üretici firma ve internet sayfaları ile beraber göstermektedir. Bu listeler piyasadaki bütün uygulamaları kapsamamakla beraber, ürün çeşitliliğini göstermek amaçlı kullanılmıştır. Tablo 18'de BIMForum tarafından oluşturulan BBM uygulamaları listesinde on sekiz modelleme uygulaması, sadece BBM analiz programları listesinde ise on iki değişik program listelenmiştir.

Mimari ve mühendislik proje yüklenicileri için BBM'nin uygulama projelerinin hazırlandığı ana taban olması, sürecin daha etkin yürütülmesi bakımından faydalı olacaktır. BBM uygulanan bir projede tasarımların esas olarak hala iki boyutlu Autocad tarzı uygulamalarda oluşturulması ve bu çizimlerin yanında ek olarak BBM yazılımlarında modellerin oluşturulması her koşul için verimli bir yaklaşım değildir. Tasarım doküman-

Tablo 18: BBM modelleme program örnekleri listesi (Kaynak: www.bimforum.org, 9 Eylül 2014 de erişildi)

BBM Modelleme Programları		
PRORAM ADI	**FİRMA**	**İNTERNET ADRESİ**
Revit	Autodesk	www.autodesk.com
Bentley BIM Suite	Bentley Systems	www.bentley.com
Digital Project	Gehry Technologies	www.gehrytechnologies.com
ArchiCAD	Graphisoft	www.graphisoft.com
Vectorworks	Nemetschek	www.nemetschek.net
Fastrak	CSC (UK)	www.cscworld.com
SDS/2	Design Data	www.dsndata.com
RISA	RISA Technologies	www.risatech.com
Tekla Structures	Tekla	www.tekla.com
Cadpipe HVAC	AEC Design Group	www.cadpipe.com
MEP Modeler	Graphisoft	www.graphisoft.com
Fabrication for ACADMEP	East Coast CAD/CAM	www.eccadcam.com
CAD-Duct	Micro Application Packages Ltd.	www.cadduct.com
DuctDesigner 3D,PipeDesigner 3D	QuickPenInternational	www.quickpen.com
Trimble® **Design Link**	Trimble	www.quickpen.com
HydraCAD	Hydratec	www.hydratec.com
AutoSPRINK VR	M.E.P. CAD	www.autosprink.com
FireCad	Mc4 Software	www.mc4software.com

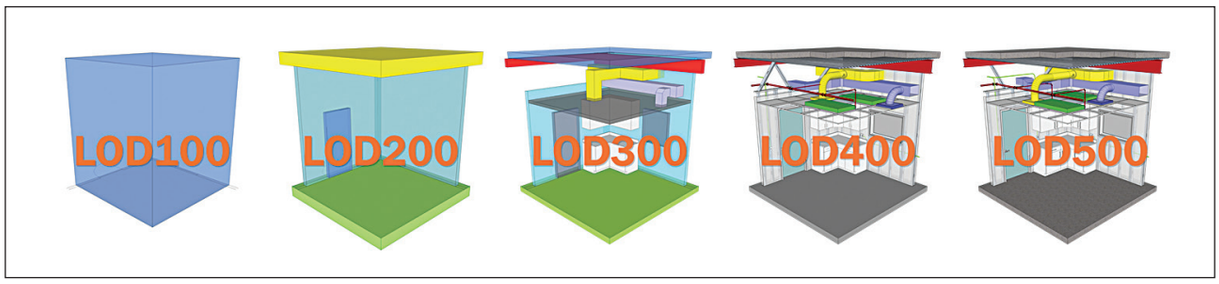
Tablo 19: BBM analiz program örnekleri listesi (Kaynak: www.bimforum.org, 9 Eylül 2014 de erişildi)

BBM Analiz Programları				
PROGRAM ADI	FİRMA	BBM KULLANIMI	FONKSİYONU	İNTERNET ADRESİ
Green Building Studio	Autodesk	Enerji analizi	Enerji kullanımı ve karbon ayakizi ölçümü	www.autodesk.com
Ecotect	Autodesk	Enerji analizi	Hava, enerji, su, karbon emisyon analizi H	www.autodesk.com
Building Performance-(Bentley Hevacomp, Bentley Tas)	Bentley Systems	Bina performansı	Bina performansı ölçümü, değerlendirilmesi ve raporlanması	www.bentley.com
VE-Pro	Integrated Environmental Solutions (IES)	Enerji & çevresel analiz	Birçok alanda enerji analizi ve simulasyonunun bütün açılardan değerlendirilmesi	www.iesve.com
Energy Plus	U.S. Department of Energy & LBNL	Enerji analizi	Enerji benzetimi	www.apps1.eere.energy.gov
DOE2	Lawrence Berkeley National Lab (LBNL)	Enerji analizi	Enerji benzetimi	www.doe2.com
FloVent	Mentor Graphics	Hava akımı/CFD	Çevresel benzetim ve analiz	www.mentor.com
Fluent	Ansys	Hava akımı/CFD	Çevresel benzetim ve analiz	www.ansys.com
Acoustical Room	ODEON	Akustik analizi	Akustik benzetim ve analiz	www.odeon.dk
Apache HVAC	IES	MEP analizi	HVAC tesis benzetimi	www.iesve.com
Carrier E20-II	Carrier	MEP analizi	HVAC sistem analizi	www.commercial.carrier.com
TRNSYS	Solar Energy Lab/U of Wisconsin & U of Colorado	Isıl enerji analizi	Isıl enerji sistemlerinin performans benzetimi	www.trnsys.com

tasyonu direkt olarak BBM yazılımlarından elde edilebileceği gibi, BBM yapılan herhangi bir değişikliğin bütün paftalara otomatik olarak yansıtılmasını sağlayarak paftalar arası tutarlılığı arttırıp, hataları azaltma potansiyelini de bulundurur. Hedeflenen BBM kullanımları için proje takımının kendi modellerini geliştirmesi, bilgi akışının sağlanmasına ve tasarımların koordinasyonunun dijital ortamda daha verimli yapılmasına olanak sağlayacaktır.

Hazırlanan modellerin gelişim seviyesi (bazı kaynaklarda model detay seviyesi olarak da kullanılmaktadır) proje başında verilen kararlar, modellerin kullanım amaçları ve proje aşamasına göre değişiklik gösterecektir. Değişik şekilde tanımlanabilen model gelişim seviyeleri 'BIMForum' (http://bimforum.org/lod/) tarafından aşağıdaki şekilde LOD100, LOD200, LOD300, LOD350 ve LOD400 olarak tanımlanmıştır. Model tasarı geometriden, yaklaşık geometri, kesin geometri, fabrikasyon detayı ve inşa edilen ürünün replikasyonu türünde bir gelişim göstermektedir. Amerikan Ordusu Mühendisler Birliği (US Army Corps of Engineers (USACE)) ise model elemanları için kullanılan üç seviyeli bir model gelişim ölçüsü tanımlamıştır. LOD100'de model elemanlarının alan, yükseklik, hacim, yönelim gibi özellikleri üçüncü boyutta belirtilir ya da diğer verilerle temsil edilir. LOD200'de model elemanları, genel sistemler ve aksamları şeklinde, yaklaşık miktar, boyut, şekil, konum ve yönelim bilgileriyle modellenir. LOD300'de model elemanları tanımlanmış aksamlar olarak ve kesin ve doğru miktar, boyut, şekil, konum ve yönelim bilgileri ile modellenir. Model elemanlarına geometrik olmayan bilgiler de eklenebilir. Bu seviyedeki modellemenin doğruluğu ölçülendirilmiş ya da kontrat

dokümanlarında belirlenmiş değerlerle eştir. Şekil 63'te DPR Construction'ın tanımladığı gelişim sevilerini gösteren oda ölçeğindeki örnek aşağıda gösterilmektedir .



Şekil 63: *Model gelişim seviyesi proje aşaması ve karar verilen BBM uygulaması ihtiyaçlarına göre değişiklik gösterir. (Kaynak; DPR Construction)*

Her proje aşaması için tasarım takımından beklenilen model gelişim seviyelerinin, hedeflenen BBM uygulamaları doğrultusunda proje başında belirlenmesi uygun bir yaklaşımdır. Böylece proje takımında her birim bir yandan kendi modelini geliştirir ve BBM'nin getirdiği analiz kolaylıklarını kullanırken, birimlerin oluşturduğu gurup içinde de yine BBM uygulamalarının kullanımı ile tasarımların koordinasyonuna imkân oluşacaktır. Geliştirilen modeller belirlenen sıklıkla gerçekleştirilecek koordinasyon toplantılarında birleştirilerek değişik uygulamalarda kullanılmak üzere koordine edilir ve daha sorunsuz, kaynakların daha verimli kullanılacağı bir inşaat süreci hedeflenir. Proje doküman ve çizimlerinin belirlenen aralıkla internet üzerinden erişilebilen ortak dosya yönetim sistemlerince paylaşılması proje grupları tarafından genel olarak kabul gören bir yaklaşımdır. Böylece tasarım takımı diğer üyelerin ürettiği güncel bilgilere daha kolay erişme imkânı bulur.

7.2 Bina Taşıyıcı Sistem Tasarımı

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, deprem sırasında yapıya etki eden deprem enerjisinin; taşıyıcı sistemde meydana gelecek yer değiştirmeler ve kontrollü hasar mekanizmaları ile tüketmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla, 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 bulunması istenmektedir. Bu amaçla, binaya aktarılan deprem enerjisinin önemli bir bölümünün, taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için, planda ve düşeyde düzensiz yapı tasarımından ve yapımından kaçınılması ve deprem yönetmeliğinde tanımlanan diğer yapı tasarım kurallarına uyulması gerekmektedir.

2007 yılında 26511 sayılı resmi gazetede yayınlanan "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik"e uygun olarak tasarlanmış depreme dayanıklı bir yapının;

- Hafif şiddetli depremlerde; yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi,
- Orta şiddetli depremlerde; yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilir düzeyde kalması ve
- Şiddetli depremlerde; can güvenliğini sağlamak amacıyla binalarda kalıcı yapısal oluşumunun sınırlandırılması ve binada ani göçmenin olmaması

istenmektedir. Bu amaçla, yönetmelikte esas alınan tasarım depremi, şiddetli depreme karşı gelen deprem olarak tariflenmektedir.

Yapılacak binanın depreme dayanıklı olabilmesi için mümkün olduğu kadar deprem yönetmeliğinde tanımlanan düzensizlik durumları oluşmayacak şekilde düzenli yapı taşıyıcı sistemi oluşturulması gerekmektedir. Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan planda ve düşeyde düzensizlik durumları aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

Burulma Düzensizliği

Yapılarda burulma düzensizliği, özellikle simetrik olmayan yapılarda sıkça karşılaşılan bir düzensizlik türüdür. Eşdeğer deprem kuvvetlerinin yapının kütlesinden kaynaklanan atalet kuvvetleri nedeniyle oluştuğu bilinmektedir. Bu nedenle, rijit diyafram bir kat döşeme sistemine sahip yapılarda eşdeğer deprem kuvvetlerinin katın kütle (veya ağırlık) merkezine etki edeceği kabul edilir. Yapı deprem kuvvetlerine, taşıyıcı sistem elemanlarının rijitlikleri ile karşı koymaya çalışacaktır. Taşıyıcı sistem elemanlarının rijitliklerinin varsayımsal olarak bileşkesinin oluştuğu kabul edilen nokta rijitlik merkezi olarak tanımlanır. Her iki eksende simetriye sahip bir yapıda teorik olarak ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi çakışık olacaktır. Bu durumda yapı deprem sırasında sadece yatay öteleme hareketi yapacaktır. Taşıyıcı sistemin simetrik olmadığı durumda ise yapıya ağırlık merkezinden etki edecek eşdeğer deprem kuvvetleri yapıyı yanal ötelemenin yanında kat rijitlik merkezi etrafında döndürmeye çalışacaktır.

Döşeme Süreksizlikleri

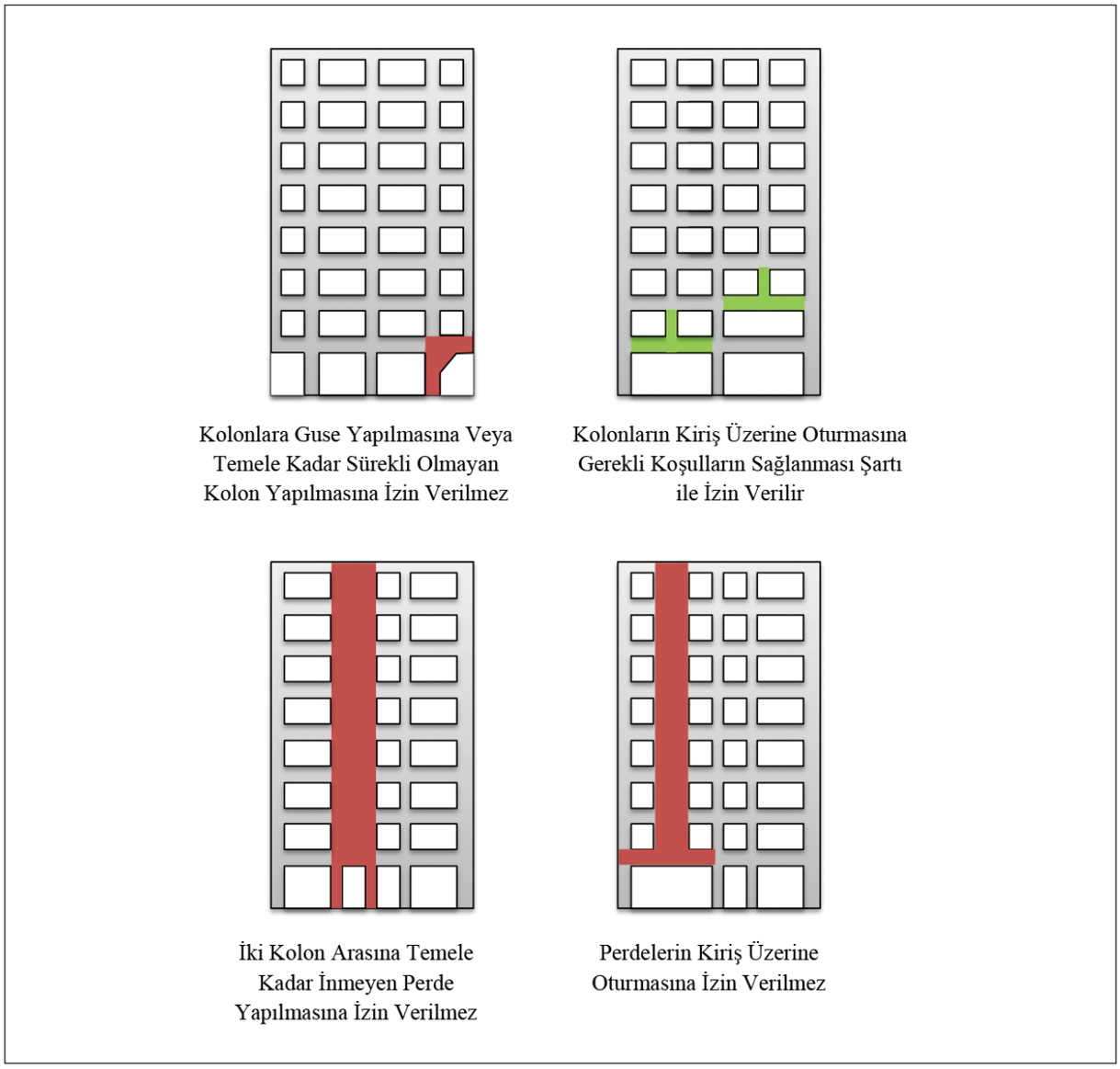
Bina katlarında büyük boşluklar veya düzlemsel süreksizliklerin bulunması diğer önemli bir düzensizlik türünü oluşturmaktadır. Genellikle yapılarda kat döşemeleri sürekli olarak bulunur. Bu süreklilik deprem yüklerinin kat düzleminde taşıyıcı sistem elemanlarına sürekli olarak aktarılmasını sağlar. Ancak, kat planlarında asma kat gibi özel durumlarda kat döşemelerinde büyük boşluklar oluşabilir. Bu durumda kat rijit diyafram davranışını kaybedecek ve deprem yüklerinin düzlem içinde sürekli aktarılmasında sorunlar oluşacaktır. Rijit diyafram kabulü ile yapılan hesaplar bu durumda geçerliliğini yitirir.

Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

İdeal bir yapıda, üst yapı yüklerinin yatay taşıyıcı sistem elemanlarından düşey taşıyıcı elemanlara, oradan temelden zemine aktarılması amaçlanır. Ancak bazı durumlarda bu şartın sağlanmasında zorluklar olmaktadır. Özellikle düşey taşıyıcı sistem elemanlarının süreksiz yapılmak zorunda olması deprem sırasında önemli olumsuzlukları beraberinde getirir.

Düşey taşıyıcı sistemde süreksizlik olmasını engellemek üzere deprem yönetmeliğinde bu durum bir düzensizlik olarak tanımlanmış ve çoğu durum için böyle bir düzensizliğin oluşması yasaklanmıştır.

Şekil 64'de gösterilen düşeyde düzensizlik durumlarından kolona guse yapılması, iki kolon arasındaki perdelerin temele kadar sürekli olmaması ve perdelerin kirişe oturtulması durumları kesin olarak yasaklanmıştır.



Şekil 64: *Deprem yönetmeliğinde düşeyde düzensizlik durumları*

7.2.1 Bina Deprem Güvenliği ve Yapı Sisteminin Yeterliliği

Türkiye'de meydana gelen doğal afetler incelendiğinde, can ve mal kayıpları açısından en önemli doğal afetin depremler olduğu görülmektedir. Dünyadaki en önemli deprem kuşaklarından birisi üzerinde yer alan Türkiye'nin tarihinin her döneminde yıkıcı depremler meydana geldiği bilinmektedir. Özellikle yakın geçmişte meydana gelen 1992 Erzincan, 1999 Kocaeli ve Düzce depremleri, 2003 Bingöl, 2011 Van depremleri gibi büyük depremlerde binalarda oluşan hasar ve göçmelere bağlı olarak önemli can, mal ve sosyal kayıplar meydana gelmiştir.

Binalarda meydana gelen hasar ve göçmelerin nedenleri incelendiğinde benzer yapım ve projelendirmeden kaynaklanan benzer hataların yapıldığı belirlenmiştir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında bina taşıyıcı sistemi belirlenirken söz konusu bu hatalardan kaçınılması deprem güvenliği olan yapı üretiminin en önemli aşamasını oluşturmaktadır. Geçmişteki depremlerde binalarda meydana gelen hasar ve göçmelerin ana sebepleri aşağıda açıklanmıştır.

Zemin katlarda yumuşak kat oluşumu

Geçmiş depremlerde binalarda hasar veya göçmelerin meydana gelmesinin en önemli sebeplerinden biri binaların zemin katlarının genellikle işyeri olarak kullanılmasından dolayı bu katlarda duvarların olmaması veya zemin kat kolonlarının diğer katlardan yüksek yapılması nedeniyle zemin kat rijitliğinin diğer katlardan düşük olmasına bağlı yumuşak kat oluşumu olarak görülmektedir. Şekil 65'de görüldüğü üzere, genellikle zemin katta oluşan yumuşak kat durumunda, deprem sırasında bu katın düşük yanal rijitliğe sahip olması sebebiyle büyük yatay yer değiştirmeler meydana gelmekte, buna bağlı olarak kattaki kolon ve perdelerde meydana gelen şekil değiştirmeler elemanların eğilme ve kesme kapasitelerinden fazla olduğundan kat kolonlarında hasar oluşmakta ve yapı göçmeye varan seviyelerde hasar görmektedir.

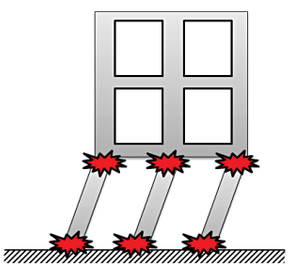
Ara katlarda ani rijitlik değişiminden dolayı zayıf kat oluşumu

Şekil 66'de görüldüğü üzere, ara katlarda ani rijitlik değişimi; asma kat veya tesisat katı gibi normal katlara göre daha kısa düşey taşıyıcı elemanlarda deprem sırasında kesme kuvvetlerinin artmasına ve buna bağlı olarak bulunduğu katlarda hasara ve göçmeye neden olmaktadır.

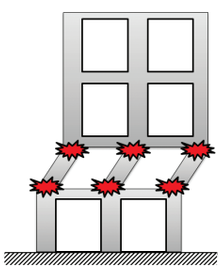
Bu tür hasar oluşumunu engellemek için kattaki düşey taşıyıcı elemanların kesme dayanımını yeterli seviyeye getirecek oranda etriye kullanmak ve tasarım aşamasında katın yatay yer değiştirmesini diğer katların yer değiştirmesi ile uyumlu olmasını sağlayacak uygun taşıyıcı sistem eleman boyutlarını seçmek gerekmektedir.

Binalar arasında yeterli deprem derzinin olmaması

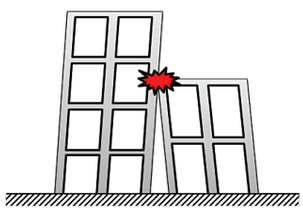
Depreme dayanıklı yapı tasarımında, özel bir analiz yapılmadığı sürece, her binanın deprem sırasında tek başına salınım yaptığı ve salınım sırasında eğer yanında başka bina varsa bu bina ile temas etmediği kabul edilmektedir. Günümüzde yürürlükte olan deprem yönetmeliği bu kabul altında gerekli tasarım kurallarını vermektedir. Şekil 67'de görüldüğü üzere, deprem sırasında binaların birbirine temas etmesi durumunda, binalarda önceden belirlenmesi çok zor olan çekiçleme adı verilen ilave etkiler oluşmakta ve binalar bu çekiçleme etkisi nedeni ile ağır hasarlar alabilmektedir. Söz konusu olumsuzluğu engellemek üzere deprem yönetmeliğine göre; komşu binalar arasında ilk 6m yükseklik için 3cm ve sonraki her 3m için ilave 1cm deprem derzinin arttırılarak bırakılması veya deprem analizlerinden komşu binalar için hesaplanan deprem yer değiştirmelerinin karelerinin toplamının kareköküne göre hesaplanan deprem derzi değerlerinden olumsuz olanı kadar derz bırakılması koşulu yer almaktadır. Geçmiş depremlerde, bitişik binalar arasında yeterli deprem derzi bırakılmaması nedeni ile binalarda önemli hasarların meydana geldiği görülmüştür.



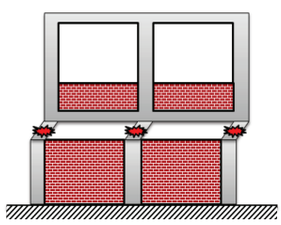
Şekil 65: *Yumuşak kat oluşumu nedeni ile zemin katta deprem hasarı*



Şekil 66: *Ara katlarda ani rijitlik değişiminden dolayı deprem hasarı*



Şekil 67: *Deprem sırasında binaların arasında yeterli deprem derzi bulunmaması nedeni ile çekiçleme etkisine bağlı kolon hasarı*



Şekil 68: *Duvarlar nedeniyle kısa kolon oluşumuna bağlı kolon hasarı*

Kısa kolon oluşumu

Deprem sırasında meydana gelen kesme hasar oluşum nedenlerinden birisi binada kısa kolon oluşumlarıdır. En kesit boyutları yüksekliğine yakın olan kolonlar kısa kolon olarak adlandırılmaktadır. Alt ve üstlerinden rijit döşeme veya kirişlere bağlanan bu tür kolonların rijitliği fazla olduğundan, deprem sırasında üzerlerine fazla kesme kuvveti almakta ve kesme kapasitelerinin bu kesme kuvvetinden yetersiz olması durumunda gevrek bir şekilde kırılarak elemanın göçmesine neden olmaktadır. Şekil 68'deki örnekte yer alan, kısmi dolgu duvarlar ile desteklenmiş genelde bant pencere uygulamalarında örneklerine rastlayabildiğimiz narin kolonların da dolgu duvarın etkisinden dolayı kısa kolon durumuna düşmekte ve deprem sırasında binanın hasar görmesine neden olmaktadır.

Kısa kolon hasarlarının önüne geçmek için bu tür elemanlarda kapasite tasarımına giderek elemana yeterli enine donatı yerleştirmek, daha büyük en kesit boyutları seçmek veya duvar ile kolonun arasına özel ve yeterli rijitlikte malzemeler yerleştirerek kolonun kısa kolon durumuna düşmesini engelleyecek türden tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Malzeme mekanik özelliklerinin yetersizliği

Türkiye'de özellikle geçtiğimiz son on beş yıl içinde, beton, donatı çeliği, duvar malzemeleri gibi yapı malzemelerinin üretim teknolojisinde dünyadaki gelişmelere paralel olarak önemli aşama kaydedilmiştir. Malzeme dayanımı ile ilgili gelişmeler, özellikle 1998 Deprem Yönetmeliği'nin yürürlüğe girmesinden sonra yapılan binaların deprem güvenliğinin üst düzeyde olmasına önemli katkı sağlamaktadır.

Ancak, depreme maruz kalmış eski yapılar incelendiğinde malzeme kalitesinin yeterli olmadığı ve bu nedenle önemli yapısal hasarların ve hatta bina göçmelerinin meydana geldiği görülmektedir. Beton ve donatı çeliği gibi yapı taşıyıcı sistem elemanlarını oluşturan malzeme kalitesinin yetersiz olması, mevcut yapı stoğunun önemli bir kısmının depreme karşı güvenli olmadığı ve meydana gelecek ilk şiddetli depremde bu binaların öngörülen ekonomik ömrüne ulaşamadan yıkılacağı sonucunu beraberinde getirmektedir.

Bu nedenle, özellikle 1998 Deprem Yönetmeliği'nden önceki yönetmeliklere göre tasarlanmış ve yapılmış binaların mevcut malzeme özelliklerinin, binadan alınacak örnekler üzerinde yapılacak deneyler ile belirlenmesi ve mevcut malzeme özelliklerine göre yapılacak deprem performans analizleri sonucuna göre gerekiyorsa binanın güçlendirilmesi veya güçlendirmenin ekonomik olmaması durumunda binanın yıkılması kararının verilmesi, deprem sırasında meydana gelecek can ve mal kayıplarının azaltılmasında önemli olacaktır.

Yetersiz enine donatı kullanımı

Betonarme binalar Türkiye'de en yaygın olarak kullanılan yapı sistemlerinin başında gelmektedir. Betonarme yapılarda deprem sırasında oluşan hasarların incelenmesi sonucunda, hasara neden olan en büyük sorunlardan birisinin yetersiz enine donatı kullanımı ve özensiz işçilik olduğu görülmektedir. Enine donatının betonarme elemanın güvenliğinin sağlanmasında en büyük görevleri; deprem sırasında oluşacak kesme kuvvetlerini karşılayarak taşıyıcı sistem elemanlarında gevrek kırılmanın ve buna bağlı olarak göçmenin önlenmesi, düşey taşıyıcı elemanlarda artan eksenel yüke bağlı olarak kırılmaya çalışan betonu sararak betonun dağılmasını önlemek ve boyuna donatı çubuklarının serbest boylarını kısaltarak boyuna donatılarda deprem sırasında artan eksenel kuvvete bağlı burkulma meydana gelmesini engellemek olarak sayılabilir. Bu nedenle, yapıda şiddetli bir deprem sırasında ani göçmenin engellenmesi için etriye veya fret olarak yerleştirilecek enine donatının deprem yönetmeliğinde belirtilen kurallara uygun olarak yerleştirilmiş olması binanın deprem güvenliği açısından en önemli unsuru olarak düşünülmelidir.

Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde detaylandırma hataları

Geçmişte meydana gelen deprem hasarlarının incelenmesinden, bir diğer önemli hasar oluşum nedeni olarak kolon-kiriş birleşim bölgelerinde yapılan detaylandırma hataları ön plana çıkmaktadır. Deprem sırasında oluşan tersinir salınım hareketi sırasında kolon-kiriş birleşim bölgeleri artan kesme kuvvetleri altında şekil değiştirmeye ve bu düğüm noktalarında yeterli güvenlik bulunmaması durumunda kırılarak göçmeye zorlanmaktadır. Geçmişte meydana gelen depremlerde yıkılan binaların incelenmesinden, bu düğüm noktalarının güvenliğinin doğru bir şekilde sağlanamadığı ve bu noktadaki plastik deformasyon nedeniyle binalarda ağır hasar yada göçmelerin meydana geldiği görülmüştür. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin güvenliğinin sağlanabilmesi için kolonların enine donatısının düğüm noktası içinde sürekli olarak devam ettirilmesi ve deprem yönetmeliğinde istenen güvenlik koşullarının sağlanması gerekmektedir.

Kolonlara göre daha güçlü kiriş yapımı

Deprem dayanıklı yapı tasarımında en önemli hedef şiddetli bir deprem sonrasında bina ağır hasar alsa dahi ani bir şekilde göçme olmaması ve binada yaşayan insanların can güvenliğinin sağlanmasıdır. Yapının ani bir göçmeye uğramaması için modern deprem yönetmeliklerindeki temel yaklaşım kolonların kirişlere göre daha güçlü yapılmasıdır. Ancak geçmiş yıllarda meydana gelen depremlerde meydana gelen bir kısım hasar ve göçmelerin bu yaklaşıma ters olarak kolonlara göre daha güçlü kiriş yapılmasından kaynaklandığı görülmektedir. Bu tür hasarın önlenmesi için yeni yapılacak yapılarda deprem yönetmeliğinde istenen koşulların sağlanması, söz konusu olumsuzluğa sahip mevcut yapılarda ise düşey taşıyıcı sistem elemanlarında güçlendirilme yapılarak binaların deprem güvenliğinin sağlanması gerekmektedir.

Temel zemininde sıvılaşma meydana gelmesi

Özellikle 1999 Marmara depremlerinden sonra bina temelinin üzerinde yer alacağı zeminin özelliklerinin belirlenmesinin önemi bir kez daha ortaya çıkmıştır. Deprem sırasında özellikle kumlu zeminler taşıma gücünü kaybetmekte ve sıvılaşma adı verilen durum ortaya çıkmaktadır. Zeminin taşıma gücünü kaybetmesi binanın zemine gömülmesi veya yan yatarak devrilmesine neden olmaktadır. Bu tür zeminden kaynaklanabilecek hasarların engellenmesi için binanın inşa edileceği yerde yapılacak zemin etütlerine bağlı olarak gerekiyorsa zeminde iyileştirme yapılması ve uygun temel sisteminin seçilmesi gerekmektedir.

Tesisat sistemlerinin oluşturulması sırasında bina taşıyıcı sistemine verilen hasarlar

Bina tasarımında günümüzdeki en büyük problemlerden birisi, binanın yapımında rolü olan mimar, inşaat mühendisi, elektrik mühendisi, makine mühendisi gibi meslek gruplarının binanın tasarım ve yapımı sürecinde beraber değil birbirlerinden ayrı olarak çalışmasıdır. Bu nedenle mimari proje, betonarme proje, elektrik projesi, tesisat projesi, havalandırma projesi gibi projeler birbirlerinden ayrı olarak üretilmekte ve bu nedenle yapım aşamasında oluşabilecek olumsuzluklar proje aşamasında tam olarak ortaya konularak tedbir alınamamaktadır. Yapım öncesi aşamada bina tesisatının yerleştirilmesine yönelik tüm projelendirme çalışmaları tamamlanmış olmalıdır. Yapım aşamasında taşıyıcı sisteme verilecek her türlü zarar bu şekilde engellenmiş olur. Yangın, elektrik, yapısal, mekaniksel, akustik gibi tüm tesisat kararları ilgili uzmanlar ile birlikte daha binanın yapımına geçilmeden karara bağlanmalıdır. Örneğin aynı duvar, taşıyıcı duvar olarak kullanılabileceği gibi akustik bir duvar olarakta kullanılabilir.

Bina yapımı sırasında, tesisatın uygulanması konusundaki sorunlarla karşılaşılmaması için bütünleşik bina tasarımı yaklaşımı çerçevesinde bina tasarımında rolü olan tüm teknik konuların, tasarımın her aşamasında ortak çalışarak yapılması büyük önem taşımaktadır.

7.2.2 Kolon ve Çekirdek Yerleşiminin Değerlendirilmesi

Bina tasarımında, eğer mantar döşeme sistemi uygulanmayacak ise kolonlar plandaki her iki doğrultuda sürekli çerçeve oluşturacak şekilde yerleştirilmelidir. Her kolon, kendisine yakın olan diğer kolonlara kirişlerle bağlanmalıdır.

Kapalı çıkma bulunan binalarda, dış cephede yer alan kolonlar kirişlerle doğrudan bağlanmalıdır. Kolonların kirişlerle dolaylı olarak bağlanmasından kaçınılmalıdır.

Perde-çerçeve taşıyıcı sistemli binalarda, perdeler mümkün olduğu kadar bina dış cephelerine yakın ve binanın her bir katında rijitlik merkezi ile kütle merkezini yakınlaştıracak şekilde yani dengeli ve simetrik yerleştirilmelidir.

Deprem güvenliği açısından, kolon ve perdeler mümkün olduğu kadar simetrik ve planda her iki doğrultuda eşit yatay rijitlik sağlayacak şekilde yerleştirilmelidir. Kalkan duvar ve parapetler ile mutlak suretle döşeme ile ankrajı sağlayacak nitelikte yani betonarme eleman olarak imal edilmeli, tuğla ile örülerek yapılmamalıdır.

7.2.3 Binanın Isıl Kütle Potansiyelinin ve Isı Depolama Özelliğinin İrdelenmesi

Kitabın 10.bölümünde detayları verildiği üzere Türkiye'dekibinalarda hemen hemen hiç uygulanmayan etkin (aktif) ve edilgen (pasif) enerji depolamasının birçok yararı bulunmaktadır. Enerji depolaması bir binanın-sürdürülebilir ve yenilenebilir olsun veya olmasın elektro-mekanik-ısıl tesisatında (enerji arz tarafı) uygulanabileceği gibi binanın kendi kütlesinde de uygulanabilir (enerji talep tarafı). Buna en iyi örnek yerden ısıtma veya soğutma sisteminin uygulandığı kalın bir döşeme şapının içi ile sera etkisini kullanan Tromp Duvarları ısıl kütle olarak kullanılması sayılabilir.

1. Arz tarafından hareketle: Arz edilen enerji ve ekserjinin zaman kaydırılması ve zamana yayılmasıdır. Enerji depolaması bu iki işlevi de görebilir. Ayrıca hibrit sistemler kullanılarak günün 24 saatine yayılı enerji arzının gerçekleştirilmesine çalışılmasıdır.

2- Yük tarafından hareketle: Bu yönde yüklerin zamana yayılarak arz tarafına kaydırılması, aynı zamanda tepe yüklerin tıraşlanıp atılmasıdır (örneğin tepe soğutma yüklerinin kalıcı olarak güneş kırıcılarla bertaraf edilmesi gibi).

Binalarda ısıl depolama için, enerji verimliliği ve yenilebilir enerji sistemlerinin kullanımında önemli faydalar bulunmaktadır. Bunun bazı sebepleri şunlardır:

a. İşletmede önemli düşüş sağlamak için, gece elektrik tarifelerinin gündüze göre düşük olması.,
b. Soğutmada gecenin serinliğinden yararlanılarak soğutma gruplarının daha verimli çalışmaları,
c. İlk yatırım maliyetinde düşüş, işletmede verimlilik artışı sağlamak için kojenerasyon, ısı pompası gibi sistemlerin küçük kapasitelerde seçilmesi ve çalışma sürelerinin uzatılması,
d. Gündüzleri pik yüklerini tıraşlayarak sistem verimliliğinin arttırılması,
e. Isı geri kazanımı özelliğine sahip su kaynaklı ısı pompalarında ısı geri kazanımının depolanması,
f. HVAC sistemlerinin verimli biçimde devreye girip çıkmalarına olanak sağlanması,
g. Kojenerasyon veya başka şekilde atık ısı çıkaran sistemlerin atık ısılarının ihtiyaç olmayan zamanlarda depolanarak ihtiyaç olan zamanlarda kullanılmasına katkı sağlanması,

h. Güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerjinin depolanarak ihtiyaç olan saatlerde kullanımının sağlanması, faz değiştiren malzemelerle küçük hacimlerde önemli miktarda sıcak depolanması,

i. Serbest soğutma yapmaya olanak sağlanması.

Yapılan araştırmalarda pik dışı zamanlarda (örneğin geceleri) kWh enerji üretiminde daha az fosil enerji tüketildiği tespit edilmiştir. Bunun nedenleri şunlardır:

a. Pik zamanlarda elektrik üretim santrallerindeki türbinlerin daha düşük verimle çalıştırılması

b. Geceleri daha az enerji nakli gerçekleştirildiği için elektrik iletim hatlarındaki kayıpların pik dışı zamanlarda (örneğin geceleyin) daha düşük olabilmesi

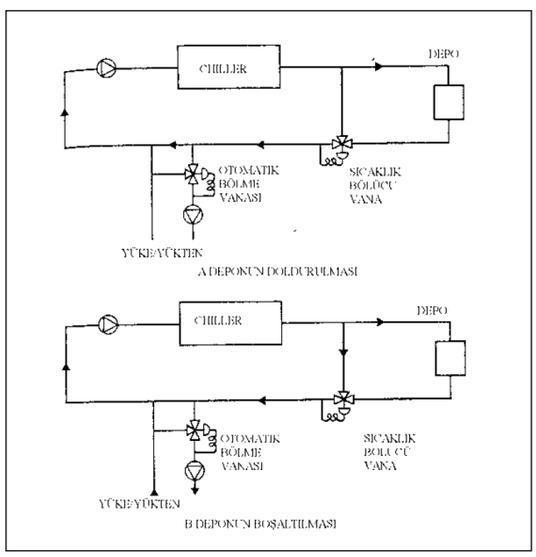
c. Enerji santrallerindeki jeneratörlerde pik dışı zamanlarda kayıpların daha az olması.

d. Geceleri, pik dışı zamanlarda, emisyonu düşük ve daha verimli santralların çalıştırılması ve diğerlerinin devre dışı bırakılma olanağının bulunması.

Kaliforniya'da yapılan çalışmalarda yukarıdaki faktörler nedeniyle pik dışı zamanlarda enerji üretiminin %10 - %30 daha verimli olduğu belirlenmiştir. Teknik olarak bu durumun Türkiye için de geçerli olduğu söylenebilir.

Diğer yandan çoğu HVAC tasarımcısı %20'ye kadar emniyet faktörü uygulamaktadır. Buna karşın, HVAC sistemleri ömürleri boyunca %100 kapasitede %5; %75 kapasitede %15; %50 kapasitenin altında %80 süre ile çalışmaktadır. Dolayısıyla emniyet faktörleri ile büyütülen sistemler ömürleri boyunca kapasitelerinin çok altında çalışmaktadır. Halbuki ısıl depolama yapılırsa emniyet faktörü ile cihaz kapasitelerini büyütmek yerine aynı oranda küçültmek olanaklı olmaktadır. Böylece ilave bir masraf gerekmeksizin sistem kapasitelerini küçültmek ve daha verimli bir işletme gerçekleştirmek mümkün olabilmektedir.

Yukarıda açıklandığı üzere ısıl depolama sistemleri, ısıyı başka bir zamanda kullanmak üzere çeken ya da bir ortama ekleyen ve verimliliği artıran sistemlerdir. HVAC uygulamaları için ısıl depolama, ısının ısıtma ve soğutmada kullanılan sıcaklıklarda depolanmasını içerir. Yüksek sıcaklıkta depolama genellikle güneş enerjisi ya da yüksek sıcaklıklı ısıtmayla ilgili iken, soğuk depolama iklimlendirme ve soğutma sıcaklık uygulamalarını içerir.



Şekil 69. *Chiller ile ısıl depolama çalışma şeması.*

Isıl depolama ile enerji, yüklenebilir, depolanabilir ve günlük, haftalık gibi zaman aralıklarında temelde ya da hızlı proses çevrimleri biçiminde dağıtılabilir. Duyulur ısıl depolamada çok kullanılan ortamlar su, toprak, kaya, tuğla, seramik, beton ve bina yapısının ısıtılan ya da soğutulan değişik kısımları (ya da proses akışkanı) şeklindedir. İklimlendirme, mahal ısıtma gibi HVAC uygulamalarında su, genellikle seçilen depolama ortamı olup, kaynama ve donma sıcaklıkları arasında tutulduğunda arzu edilen özelliklerin hemen hemen hepsine sahiptir.

Isıl depolamanın diğer yararları

Isıl depolamanın yapılmasındaki birincil neden ekonomik olmasıdır. Aşağıda ısıl depolamanın yararlarından bahsedilmektedir.

Ekipman büyüklüğünün azaltılması; Yukarıda detaylı açıklandığı üzere; eğer ısıl depolama ısıtma ya da soğutma yükünün tamamı ya da bir kısmını karşılamak üzere kullanılırsa, seçilecek olan ekipman büyüklüğü pik yükü karşılamak için seçilenden daha küçük olacaktır. Küçük sistemler ömür boyunca etiket değerlerine daha yakın çalışacakları için daha verimli olacaklardır.

Sermaye maliyeti kazanımı; Sermaye kazanımları hem ekipman büyüklüğünün düşürülmesinden hem de gece elektrik tarifelerinin düşüklüğü ile gece serinliğinde soğutma sistemlerinin verimli çalışmasından kaynaklanır. Bütün bunlar depolama maliyetlerini rahatlıkla dengeleyebilecek niteliktedir. Düşük sıcaklıktaki hava ve su dağıtım sistemleriyle bütünleştirilen soğuk depolama daha küçük su soğutucular (chiller) pompa, boru tesisatı, kanal ve fanlar nedeniyle kurulum maliyetlerinde kazanımlar sağlar. Depolama, çok kısa süren ısıtma ve soğutma pik yüklerine sahip sistemlerde sermaye maliyetlerinde bir kazanım potansiyeline de sahiptir.

Enerji maliyetinden kazanım; Elektrik talep bedelleri gibi zamana bağlı enerji maliyetlerinin önemli ölçüde düşmesi ve pik zaman kullanım bedellerinin azalması ısıl depolamanın sağladığı en önemli tasarruflardır.

Enerji tasarrufları; Isıl depolama sistemleri enerji tasarrufundan çok, enerji kullanımına zamansal bir kaydırma getirmesine karşın, depolama enerji tüketimi ve maliyetlerinde kazanımlar sağlayabilmektedir.

Ülke enerji üretim sistemine katkı; Yukarıda açıklandığı üzere, pik dışı zamanlarda enerji santralları daha verimli çalışmaktadır. Isıl depolama bu duruma yardımcı olmaktadır. Buradaki iyileşme CO_2 emisyonlarının azalmasına da katkı sağlamaktadır.

Diğer yandan düşük kondenser sıcaklıkları ekipman verimini iyileştirdiğinde, soğuk depolama sistemleri su soğutucuların (chiller) gece daha fazla çalışmasına izin vermektedir. Düşük kondenser sıcaklıklarının ekipman verimini artırması, depolama ekipmanının yetersiz kısmi yük performansı ile değil tam yükte çalışmasını da sağlar. Yapılan çalışmalar, soğutulmuş su depolama sistemleri kullanan iklimlendirme sistemlerinin kWh temelinde yıllık %12'ye varan enerji tasarrufu sağladığını göstermektedir. Chiller kondenserlerinden geri kazanım yoluyla elde edilen ısı da ısıtma ekipmanına duyulan gereksinimi ve sonuçta enerji tüketimini ortadan kaldırabilir ya da önemli ölçüde düşürebilir.

HVAC çalışmasının iyileştirilmesi; Isı depolama bir sistemin ısıl depolama yeteneğine, yük profilinin ekipman çalışmasından ayrılmasına olanak sağlayan yeni bir eleman ilave eder. Bu ilave esneklik, güvenilirlik ya da sistem kontrol ve çalışmasında yedekleme olanağı yaratır.

Diğer yararlar; Depolama diğer bazı yararları da beraberinde getirir. Örneğin soğuk depolama soğuk hava dağıtım sistemini bütünler hale getirilebilir. Isıl depolama, soğuk suyla yapılan depolamada çoğunlukla uygulandığı gibi ikincil bir işlev olan yangından korunma amacıyla da düzenlenebilir.

Bazı soğuk depolama sistemleri serbest soğutma yoluyla yeniden yüklenebilir niteliktedir. Isıl depolama, temel yüke sahip buhar santrallerinden elde edilen atık enerjinin bir absorpsiyonlu chiller'de üretilen ısının daha sonra kullanılmak üzere depolanması gibi enerji geri kazanım yönünde de kullanılabilir.

Ekonomik katkısı; Isıl depolama sistemleri temelde iki amaç için kurulurlar:

a. Kurulum maliyetini düşürmek,

b. İşletme maliyetini düşürmek.

Yük süresinin düşük ve yükün ortaya çıkması için geçen sürenin uzun olduğu cami, kilise ve spor tesisleri gibi yerlerdeki uygulamalar, genellikle ısıl depolama için en düşük kurulum maliyetine sahip alanlardır. Soğuk su depolama gibi modüler olmayan geniş ısıl depolama uygulamaları önemli bir ekonomi ortaya koyarken, eşdeğerdeki depolama kullanmayan sistemlerden daha düşük maliyettedir. Bu bağlamda buz depolama sistemleri de kompakt oluşları pompa, boru, hava hazırlama birimi, kanallar ve bu ekipman için gerekli ekipman kapasitesinde azalmalara yol açarak ek kazanımları da ortaya koyar. Isıl depolamada ikincil sermaye maliyetleri de düşük olabilir. Örneğin elektrik tüketimi pik enerji talebi düşük olduğundan azaltılabilir.

7.2.4 Yapı Taşıyıcı Bileşenlerin Gömülü Enerjilerinin ve Çevresel Etkilerinin Düşünülmesi

Gömülü enerji, bir ürün veya hizmetin sunulması için gerekli olan dolaylı yada direkt enerji tüketimlerinin toplamıdır. Bir başka deyişle, bir ürünün üretiminde kullanılan hammaddelerin tedarikinde, üretim süreçlerinde, nakliyesinde ve uygulamasındaki tüm enerji tüketimlerinin göstergesidir. Yapı boyutunda gömülü enerji, operasyonel enerjiden ayrışır. Yapılarda gömülü enerji, kullanılan yapı malzemeleri ile ilgilidir. Bilindiği gibi yapı malzemeleri inşaat sahasına ulaşmadan önce enerji gerektiren birçok evreden geçerler. Yapıyı oluşturan bu malzemeler için harcanan tüm enerjilerin toplamı yapı gömülü enerjisine denk gelir. Buna yapı inşası sırasında harcanan enerji tüketimleri de eklenebilir.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de binanın işletme dönemindeki tüketilen enerjisi ön plandadır. Kullanım aşamasındaki enerji tüketimlerinin enerji verimliliği çalışmaları ile zaman içinde azalacağı düşünülürse, yapı kaynaklı toplam enerji tüketimi içinde gömülü enerji oranının artacağı öngörülebilir. Örneğin, İsveç'te 50 yıllık ömre sahip düşük enerji gereksinimi olan bir evin yaşam boyu enerji ihtiyacında gömülü enerjinin oranının %40'ı geçtiği bulunmuştur (Thormak, C., 2002). Gündemde olan sıfır karbonlu yapıların gerçekleşebilmesi için yapı malzemelerinin gömülü enerjilerinin bilinmesi ve azaltılması yönünde çalışmalar yapılmalıdır.

Bir yapının gömülü enerjisinin azaltılması, bina tasarımından yapıda kullanılan malzemelerin seçimine kadar değişen seviyelerde yapılabilir:

- Binalarda en çok kullanılan çelik, çimento, beton, tuğla gibi geleneksel yapı malzemelerinde gömülü enerji ve karbon tüketimleri bu malzemelere ait değerlerin bilinmesiyle ve tasarlanan yapılar ölçeğinde hesaplanmasıyla hedef konularak azaltılabilir. Bu tür bilgiler, şeffaf ve üçüncü şahıslar tarafından doğrulanarak elde edilen Çevresel Ürün Beyanı (ÇÜB) ile sağlanabilmektedir. Sürdürülebilir satın alma yaklaşımıyla, ürünlerinin karbon emisyonu, enerji ve kaynak tüketimleri gibi bilgileri hesaplamış ve beyan etmiş üretici firmalar ile çalışmak, bu malzemeleri bir tercih sebebi yapmak bu açıdan önemlidir. ÇÜB belgeleri ürünün yapıdaki işlevselliğine göre gömülü enerji ve karbon değerlerinin belirlendiği, uzmanlar tarafından onaylanmış belgeler olduğundan yapı genelinde toplam enerji ve karbon tüketimlerini hesaplamak çok daha kolay olmaktadır.

- Klasik yapı elemanlarının yanında kereste, kerpiç gibi alternatif malzemelere yönelerek doğal olan ve üretimlerinde göreceli olarak daha az enerji tüketimine ihtiyaç duyulan bu malzemelerin gömülü enerji gereksinimi de düşüktür.
- Tasarım ve bina yapımına uygun olarak kullanılabilecek düşük gömülü enerji ve karbon değerlerine sahip birçok farklı alternatif malzemelerden faydalanılabilir.
- Yalın, teknik ve işlevselliğinden ödün verilmeden (kaynak/malzeme kullanımı bakımından da optimize edilmiş) tasarımlar yapılabilir, bu tasarımlara öncelik verilebilir. Yapıda kullanılacak olan malzeme ihtiyacı azalacağından bu malzemeleri üretmek için gerekli olan enerji ve kaynak ihtiyacı da azalacaktır.
- Yapılar, daha tasarım aşamasında yıkımı, tekrar kullanımı ve geri kazanımı düşünülerek tasarlanmalıdır. Yapılar genellikle kendilerini oluşturan malzemelerin ömründen daha kısa ömre sahiptirler. Bu nedenle tekra tekrar tekrar kullanımı ile aynı yapı malzemesinin yeniden üretilmesine gerek kalınmayacağından dolayı malzeme için üretim aşamasında harcanacak enerji de düşmüş olacaktır.
- Yapıların gelecekteki kullanım ihtiyaçları göz önünde bulundurularak, esnek ve uyarlanabilir bir şekilde tasarlanması kullanım ömürlerini uzatacaktır. Bu şekilde hem kullanılırken istenen değişiklikler yapılabilir, hem de gerektiğinde yapının meskenden farklı bir amaçla kullanılması kolaylaşmış olur. Ayrıca tasarımda modüler yaklaşımların kullanılması da bu amaca yardımcı olacağı gibi ölçülerin yapı malzemesi ölçülerine uygun seçilmesi, yapımda meydana gelecek malzeme kaybını en aza indirir. Bu açıdan yapılarda mümkünse panel şeklinde yapı bileşenlerinin kullanılması faydalıdır. Değişen ihtiyaçlar karşılanabileceğinden yeni yapı malzemelerinin kullanımına ihtiyaç kalmayacaktır.
- Yapı kaynaklı atıkların azaltılması hedeflenmelidir. Yapı sektörü yüksek kaynak tüketiminin yanında yüksek atık oranlarıyla da ön plana çıkmaktadır. 2008 yılında İngiltere'de yapı kaynaklı atıkların miktarı senelik 120 Milyon ton olarak belirtilmiştir. Bu miktar, ülkedeki senelik toplam atıkların üçte birine karşılık gelmektedir (Langdon D. 2009).

İnşa edilen yapıların m^2 kullanım alanlarına göre gömülü enerji ve karbon değerlerinin hesaplanarak kullanım amaçlı diğer emisyonlar ile birlikte son kullanıcıya iletilmesinin sağlanması önemlidir. Yapı malzemelerinde olduğu gibi tasarlanan ya da inşa edilen binalarda da alınabilen ÇÜB belgeleri (PCR 2014, Buildings) ile (nicel olarak hesaplanan bina çevresel performansı nihai tüketicilere sağlanarak) çevreye duyarlı, daha az kaynak tüketen sürdürülebilir yapılara doğru bir çekim gücü yaratılabilir.

Yapıda kullanılan malzemelerin düşük gömülü enerji ve çevresel etkiye sahip olması yapı sektöründe çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli rol oynayacaktır. Yapılarda kullanılan birçok yapı malzemesi bulunmakta ve her biri çok farklı üretim aşamalarından geçmektedirler. Çok az prosesten geçen hammaddeler düşük gömülü enerjiye sahip olurken çimento ve tuğla gibi yüksek oranda enerji tüketen ürünlerin gömülü enerjileri yüksek değere sahiptirler. Yine aynı şekilde uzun mesafelerden taşınan ve yükte ağır olan ürünler de taşıma kaynaklı yakıt tüketimlerinden dolayı yüksek gömülü enerjiye sahip olabilmektedirler.

Malzeme seçiminde tüm yaşam döngüsü enerji ve çevre performansının değerlendirilmesi önemlidir. Bu anlamda Avrupa Yapı Malzemeleri Yönetmeliğinde ve yeşil bina sertifikasyon sistemlerinde ÇÜB belgelerine referans verilmesi önemli hale getirilmiştir. Çevresel performansın sadece enerji ve karbon özelinde değil asitleşme (asit yağmurları oluşumu), besin birikimi (sulardaki oksijenin azalması), kaynak tüketimi (kuraklık, bitki ve hayvan türlerinin tükenmesi), hava/su/toprak kirliliği olması, ekolojik zehirlenme, insan zehirlenmesi gibi diğer çevresel etkiler için de hesaplanıp ÇÜB belgelerinde belirtiliyor olması mimar ve mühendisler için

malzeme seçiminde kolaylık sağlamaktadır. Türkiye'de hızla artmakta olan ÇÜB belgeleri; yer ve duvar karoları, porselen karolar, seramik levhalar, seramik sağlık gereçleri, yapı alçıları, alçı levhaları, yapı kimyasalları, gazbeton, armatürler, çimento, çatı kaplama ve çelik yapı profilleri gibi birçok ürüne alınmıştır (EPD Türkiye, 2014). ÇÜB belgeleri ile çevresel performansı belirlenmiş ürünler, çevresel etkileri henüz hesaplanmamış ya da yayınlanmamış ürünlerin yerine göre tercih edilmelidir.

Yapı malzemeleri kaynaklı enerji yoğunluğu ve diğer çevresel etkileri azaltmak için aşağıdaki öneriler sunulabilir:

- Geleneksel yapı malzemelerinin kullanımına önem verilmelidir. Geleneksel yapı malzemeleri, doğal malzemeler olduğundan tarihi yapılara hem fiziksel hem de estetik açıdan en uygun malzemelerdir. Geleneksel malzemelerin yeniden üretilmesi aynı zamanda tarihi yapıların restorasyonunda da kolaylıklar sağlayacaktır.
- Genel olarak kereste, kireç harcı (çimento harcından daha az gömülü enerjiye sahip), taş ve pişirme işlemine tabi olmayan kerpiç, şekillendirilmiş kil gibi birçok düşük gömülü enerjiye sahip ürün kullanılmalıdır.
- Malzemelerin yakın çevreden temin edilmesi uzun mesafeli nakliye kaynaklı etkileri azaltacaktır. Kireç

Tablo 20: Bazı yapı malzemelerinin tüm üretim ve tüketim süreçlerini içeren gömülü enerji ve karbon değerleri

Ürün Adı	İşlevsel Birim	Karbon ($kg\ CO_2$ eş.)	Bütünsel Enerji (MJ)	Üretim yeri
Seramik Duvar Karosu	1 m^2	9.9	174.4	Türkiye
Alçı Levha	1 m^2	2.1	39.5	Türkiye
Seramik Sağlık Gereçleri	1 ton	1584.3	28880.3	Türkiye
Çimento (CEM II/A-S 42.5 R)	1 ton	867.1	3327.2	Türkiye
Beton Katkı Maddeleri	1 kg	0.5	14.5	Türkiye
Gazbeton	1 m^3	193.1	2107.7	Türkiye
Çelik Profil	1 ton	1822.9	26878.9	Türkiye
Tuğla	1 m^3	277.6	4586.0	Norveç
PU Isı Yalıtım Köpüğü	1 m^2	10.2	301.9	Hollanda
PU Isı Yalıtım Püskürtmeli Köpüğü	1 m^2	59.8	290.3	Belçika
Çatı Kaplama	1 m^2	3.0	78.1	Almanya
Hazır Beton Karışımı	1 m^3	231.0	1879.0	İtalya
Isı yalıtım taş yünü	1 m^3	79.4	1052.6	Slovenya
Yapı Çeliği	1 ton	1735.0	18640.0	Almanya
Portland çimento	1 ton	846.0	3911.0	İngiltere
Yüksek Yoğunluklu elyaf levha	1 m^3	2076.1	10753.1	Almanya
Kapı hidroliği	1 adet	12.2	202.8	Finlandiya
Karo Halı	1 m^2	27.1	207.4	Danimarka

Tablo 21: Bazı yapı malzemelerinin hizmet ömrü değerleri

Yapı Elemanı	Beklenen Ömür, Yıl	Yapı Elemanı	Beklenen Ömür, Yıl
Temeller	100 yıldan fazla	Kapı ve Hırdavat	10-20
Taşıyıcı iskelet yapı	60	Genel ince işler	20
Dış Cephe kaplamaları	40	Yükseltilmiş zeminler	10-40
Pencereler	20	Zemin kaplamaları	10
Çatı kaplamaları	20-40	Asma tavanlar	10-20
Yağmur suyu drenaj sistemi	20	Armatür & mobilyalar	5
İç duvarlar	20-40	Mekanik aksamlar	20
Sökülüp takılabilir bölmeler	10-60	Elektrik aksamlar	20-40

harcı ve pomza taşı gibi bölgesel malzemelerin kullanımı hem düşük enerjilerinden hem de bulundukları bölgenin yapılarına uyumluluk sağlayacaklarından dolayı doğru seçim olacaklardır.

- Boya, vernik ve diğer ince işler için kullanılacak ürünlerde su bazlı ya da doğal çözücü içeren ürünler tercih edilmelidir. Solüsyon bazlı boyalar su bazlılara göre daha yüksek çevresel etkilere neden olurken sağlık sorunlarına da sebebiyet vermektedirler.
- Geri dönüşüm malzemesi içeren ürünlerin tercih edilmesi üretimde hammadde, enerji kullanımını ve kirlilik oluşumunu azaltırken katı atık sahalarına olan talebi de azaltacaktır. Uçucu kül agregası içeren beton, uçucu kül içeren tuğla, cüruf içeren çimento, atık plastikten üretilen halılar, geri dönüşüm kağıtlarından üretilen yalıtım malzemeleri gibi birçok örnek mevcuttur. Yine benzer şekilde metal kullanımında geri dönüşüm oranları yüksek olan metallere talep yaratılmalıdır.
- Yeni bina projelerinde prefabrike ya da önceden bir araya getirilmiş malzeme ve modüllerin kullanımının denenmesi faydalıdır. Bu tür modüllerin inşaat sahasında düşük toleranslar ile yerleştirilmesi daha iyi hava yalıtımı sağlarken atık oluşumunu da engeller.
- Kullanılan yapı malzemelerinin çevresel etkilerinin bilinmesi çevreye duyarlı malzemelerin tercih edilme sebebi olacaktır. Tablo 20'de Türkiye'de ve diğer ülkelerde üretilen bazı yapı malzemelerinin gömülü enerji ve karbon değerleri verilmiştir. Bu değerler EN 15804 normu uyumlu ÇÜB belgelerinden elde edildiğinden ürünler çevresel performans açısından karşılaştırılabilir. Üretim yeri ve tedarik zinciri farklılıklarından dolayı aynı üründe farklılıklar görülebilir. Örneğin Türkiye'de üretilen bir çimento ile aynı ürünün İngiltere'de üretilmesi farklılıklar getirmektedir.
- İnşaat sahasına yakın bölgelerde üretilen yapı malzemelerine talep yaratılması nakliye kaynaklı enerji ve emisyonları azaltacağından tercih edilmelidir.
- Isı yalıtımı amaçlı kullanılacak olan malzemelerde maliyetin yanından ısı yalıtım işlevselliği baz alınarak hesaplanmış çevresel performans değerlerine de bakılmalıdır.

7.3 Bina Kabuğu Tasarımının Geliştirilmesi

Binalar, cepheleri vasıtasıyla dış ortam ile ilişki kurarlar. Bina cepheleri; dış ortam ile ısı transferi, doğal aydınlatma, doğrudan gün ışığı girişi, parlama, doğal havalandırma ve ses yalıtımı gibi unsurlar açısından iç konfor koşullarını önemli ölçüde etkiler. Dolayısıyla binaların çevresel ve işletme verimli olabilmelerinin ön koşullarından birisi uygun bir cepheye sahip olmalarıdır. Buradaki hedef konforu artırmak, enerji ve ilk yatırım maliyetlerini optimize etmektir. Ayrıca estetik ve kültürel etkenler de göz önünde tutulabilir. Günümüzde gidişat estetik ve mimari nedenlerle cam cephelere doğrudur. Bu durum manzara, ışık alma gibi hususları olumlu etkilerken genellikle enerji tüketimini olumsuz yönde etkiler. Çünkü Türkiye'de bulunabilen en yüksek performanslı camlar ile iyi yalıtılmış duvarların ısı transfer katsayıları arasında 4-5 kat fark vardır. Ayrıca güneş radyasyonundan kaynaklanan aşırı ısınma, parlama gibi olumsuzluklar için de önlemler gerekir.

Bina cephelerinin oluşturulmasında enerji performansı yanında mimari, manzara, gün ışığı alma ve estetik gibi hususların da etkili olduğu bilinmektedir. Verimli bir bina cephesi optimum cam/opak cephe oranları, yüksek ısıl performanslı cam cepheler, opak dış yüzeylerde yalıtım kalınlıklarının artırılması, dıştan ve/veya içten gölgeleme yapılması gibi çeşitli önlemlerle sağlanabilir. Bu unsurlara sahip bir binanın kabuk maliyeti Türkiye'de standart olarak kullanılan TS825'e uygun binalara göre çok daha yüksektir.

Tablo 22: Hedeflenebilecek performansa dayalı cephe özellikleri

Sıra no	*Özellik*	Değerler
1	Cam faktörü (glazing factor)	0.15-1.0
2	Gölgeme faktörü	0.1-0.6
3	Güneş kontrol sınıfı	0.25-0.5
4	Işık sapması	1.5-3.0
6	Termal yalıtım,opak *yüzeyler*	
7	Camların ısı tranfer katsayısı	0.1-0.6 W/m^{2}K
8	Isıl depolama kapasitesi-opak *yüzeyler,* Cp	0.5-1.5 W/m^{2}K
9	*İç yüzey sıcaklığı*	0.16-2.2 kWh/m^{2}K
10	Isıl yük	Kış: Tmahal-Ty<3K Radyasyon asimetri<10K
11	Pencere havalandırması	Kış: 40-60 W/m^2 Yaz: 30-50 W/m^2 *Üfleme havası* Kış: 12-28ºC Yaz:T, mahal-T,üfl<10 K
12	Ses yalıtım özelliği	0-15 h-1 (15 m^3/h.kişi)
13	Ses seviyesi azaltımı	30-50 dB
14	Rüzgar hızı azaltımı	5-15 dB
		Rüzgar hızı: 0 - 25 m/s Iç hava hızı <0.25 m/s

Cephenin ısıl performansının artması, binanın pik enerji yüklerini ve yıllık enerji tüketimlerini düşürmektedir. Bu durum ısıtma, soğutma, trijenerasyon sistemleri gibi mekanik tesisat sistemlerini küçültmekte, enerji tüketimini azalmaktadır. Yani daha küçük kapasiteli kazan, chiller, soğutma kulesi, pompa, kojenerasyon cihazı, absorpsiyonlu chiller, daha küçük çaplı boru ve vana, daha az tesisat yalıtımı ihtiyacı oluşmaktadır. Böylece bina cephelerine yapılan ilk yatırımın bir kısmı bu sistemlerin küçülmesi ile geri kazanılmakta ve işletmede daha az enerji tüketilmektedir.

Cam cepheler manzara ve doğal ışık almayı olumlu etkilerken genellikle iklime bağlı olarak ısıtma ve/veya soğutma kaynaklı enerji tüketimini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca cam cephelerde güneş radyasyonundan kaynaklanan aşırı ısınma gibi olumsuzluklar da söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle cam alanların optimum düzeylerde (örneğin %40-50 oranında) kullanılması yararlı olmaktadır.

Ayrıca doğal havalandırma olanaklarından yararlanabilme, bina cephelerinin tasarımlarında önemli rol oynamaya başlamıştır. İklime uygun ve iyi tasarlanmış bina cephesinden sağlanabilecek doğal havalandırma hem konforu artırır hem de enerji tasarrufu sağlar. Mekanik havalandırma sistemleri ile bu sistemlerin doğal hava-

landırma ile kombine edilmesi yolları da aranmalıdır. Almanya'da kullanılan ve Türkiye için de hedef olarak alınabilecek cephe özellikleri örneği Tablo 22'de verilmiştir.

7.3.1 Temel, Dış Duvar ve Çatı Sistemlerinin Seçilmesi

Türkiye'de dış cephede yaygın olarak gazbeton, tuğla ve bims bloklar kullanılmaktadır. Bu malzemelerin üzeri ya sıvanıp boyanmakta ya da giydirme cephe malzemeleri ile kaplanmaktadır.

Dış cephede kullanılacak bu malzemelerin kalınlıklarına ve farklı özelliklerine göre ısı geçirim katsayıları vardır. Sistemin ısı geçirim katsayısını arttırmak için dışarıdan mantolama ile ısı yalıtımı kaplamaları veya iki duvar arasına uygulanan sistemle sandviç duvarlar elde edilmektedir.

Aynı şekilde çatı tasarımı da farklılık göstermektedir. Tercih edilen çatının düz çatı mı kırma çatı mı olduğuna göre çeşitli farklar oluşmaktadır. Çatıda kullanılan malzemeyi yerinde tutabilmek için çatı detayları değişmekte ve birim metrekarede kullanılan malzeme çeşitliliği ve miktarı farklılık göstermektedir.

Kullanılacak malzemeler "ısı iletkenlik-U" değerleri ile ısı yalıtımına etki ederken kullandıkları hammaddeler ve ürettikleri atıklar ile de çevresel performans sergilerler. Bu tür detaylarda amaç çevreye en az zararı veren, ısı yalıtım değeri en iyi olan ve uygulama kolaylığı bakımından en az maliyetli ürünü bulmaktır. Belirli bir ısı yalıtımı sağlamak için yapılan ilave kaplamalar çevresel yükü artırırken aynı zamanda binanın yaşam sonunda ortaya çıkan atık kompozisyonunu da olumsuz yönde etkilemektedirler

7.3.2 Doğal Aydınlatma Açısından Binaların Saydamlık Oranlarının Belirlenmesi ve Saydam Yüzeylerin Tasarımı

Bina cephelerinin saydamlık oranı, saydam yüzey alanının cephe alanına oranı olarak tanımlanmaktadır. Binalarda saydamlık oranlarının belirlenmesi, coğrafi konum, yön, hacim boyutları (genişlik, yükseklik, derinlik), engel açısı, cam türü, gibi çeşitli doğal ve fiziksel tasarım değişkenlerine bağlıdır. Binaların saydamlık oranının belirlenmesi aşaması, mimari biçimleniş, bina cephelerinin oluşturulması, dış görüş ve iç mekanda görsel konfor koşullarının eldesi açılarından önemlidir ve ilk tasarım aşamasından itibaren gerçekleştirilmelidir. Bir cephe için gerekli saydamlık oranının belirlenmesi aşamasında görsel, işitsel ve iklimsel konfor koşullarının sağlanabilmesi açılarından gerekli optimizasyon çalışmalarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Bu bölümünde saydamlık oranının doğal aydınlatmaya olan etkisi, örnek bir hacim için gerçekleştirilen günışığı simülasyonları ile belirlenmiştir. Ortalama Gök Hesap Modeli uyarınca 21 Mart 11:00 tarihi için 10m x10m boyutlarında batıya yönlenmiş örnek hacim farklı saydamlık oranlarına sahip olacak şekilde modellenmiştir. Ele alınan saydamlık oranı seçenekleri sırasıyla %20, %30, %40 ve %50 olacak şekildedir. Elde edilen hesap sonuçları Tablo 23'de aktarılmıştır. Buna göre ilgili hesap tarihi için en yüksek ortalama aydınlık düzeyi 391 lux ile %50 saydamlık oranı seçeneğinde elde edilirken en düşük ortalama aydınlık düzeyi ise 162 lux ile %20 saydamlık oranı seçeneğinde oluşmuşur. Elde edilen sonuçlara göre saydamlık oranının artması ile hacimde saptanan ortalama aydınlık düzeylerinde (lux) artış görülmüştür.

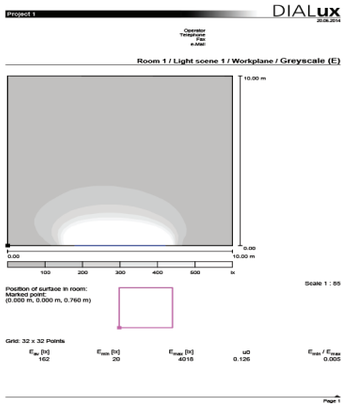
- Autodesk® Green Building Studio® ile, her duvar yöneliminde (kuzey, güney, doğu, batı) gün ışığından yararlanma ve ısıl faydaları optimize edecek çok sayıda saydamlık oranı düzenlemeleri yapılabilir ve ardından alternatif yönelimlerin enerji giderleri ve tasarrufları karşılaştırmalı olarak hesaplanabilir.
- Cam kaplama ayrıntıları ve spesifikasyonları, tasarım alternatifleri olarak belirlenir.

Tablo 23. Saydam yüzey tasarımında iklim bölgesine göre dikkat edilmesi gereken parametreler

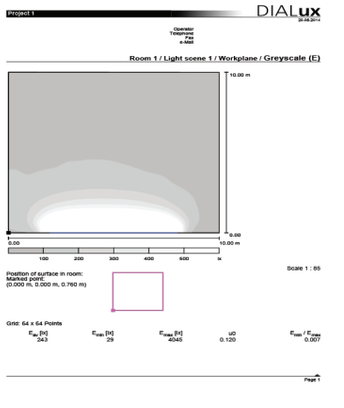
İklim bölgeleri-**pilot şehirler:**	**Saydam yüzey tasarımında dikkat edilmesi gereken parametreler:**
Ilımlı-kuru (Ankara)	Görsel, iklimsel ve işitsel konfor açılarından optimize edilmiş, ısıtmanın istendiği dönemdeki rüzgarı almayacak şekilde yönlendirilmiş ve gerekli yönlerde güneş kontrolüne sahip 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

Bina cephelerinin saydamlık oranı, saydam yüzey alanının cephe alanına oranı olarak tanımlanmaktadır. Binalarda saydamlık oranlarının belirlenmesi, tasarımın yapıldığı bölgeye, yön, hacim boyutları (genişlik, yükseklik, derinlik), engel açısı, kullanılan cam türü, gibi çeşitli doğal ve fiziksel tasarım değişkenlerine bağlıdır. Binaların saydamlık oranının gerek mimari biçimlenişe olan etkisi, gerekse iç ortamda görsel açıdan yaşanılabilir bir iç çevrenin elde edilebilmesine yönelik olan katkısı düşünüldüğünde bu yapı elemanlarının ilk tasarım aşamasından itibaren dikkatle ele alınması gerektiği açıktır. Bir cephe için gerekli saydamlık oranının belirlenmesi için görsel, işitsel ve iklimsel konfor koşullarının iç mekanlarda sağlanabilmesi için gerekli optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilmelidir.

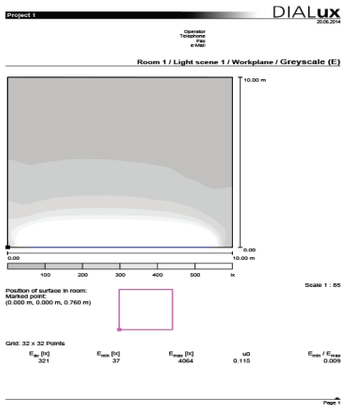
Doğal aydınlatmanın iç mekanlarda yeterli oranda sağlanabilmesi, bina kullanıcılarının dış görüş gereksinmelerinin karşılanabilmesi için çeşitli çalışmalarda ve bina sertifikalandırma sistemlerinde doğal aydınlatmaya gereksinim duyulan mekanların saydamlık oranlarının %20-%50 arasında olması önerilmektedir.



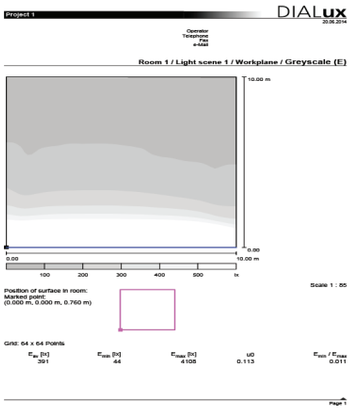
%20 Saydamlık oranına sahip batıya yönlenmiş bir hacim (15 Mart, 11:00, ortalama gök koşulu, İstanbul koşulları, ortalama aydınlık düzeyi: 162 lux)



%30 Saydamlık oranına sahip batıya yönlenmiş bir hacim (15 Mart, 11:00, ortalama gök koşulu, İstanbul koşulları, ortalama aydınlık düzeyi: 243 lux)

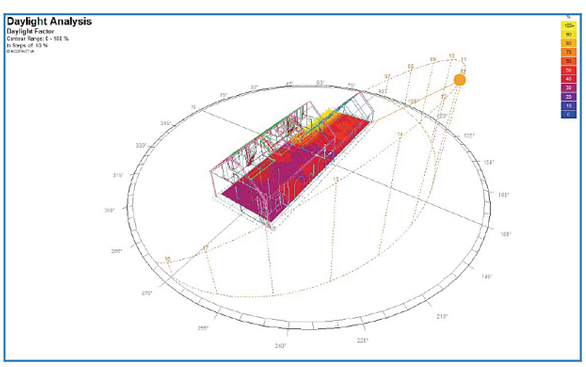


%40 Saydamlık oranına sahip batıya yönlenmiş bir hacim (15 Mart, 11:00, ortalama gök koşulu, İstanbul koşulları, ortalama aydınlık düzeyi: 321 lux)

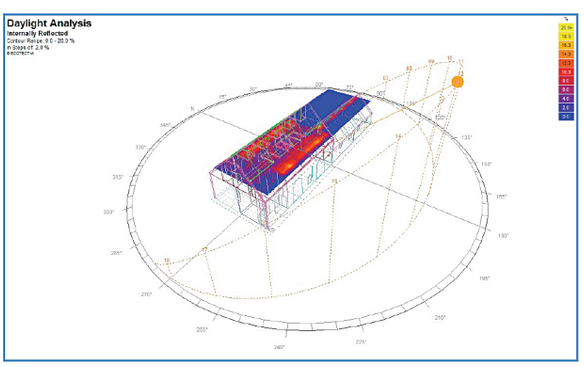


%50 Saydamlık oranına sahip batıya yönlenmiş bir hacim (15 Mart, 11:00, ortalama gök koşulu, İstanbul koşulları, ortalama aydınlık düzeyi:391 lux)

Şekil 70: Saydamlık oranlarının iç mekanda elde edilen doğal aydınlatma miktarına olan etkisi

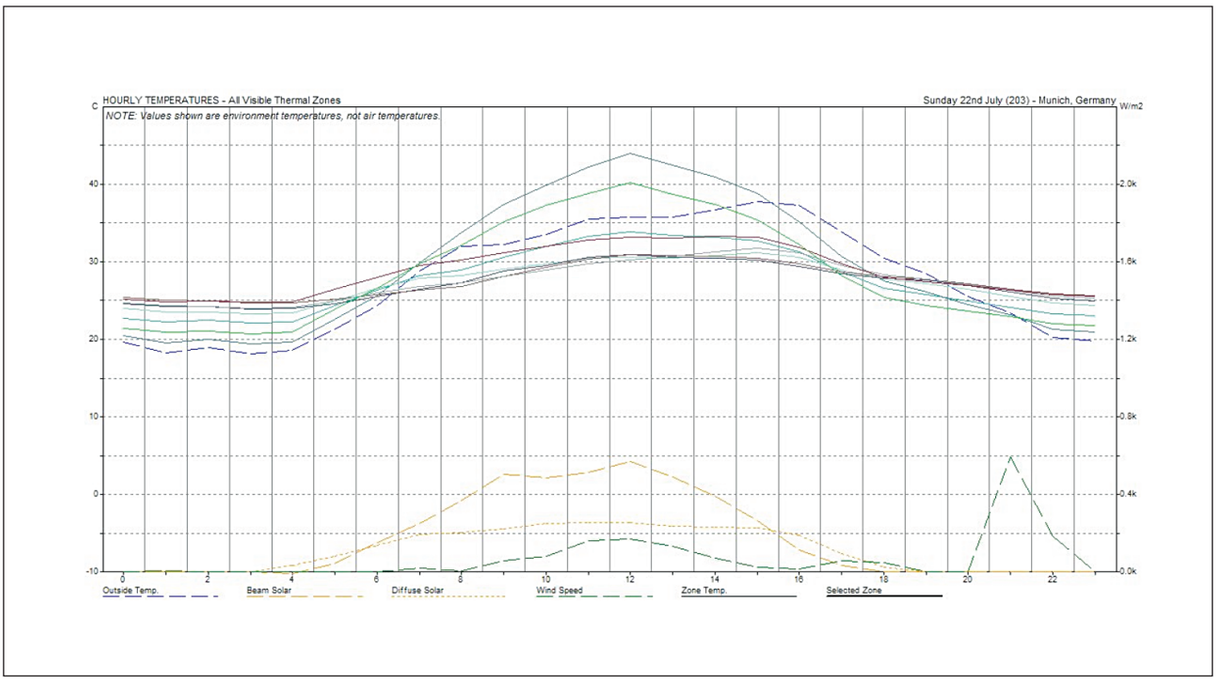


Şekil 71: *Günışığı faktörleri ile Günışığı Analizi*



Şekil 72: *Dahili yansıma aralığı ile günışığı analizi*

Isı Analizi ve Yararları



Şekil 73: *22 Temmuz 2003 tarihine göre saatlik sıcaklık profili*

Tüm görünür ısıl bölgeler aşağıda yer almaktadır; ayrıca iç sıcaklıkları göstermek için simülasyon üzerinde bir bölge seçilir.

Toplam yüzey alanı: 3001,674 m^2 (kat alanının %328.0'ı).

Toplam maruz kalan alan: 1239,585 m^2 (kat alanının %135.5'i).

Toplam güney pencereleri: 125,620 m^2 (kat alanının %13.7'si).

Toplam pencere alanı: 237,199 m^2 (kat alanının %25,9'u).

Toplam iletkenlik (AU): 3952 W/°K

Toplam geçirgenlik (AY): 14137 W/°K

Yapılan analizlerde saatlik ısı kazançları/kayıpları; aylık yükler, konforsuzluk koşulları; yıllık sıcaklık dağılımı verilerinin dökümü olmaladır.

Doğal hava ve güneşten gelen kazançların doğrudan kullanımı, doğal havalandırmanın bina kabuğunun iç ve dış yüzeylerine etkisi ile zonlar arasındaki pasif kazançlarının dökümü olmalıdır. Bu dökümler şu şekildedir:

Yüzeylerin doku özelliklerine göre kazançları - Qc + Qs Tüm Isıl Bölgeler için Verileri İçeren Yıllık Yükler Tablosu (Aylık Ortalamalar)

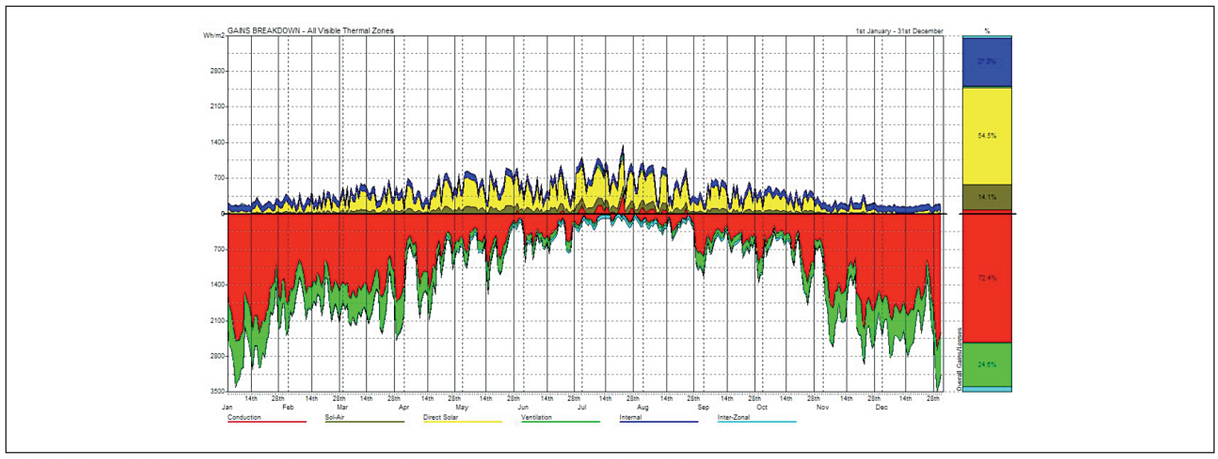
Doğrudan ve Dolaylı Güneş Kazançları - Qs Tüm Isıl Bölgeler için Verileri İçeren Yıllık Yükler Tablosu (Aylık Ortalamalar)

Havalandırma Kazançları - Qv Tüm Isıl Bölgeler için Verileri İçeren Yıllık Yükler Tablosu (Aylık Ortalamalar)

İç Kazançlar - Qi Tüm Isıl Bölgeler için Verileri İçeren Yıllık Yükler Tablosu (Aylık Ortalamalar)

Bölgeler Arası Kazançlar - Qz Tüm Isıl Bölgeler için Verileri İçeren Yıllık Yükler Tablosu (Aylık Ortalamalar)

Doku (İletim), Güneş-Hava, (Doğrudan) Güneş, Havalandırma, İç ve Bölgeler Arası Kazançlara göre Pasif Kazançların Dökümü



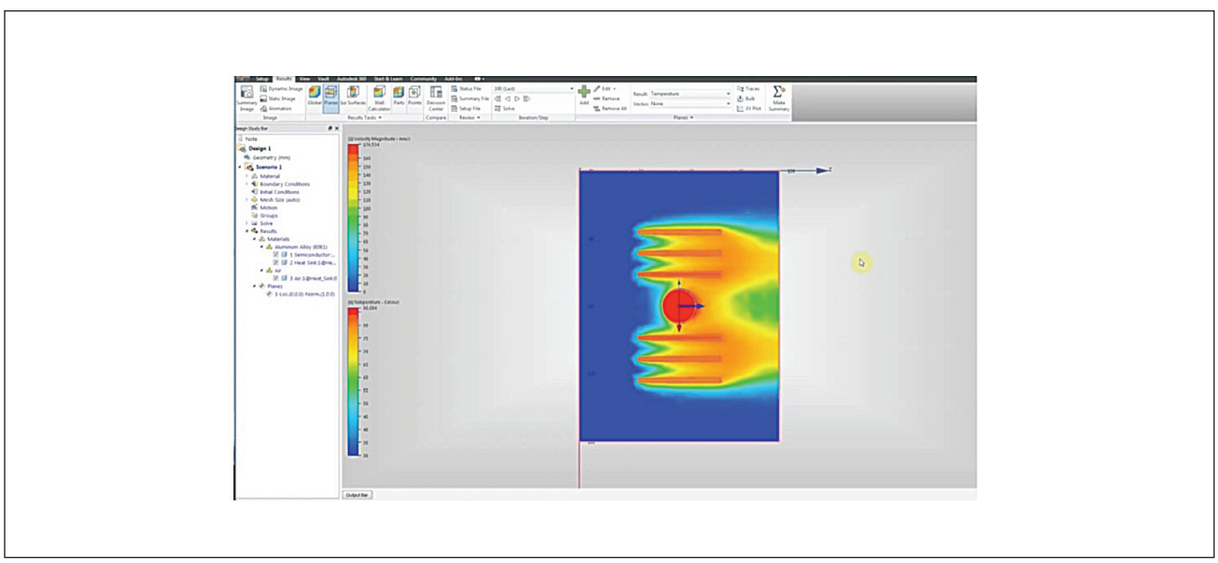
Şekil 74: *Aylık Derece Gün Sayısı için Pasif Uyarlanabilirlik Endeksi*

7.3.3 Ağaç ve Bitkilendirme Yoluyla Bina Kabuğundaki Isı Kazançlarının Azaltılması

Tahmin edilebileceği gibi ağaç ve doğru bitkilendirme bina cephesine gölge vereceği ve istenmeyen güneş radrasyonunu engelleyeceği için bina kağuğunda ısı kazançlarının azaltılmasına neden olabilmektedir[IK1] [IK1].

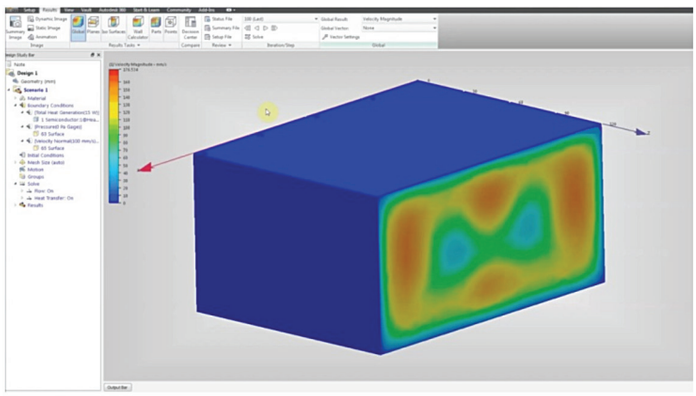
Ağaç ve bitkilendirme istenmeyen güneş radyasyonunu engellemesi ve binaya gölge vermesi için ağaç ve bitkilendirmenin yazın yaprak veren kışın yaprak döken ağaçlardan ve bitkilerden seçilmesi gerekmektedir. Bu sayede kışın gerekli olan güneş radrasyonunun bina kabuğu üzerinden iç mekana yansıması sağlanabilir. Yazın ise istenmeyen aşırı güneşten kazançların soğutma yüklerini de artırmasın için destek verebilmektedir.

Aşağıda ağaç ve bitkilendirme kullanıldığında etkilerinin ölçümlerine yönelik örnekler bulunmaktadır.



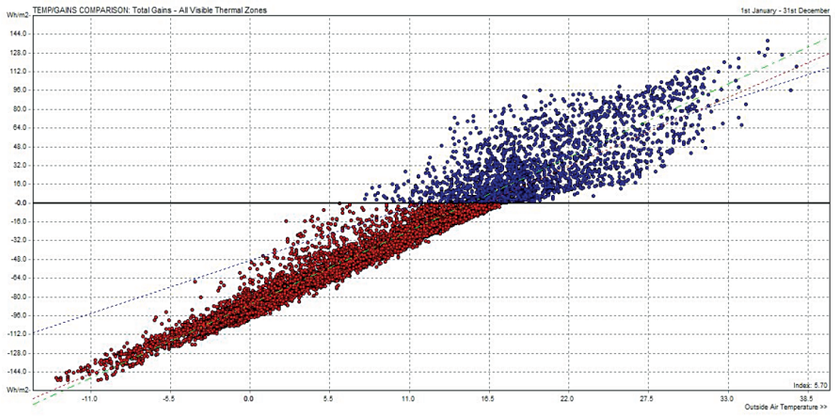
Şekil 75: *Bina içi ısı analiz*

Autodesk® Simulation® yazılımı ile, binanın dışı ve içindeki alanlar için ısıl analiz ve sıcaklık ayarlama geri bildirimi yapılabilir.



Şekil 76: *Bina dışı ısı analiz*

Sonuçlar, hem 2D hem de 3D olarak hava akış ve sıcaklık değişimlerini grafik olarak gösterebilir. Sonuçlar küresel (gösterildiği gibi), düzlemsel, eş-sıcaklık yüzeyleri, duvarlar, parçalar ve bina genelinde noktalar olarakta gösterilebilir.



Şekil 77: *Sıcaklık Kazançları Karşılaştırması*

7.3.4 Dış Gölgeleme Elemanlarının Doğal Aydınlatma Etkilerinin Belirlenmesi

Gölgeleme elemanları (güneş kontrol elemanları), hacimlerde gölgeleme istenen dönem için pencerelerden direkt güneş ışığı ve ışınımının girmesini önlemek ve bu şekilde iklimsel-görsel konfor koşullarını sağlamak amacıyla cephede kullanılan sistemlerdir. Güneş kontrol elemanlarının binalarda sabit ya da hareketli olarak uygulanması mümkündür. Gölgeleme araçları cephenin dışında yahut iç mekanda uygulanabilmektedir. Bu araçların tasarımı, pencerelerin baktığı yöne bağlı olarak gölgeleme istenen dönemde hesaplanan profil açısı uyarınca gerçekleştirilir. Gölgeleme araçlarının Türkiye koşulları için güney yönünde yatay, doğu ve batı yönleri için düşey, güneydoğu-güneybatı yönleri için ise karma tipte kullanımı önerilmektedir. Gölgeleme araçlarının ön tasarım aşamasından itibaren bina cephesi ile birlikte ele alınması önerilir. Bunun yanı sıra panjur, jaluzi gibi binalara daha sonradan bütünleştirilecek sistemler de mevcuttur.

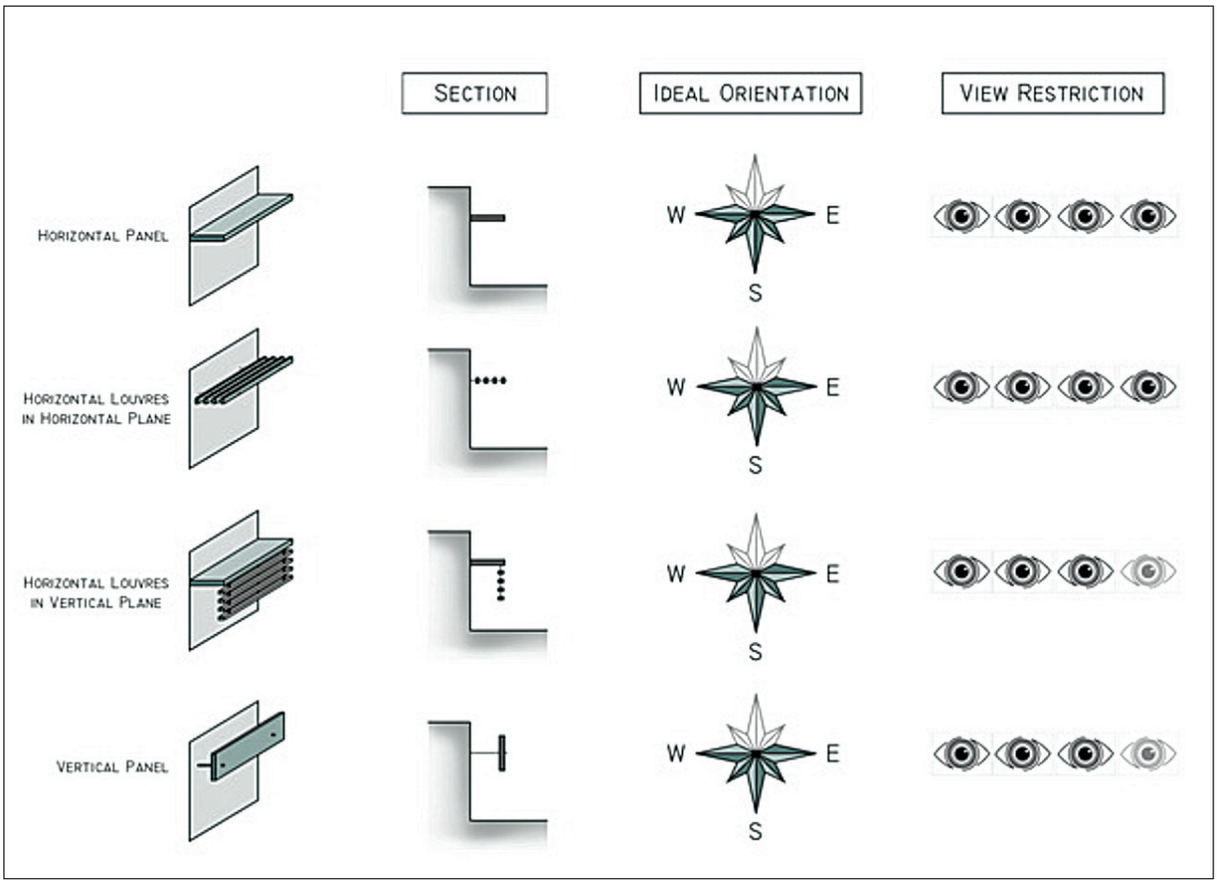
Tablo 24. Gölgeleme faktörleri

PF değeri	Gölgeleme kat sayısı çarpanı
0.0-0.1	1.00
0.1-0.2	0.91
0.2-0.3	0.82
0.3-0.4	0.74
0.4-0.5	0.67
0.5-0.6	0.61
0.6-0.7	0.56
0.7-0.8	0.51
0.8-0.9	0.47
0.9-1.0	0.44

İç ve dış sıcaklık farkı yılın 8760 saati için biribirinden farklı olup, kontrol edilemez. Her tasarım seçeneği için tüm saatlere ait ısıtma, soğutma ve diğer yükler enerji modelleme porgramı çıktılarından incelenebilir. Gölgeleme faktörü cam özellikleri ve sadece otomatik gölgelendirme ile dinamik olarak (güneş radyasyonuna bağlı olarak) kontrol edilebilir. Hareketsiz (sabit) gölgelendirme sistemleri ise otomatik gölgelendirme sistemlerine göre düşük performanslı olmakla birlikte yine de faydalıdır.

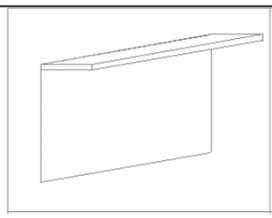
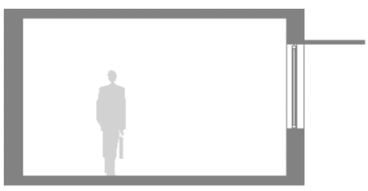
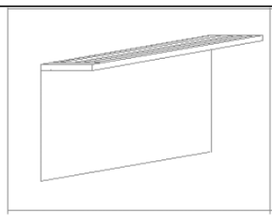
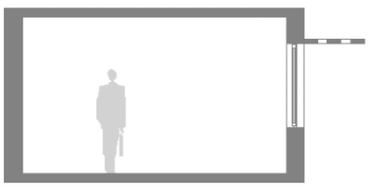
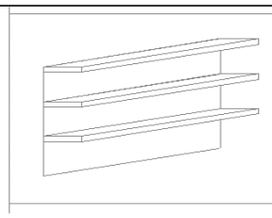
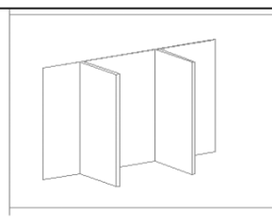
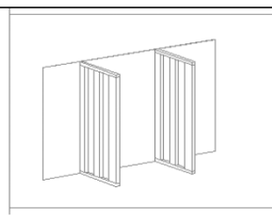
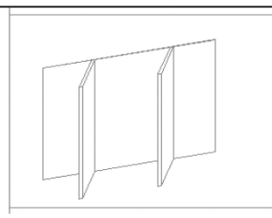
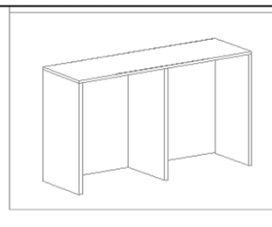
Dıştan gölgeleme incelenirken "*Projection Factor-PF*" kavramı yararlı olmaktadır. PF projeksiyon faktörü, H gölgeleme elamanı yüksekliği, P gölgeleme elamanı genişliğidir.

Tablo 24'deki değerler, ASHRAE 90.1 standardından alınmıştır. Soğutma yükleri fazla olan durumlarda (özellikle güney yönündeki cam cephelerde) en az PF=P/H<0.5 olacak şekilde gölgeleme elemanı seçilmesi uygun olur. Diğer yandan tablodan bu değer için gölgeleme çarpanı 0.61 olduğu görülür. Bu durum yazın güneş radyasyonunu ve dolayısıyla soğutma yüklerini düşürecektir. Buna karşın kışın güneşten yararlanma bir miktar azalacaktır. Şekil 78'de yönlere göre dış gölgeleme elemanlarının cephe yüzeyindeki yerleşimlerine yönelik opsiyonları görülmektedir. Tablo 25'de çeşitli güneş kontrol elemanı tipleri ve uygulandığı yönler verilmektedir.



Şekil 78: *Bir binada yönlere göre dış gölgeleme elemanları*

Tablo 25: Çeşitli güneş kontrol elemanları ve uygulandıkları yön bilgileri

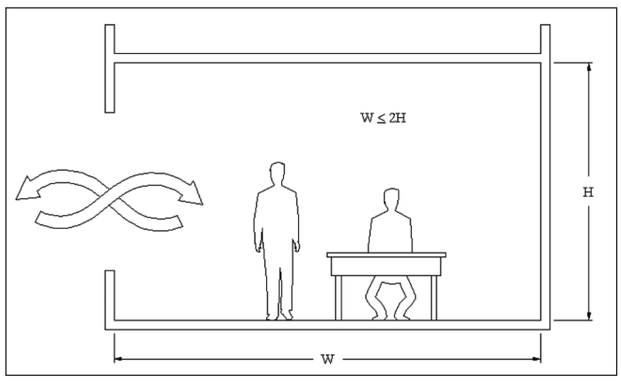
Görünüş	Kesit	Yön
		Güney
		Güney
		Güney
		Doğu - Batı
		Doğu - Batı
		Doğu - Batı
		Doğu Batı Güneydoğu Güneybatı

7.3.5 Açılabilir Pencerelerin İrdelenmesi

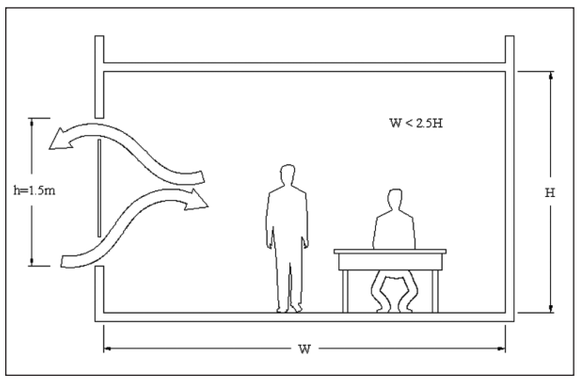
Yeterli bir havalandırma için bina cephesinde oluşturulan açıklıklar, kurulan sistemin yapısı ve kontrol şekli önemli olmaktadır. Havalandırma mekanizmalardan birisi de pencerelerin açılması ile yapılan havalandırmadır. Bu yöntem genellikle yüksek katlı olmayan ve daha çok konut tipi binalarda uygulanmaktadır. Açılabilir pencerelerin tasarımı, binaların doğal yöntemler ile havalandırılması açısından önem taşımaktadır. Açılabilir pencerelerin binalarda kullanımı, havalandırma amaçlı olmakla birlikte binaların gün ışığı ile aydınlatılması hedefiyle de gerçekleşmektedir.

Pencereler vasıtasıyla yapılacak doğal havalandırmada aşağıdaki ve benzeri hususlar dikkate alınır:

Tek taraflı havalandırma; Bu havalandırma mekanın tek bir tarafındaki pencereler (veya oluşturulan açıklıklar) vasıtasıyla yapılan havalandırmadır. Şekil 79'de görülen tek pencereli tek taraflı havalandırma şeklinde havalandırmayı sağlayan etken rüzgardır. Burada diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında daha az etkin havalandırma söz konusu olup havalandırma havası tüm mekanı tarayamaz. Diğer yandan Şekil 80'de görüldüğü üzere, bina cephesinde farklı kotlarda iki açıklık bulunması halinde, bu açıklıklar arasında tek açıklığa nazaran daha fazla havalandırma meydana gelir. Bu çerçevede alttaki açıklığın olabildiğince düşük kotlara yerleştirilmesi yararlıdır.

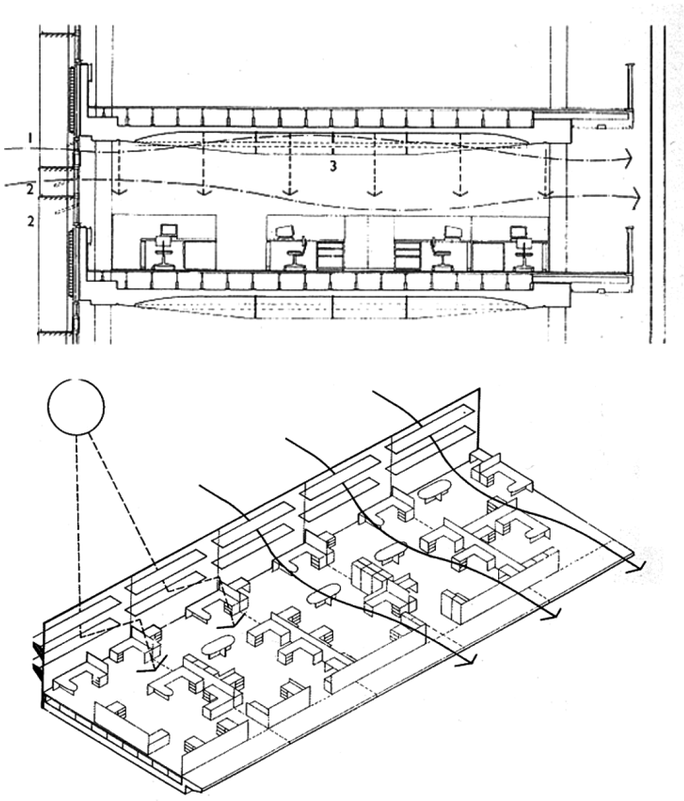


Şekil 79: *Tek taraflı tek açıklıklı havalandırma*



Şekil 80: *Tek taraflı çift açıklıklı havalandırma*

Çapraz (çift taraflı) havalandırma; Bu tip havalandırma mekanın karşılıklı iki duvarında açıklık olması halinde oluşabilir. Hava alt kottan girer ve üst kottan çıkar. Hava insanların bulunduğu bir mekanı tarayarak mahaldeki ısının bir bölümünü ve kirliliği alarak üst açıklıktan çıkar. Çapraz havalandırmadaki havalandırma verimi tek taraflı havalandırmaya göre oldukça yüksektir. Ancak çapraz havalandırma için mekanlarda bir derinlik sınırlaması bulunmaktadır. Bu sınırlama binanın dar ve uzun bir plana sahip olmasını gerekli kılar. Mahal genişliği hesaplanırken hava akımına karşı oluşan dirençlerin dikkate alınması gerekir. Eğer binanın bir yüzeyindeki açıklık kapatılırsa veya mekanda iç bölmeler oluşturulursa hava akışı yetersiz kalır, havalandırma tek taraflı ve tek açıklıklı havalandırma şekline döner.

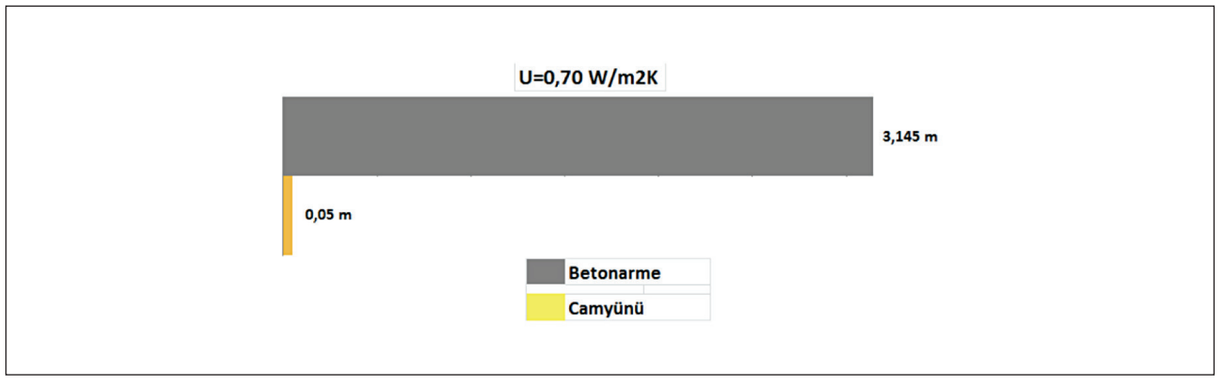


Şekil 81: *Çapraz havalandırma örneği*

7.3.6 Bina Kabuğunun Gömülü Enerjisinin Değerlendirilmesi:

Bina kabuğu, yapılarda iç ve dış ortamları birbirinden ayırarak iç ortamı dış ortamdan kaynaklanan olumsuz çevresel etmenlerden koruma fonksiyonunu üstlenmektedir. İdeal bina kabuğunun, dış ve iç ortamlardaki değişiklikler karşısında kullanıcı için optimum şartların sağlanması ve korunması amacını taşıması gerekir. Işık geçirgenliği, ses, ısı ve hava için değişen ihtiyaçlara, enerji kullanımını minimize ederek uyum sağlayabilmelidir.

Enerji verimliliği düşünüldüğünde bina kabuğunun ısıtma ve soğutma açısından çok büyük önemi vardır. Soğuk hava koşullarında bina içinden bina dışına doğru (sıcaktan soğuğa doğru) ısı akışı dolayısıyla ısı kaybı söz konusudur. Bu ısı kaybının azaltılmasında en temel etmen bina kabuğunun ısıl direncinin yüksek olmasıdır. Bina kabuğunun ısıl direnci, bina kabuğunda kullanılan malzemelerin ısı iletkenlik katsayılarına ve kalınlıklarına bağlıdır. Şekil 82'de betonarme bir malzeme ile camyünü yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik katsayıları sabit olursa malzeme kalınlığında ne kadarlık bir değişme olacağına dair örnek verilmektedir. Isı iletkenlik katsayıları düşük, kalınlıkları fazla olan öğelerin ısı iletkenlik dirençleri yüksektir. Yalıtım malzemeleri daha az malzeme kullanımı ile bu işlevi yerine getirebilmektedirler . Fakat yalıtım malzemelerinin üretiminden kaynaklanan gömülü enerji ve karbon değerlerini dikkate alarak bir malzeme seçimi yapılmalıdır. Zira, bu değerler kullanılan yalıtım malzemesi için ne kadar yüksekse sağlayacağı enerji kazancı da o kadar az olacaktır. Bir başka deyişle yalıtım malzemesini üretmek için gerekli olan enerjinin kendini amorti etme süresi daha uzun olacaktır.



Şekil 82: *Aynı oranda ısı yalıtımı direnci sağlayan betonarme ve cam yünü malzemenin, malzeme kalınlığı yönünden karşılaştırması*

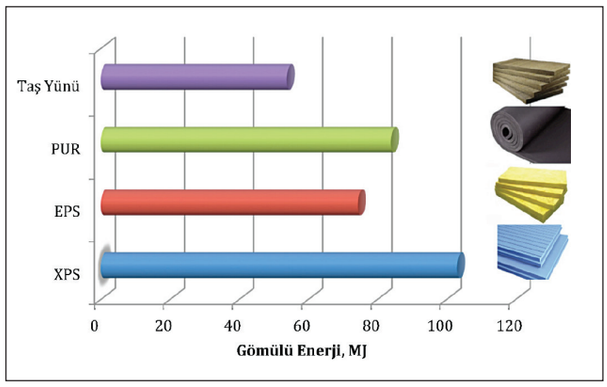
TS 825'e göre binalarda kullanılan yalıtım malzemeleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır:

- Ahşap yünü levhalar
- Yerinde imal edilmiş köpük malzemeler (PUR)
- Reçine-Formaldehit (UF)
- Sentetik köpük malzemeleri (EPS-XPS)
- Fenol reçinesinden sert köpük (PF) levhalar,
- Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (Cam yünü-Taş yünü)

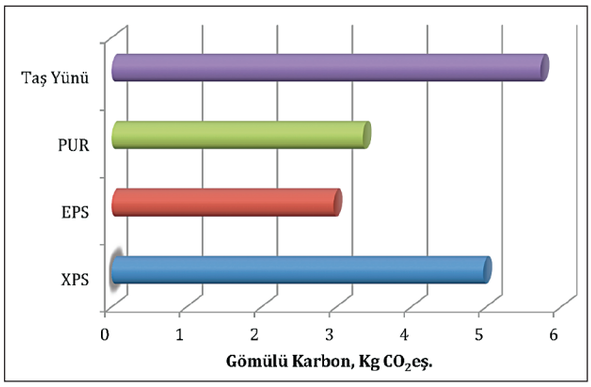
Yalıtım malzemelerinin bina ömrü süresince birim alan başına sağladıkları ısıl direnç (1m2 K/W) bazında karşılaştırılması gerekmektedir. Tablo 26'da bu değerler Türkiye'de de yoğun olarak kullanılan yalıtım malzemeleri için verilmiştir. Her bir malzeme için verilen değerler Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmaları ve yayınlanan ÇÜB belgelerinden en az dört referansın ortalaması olarak verilmiştir. Şekil 83'de görüldüğü gibi aynı yalıtımı yapan malzemelerden petrol kaynaklı organik malzemeler XPS, EPS ve PUR, üretimlerinde harcanan enerjiden dolayı inorganik taş yününe göre yüksek enerji tüketimine sahiptirler. Bu enerji üretimden öte daha çok hammadde kaynaklı olmaktadır. Zira taşyünü üretiminde üretim kaynaklı enerjiler yüksek sıcaklık gereksinimlerinden dolayı daha yüksektir. Fakat toplamda organik bazlı ürünlere göre daha düşük olmaktadır. Şekil 83'te ise karbon emisyonu açısından ise taş yününün yüksek olduğu görülmektedir. Taş yünü bazalt taşların (alumina-silikat), demir-çelik cürufu ve kireç ya da dolomit karışımının ergitilmesiyle elde edildiğinden hammadde kaynaklı doğrudan karbon emisyonları da ortaya çıkmaktadır (Ecofys, 2009). Bir başka deyişle enerji ile karbon arasında doğru orantı yoktur.

Tablo 26: Ömrü 50 yıl olan bir binada 1m² K/W ısı iletim direnci sağlamak amacıyla gerekli yalıtım malzemesi miktarlarına göre gömülü enerji ve karbon değerleri (Pargana, 2012)

Yalıtım Malzemesi	Ortalama Ağırlık, kg	Gömülü Enerji, MJ	Gömülü Karbon, Kg CO_2 eş.
XPS	1.13	103.09	4.96
EPS	0.69	74.35	2.96
PUR	0.81	83.95	3.35
Taş Yünü	2.62	53.79	5.72



Şekil 83: *Ömrü 50 yıl olan bir binada 1m² K/W ısı iletim direnci sağlamak amacıyla gerekli yalıtım malzemesi miktarlarına göre gömülü enerji değerleri (Pargana, 2012)*



Şekil 84: *Ömrü 50 yıl olan bir binada 1m² K/W ısı iletim direnci sağlamak amacıyla gerekli yalıtım malzemesi miktarlarına göre karbon değerleri (Pargana, 2012)*

7.3.7 Mimari ile Bütünleşik Aktif ve Pasif Sistemlerin Bina Kabuğu Performansı için Değerlendirilmesi

Bütünleşme ve mimari bütünleşme kavramı

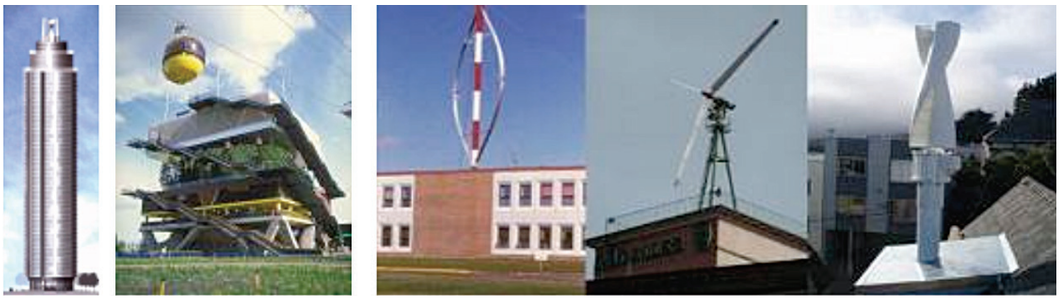
Bütünleşme kavramını mimarlık disiplini içerisinde tam anlamıyla tanımının yapılabilmesi ve tamamen bütünleşik olan tasarım kurgusunu irdeleyebilmek için bina-bağımsız, bina-monte kavramlarını açıklamak gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarını, elektrik enerjisi ve ısı enerjisi haline dönüştürerek, enerji tüketiminin tamamı ya da bir kısmını karşılayabilen rüzgâr türbini, güneş pilleri, kolektörler, v.b. güç ve eksen odaklı olarak sınıflandırıldıkları gibi, binalarla etkileşimlerine göre de sınıflandırılabilmektedirler. Bu sistemler bina-bağımsız, bina-monte ve bina-bütünleşik olarak üç temel grupta incelenebilmektedir.

Bina-bağımsız olarak uygulanan sistemler binanın mimari tasarımı içinde yer almamakta, kent ve kırsal yerleşim yerleri gibi daha bölgesel çözümler sunmaya yönelik ele alınmaktadır. Bu sistemler yapılı çevreden (binalardan) mimari tasarım ve strüktür bağlamında tamamen bağımsız düşünülmüş olup, binanın yönlenme, konum, etrafındaki bina yoğunluğu gibi herhangi bir potansiyelini kullanmayan sistemlerdir. Bunlara örnek olarak rüzgâr türbini ve güneş pili çiftlikleri verilebilir.

Bina-monte olarak uygulanan sistemlerde, mimari tasarım kaygısı taşımayabilirken, tam bütünleşik olanların aksine binanın formunu mevcut güneş ve rüzgâr kazancını değiştirmek ya da artırmak amacıyla kullanılmamaktadır. Bu uygulamalar mevcut veya tasarım aşamasındaki binalara tatbik edilebilmektedir. Bu tarz uygulamalarda, bina formu tasarımına köklü müdahaleler yerine küçük ölçekli iyileştirmeler yapılabilmektedir. Sonuç olarak bina-monte teknolojilerde mimari form, güneş ve rüzgâr enerjisi etkin tasarım kaygılarını taşımamaktadır. Örneğin bina-monte rüzgâr türbinleri, Vauxhall Tower'da olduğu gibi binanın mimari tasarımına uyum kaygısı taşıyabilirken, Alman Pavyonu'nda (Expo 2000)'de olduğu gibi taşımayabilir (Şekil 85 ve 86).

Bina-bütünleşik olarak uygulanan enerji kazancı sağlamaya yarayan aktif sistem teknolojilerinde ise mimari tasarımın, enerji kazancını sağlamaya yönelik kurgulanması temel alınmaktadır. Bu yaklaşım mimari tasarım sırasında sürece dâhil edilmiş olup, binanın/binaların formu tarafından desteklenerek, rüzgar enerjisi



Şekil 85: *Vauxhall Kulesi ve Alman Pavyonu (Expo 2000),* ***Şekil 86:*** *Bina-monte rüzgâr türbini örnekleri*

için rüzgarın yönünü, hızını ya da yoğunluğunu değiştirmek ya da artırmak suretiyle güneş enerjisi için güneş yoğunluğunu, ışınım şiddetini, binanın güney/güneydoğu/güneybatı yönlerinin enerji verimliliği olan cephelerine bütünleşik pasif ve aktif enerji kazancı sağlayan sistemlerle donatılarak bu yaklaşım sağlanmaktadır. Asıl amaç, mimari estetik kaygılara son verecek mimari bütünleşik tasarım fikrini destekleyecek şekilde elde edilecek olan enerjinin maksimum seviyelere yükseltilmesi hedeflerine yönelik olarak uygulanan teknolojilerdir (Günel vd., 2007).

Mimari bütünleşik enerji kazançlı sistemlerin sonuç ürün olarak ortaya çıktığı bir yapı ancak bütünleşik tasarım sürecinin bir sonucu olmaktadır. Bütünleşik tasarım süreci, program hazırlama, tasarım, planlama, inşa etme ve kullanım evrelerinde tasarımda çalışmış tasarımcılar, mühendisler, kullanıcılar ve işverenlerin de katıldığı ekolojik hedeflere yönelik çalışma sürecidir.

7.3.7.1 Enerji Etkin Yapı Tasarımı

"Enerji mimarlığı, geleneksel mimarlıkla çatışmayan, onu destekleyen ve tamamlayan bilgileri kullanan bir anlamda alternatif mimarlıktır. Enerji mimarlığı aynı zamanda ekolojik mimaridir. Çünkü ekolojik olmak aslında doğaya uyumlu yani "ekonomik" olmaktır. Dolayısı ile bir yandan doğal dengeleri gözetirken aynı zamanda "daha az enerji harcamaktır" (Erengezgin, 2001).

Enerji etkin tasarım, binanın enerji korunumuna önem verilmesi, iklim verilerinden yararlanarak, doğal girdilerin ve pasif denetim olanaklarının iyi değerlendirilmesidir. Bina tipi ve çevre verilerine en uygun pasif ısıtma, soğutma, havalandırma, doğal aydınlatma tekniklerini uygulamak ve pasif denetim mekanizmalarını tasarlayarak enerji kullanan aktif sistemlerin müdahalesini geciktirmeye çalışmak olarak özetlenebilir (Utkutuğ, 2000)

Enerji etkin yapı tasarımı; yönlenme ve araziye yerleşim, mikroklima kontrolü, bina formu ve iç planlama, bina kabuğunun ısı korunumu, kontrolsüz hava sızıntılarının önlenmesi açısından hava sızdırmazlığı, havalandırma ve güneş kontrolü, pasif güneş tasarım ilkelerinden yararlanma, ısıtma-soğutma-sıcak su-aydınlatma-enerji ile çalışan aletlerin seçim ve işletiminde enerji etkinliğinin sağlanması kriterlerine bağlı olarak yapılabilmektedir (Utkutuğ, vd., 2003).

Enerji etkinliğinin meydana gelmesi için ekolojik bir tasarımın bileşenlerini oluşturan yaklaşımların enerji etkin bina tasarımı ile birlikte ele alındığında şekillendiği görülmektedir. Birlikte ele alınmasında fayda sağlanan kavramlardan biri pasif ve aktif bina tasarımıdır. Temelde kavramsal kurgusunun enerji etkin ilkelerle kurulu olduğu tasarım sürecinden ortaya çıkacak sonuç ürünün de enerji etkin yapı olduğu görülmektedir.

Bütünleşik enerji tasarımı, düşük enerjili bina yapabilmek için pasif enerji tasarımını ve sürecin başından bitimine kadar enerji kazancı sağlayacağına inanılan sistemleri (aktif sistemleri) tasarım sürecine dâhil etmektedir. Pasif sistem tasarımları önceleri ekolojik mimarlığın temel mimari elemanlarıyken, yapı teknolojisinin gelişmesiyle teknolojinin mimari bir eleman olarak kullanılması kaygısıyla bütünleşme kavramı ortaya çıkmıştır. Böylece bina bütünleşik pasif ve aktif sistem yapı teknoloji tasarımında yerini almıştır.

7.3.7.2 Pasif ve Aktif Bina Tasarımı Kavramı

Etkin enerji kullanımının mimarlık disiplinindeki yansımaları pasif ve aktif sistemler şeklinde görülmektedir. Modern mimari çağı, çevre koşullarına dikkat edilmeden inşa edilen dönem yapıları ile dolmuştur. Buna göre çevre koşullarının ve koşulları ortaya koyan bilimsel verilerin yorumlanabilme kabiliyeti tasarımcılar için bir sorumluluk olmaktadır. Aksi takdirde nüfus artışı, daha konforlu yaşam isteği, aşırı teknolojik ürün ve malzemelerin yaşamın içine dâhil olmasından dolayı enerji talepleri karşılanamaz boyutlara çıkmaktadır. Enerji taleplerinin karşılanması amacıyla hükümetlerin verdiği günün kurtarılmasına yönelik yanlış kararlar ise küresel boyutlarda iklim değişikliği ve buna bağlı olan ısınmayı çözmek için alternatif oluşturmamaktadır. Buna göre tasarımcıların pasif güneş tasarımını, temel tasarım ilkeleri olarak benimseyip, aktif bina sistemlerini de yardımcı teknolojiler olarak uygulayabilmeleri gerekmektedir (Roaf, 2007).

Yapay ısıtma ve yapay soğutma sistemlerinin çalışmadığı dönemlerde, yani 'aktif iklimlendirme' yapılmadığı zaman bina iç mekânları 'pasif iklimlendirme' koşullarındadır. Pasif iklimlendirmenin amacı, yapay ısıtma ve soğutmaya dayalı sistemlerin ve bilinen, tükenen, çevre kirleten enerji kaynaklarının kullanımını minimuma indirgemek ve mümkünse hiç kullanmamaktır. Bu amaçla her tür aktif ısıtma-soğutma sistemini işin dışında tutarak, yapının; kütle, mekan boyutları ve formu, yönlendiriliş durumu, yerleşme dokusu, yapı kabuğunun termofiziksel ve optik özellikleri, doğal havalandırma düzeni gibi değişkenlerin pasif iklimlendirme çerçevesinde optimum yarar sağlayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir (Utkutuğ, vd., 2003).

Docherty and Szokolay'a göre (1999), pasif yapı tasarımında en önemli faktör "yönlenme" dir. Tropikal kuşak dışında güneş kazancı, ışık ve ısıtma için en iyi yönlenme ekvatora doğru olan yönlenmedir. Tropikal iklimde güneşten korunmanın en iyi yöntemi büyük saçaklar ve çatılar tasarlamaktır. Eğer bina cepheleri doğu veya batıya 15^{o} açıyla dahi yönlenirse, enerji miktarında kullanım amaçlı fark oluşmaktadır. Basitçe ılıman iklimde bir evin oturma odası bölümünün güneşe doğru olarak tasarlanması yıllık ısıtma giderlerinden %30 tasarruf sağlamaktadır. Batı yönünün az güneş ışınım değeri, gün ortasında oldukça sıcaklık yaratarak yüksek enlemlerin dışında batı cephesinde yer alan mekânların aşırı ısınmasına neden olmaktadır (Roaf, 2007).

7.3.7.2.1 Mimari Bütünleşik Pasif Sistemler

Akıllı bir bütünleşik tasarımının gerçekleştirilebilmesini olası kılan pasif ve aktif sistemlerin güneş ve rüzgâr enerjisinden yararlanma yöntemleri kabukta farklı sistem bileşenlerinin kullanımını doğurmaktadır.

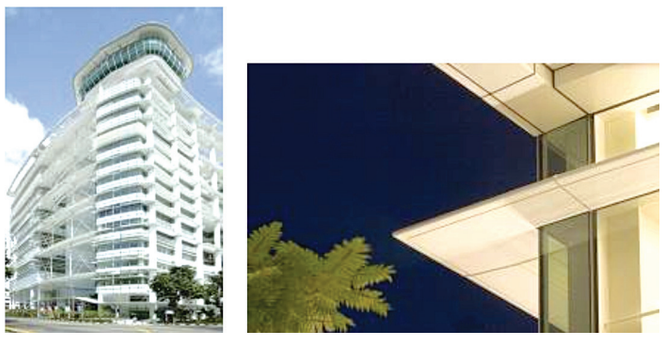
Yenilenebilir enerjinin toplanması, depolanması, dağıtımı doğal ısı akışına dayalı olarak gerçekleşmektedir. Her tür enerji tüketen yapay ısıtma ve iklimlendirme sistemlerini işin dışında tutarak, yönlendirme, yapı formu ve dış kabuk termo fiziksel özellikleri yapı bileşenlerinin tasarımı gibi yapısal parametrelere güneş enerjisinden yararlanma açısından optimal çözümler kazandırmayı ve yapının pasif bir ısıtma ve iklimlendirme sistemi olarak çalışmasını hedeflemektedir (Utkutuğ, vd., 2003).

7.3.7.2.1.1. Pasif Güneş Enerji Sistemleri

Bu sistemler hem ısıtma, hem de aydınlatma sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneş ışınlarının verimli kullanılmasıyla mekânın en derin noktalarına kadar gün ışığı ulaşabilirken, bir yandan da binanın doğru bir yönde konumlandırılması ile ısıtma da sağlanabilmektedir.

7.3.7.2.1.1.1 Aydınlatma-Işık Rafı

Işık rafı, günışığının binanın mekân içi derin noktalarına kadar girmesini sağlayan bütünleşik pasif tasarım mimari elemanıdır. Bu elemanlar genellikle haddeden çekilmiş alüminyum iskelet sistemi ve alüminyum kompozit panellerden yapılmaktadır. Dik ışık yansıtıcı kompozit eleman pencere boşluklarına göz hizasının üstünde konumlandırılır ve yansıtıcı yüzey sayesinde tavana yansıtılan günışığı mekânı aydınlatmaktadır. Işık rafları, pencere üstü ve taban arasındaki mesafenin 2.5 katı kadar mesafede günışığını içeri alabilirken; gelişmiş ışık rafı sistemlerinde 4 katı mesafeye kadar günışığı mekan içlerine alınabilmektedir. Işık rafı tasarımlar daha etkin günışığından yararlanma ve doğru güneş açısı hesabıyla ideal gölgeleme sağlamaktadır. Işık rafının mimari formun tamamında baskın olarak kullanılan örneklerinden biri Singapur'da bulunan Doğa Kütüphane Binasıdır. Bu binada bütünleşik ışık rafı tasarımı sadece dış uzantılıdır. Bina enerji etkinliği, su etkinliği, iç hava kalitesi, günışığından maksimum yararlanmak için yönlenme kararları, ısıyı konfor koşullarında tutabilmesi, ışık rafını ve ışık tüpünü mimari form ile bütünleştirerek etkin kullanabilmesi gibi özelliklerinden dolayı Singapur'un Bina ve İnşaat Kurumu'ndan (Building and Construction Authority) 2005 yılında Yeşil Platinyum ödülü, 2007 yılında uluslararası tasarım Gümüş ödülü ve yine 2007 yılında ASEAN tarafından yeni ve mevcut binalar kategorisinde enerji etkinliği ödülü almıştır.

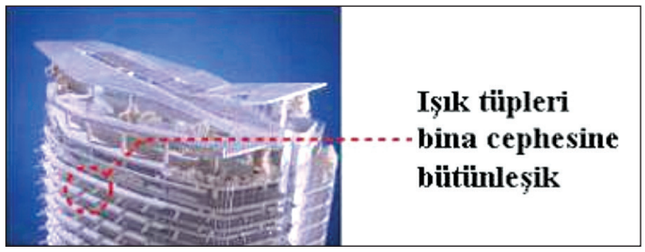


Şekil 87: *Doğa Kütüphanesi Binası ve ışık rafı detayı (URL-8)*

7.3.7.2.1.1.2 Aydınlatma-Işık Tüpü

İlk örnekleri antik Mısır uygarlığında görülen ışık tüpü tasarım prensibi; tüp veya borunun bir yerden başka bir yere taşınırken ışığın kaybının minimumda kalmasına, şeffaf tüp veya boruda ışığın yayılma süresince, kesintisiz kontrollü ışık süzmesi olabilmesine ve eşit yayılabilmesi (controlled distribution) ilkelerine bağlı olarak binalarda uygulanmaktadır.

Yeang'e göre ışık tüpleri çatı tavan arasında ilerleyen dikey pasif aydınlatmalar olmasının yanısıra yatay pasif aydınlatma elemanı olarak da tasarlanmış ve uygulanmıştır. Yatay ışık tüpü ile en fazla bir mekana 4.5 metre gidebilen gün ışığı yansıtıcılarla en az 9 m daha içleri aydınlatabilmektedir. Ayrıca 10.000 lux ışık şiddeti, tüp sonunda 200 lux'luk ideal bir değere ulaşmış olmaktadır. Yatay ışık tüpünün en iyi projelendirilmiş örneği Yeang'in Yee Nen Tower binasıdır (Yeang, 2009).



Şekil 88: *Yee Nen Tower binası cephe bütünleşik ışık tüpleri (Yeang, 2003)*



Şekil 89: *Potsdamer Meydanı Işık tüpü*

Ayrıca Potsdamer Meydanı, Berlin'de istasyonun aydınlatmasını sağlayacak dikey ışık tüpü tasarımı da bulunmaktadır.

7.3.7.2.1.1.3 Aydınlatma-Atriyum

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik'de (2009) 'Atriyum' tanımı "İki veya daha çok sayıda katın içine açıldığı, merdiven yuvası, asansör kuyusu, yürüyen merdiven boşluğu veya su, elektrik, havalandırma, iklimlendirme, haberleşme, tesisat bacaları ve şaftlar hariç, üstü kapalı geniş ve yüksek hacim"dir. şeklinde ifade edilmektedir.

Atrium mekânların hem aydınlatma hem ısı depolama hem de havalandırma yapılabilecek tampon bir mekân olması nedeniyle pasif tasarımlarda vazgeçilmez bir sistem olmaktadır. Atriumlar insanların ortak zaman geçirebilecekleri mekânlar olmasının yanısıra, güneşten gelen dolaylı ışığı mekâna şeffaf yüzeyler yardımıyla aktararak doğal aydınlatma sağlarken, kışın tıpkı bir güneş odası gibi çalışıp, yazın ise pasif yöntemler ile düşünülmüş ve farklı kotlardan aşılmış boşluklarla çapraz havalandırma yoluyla havalandırılmaktadır.

Dünya'da pek çok bina örneğinde atriumlu mekân tasarımı tercih edilmiştir. Ancak bu çalışmaların çoğunda, atriumun tek pasif tasarım öğesi olmayıp, performansın yapay ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri ile donatıldığı gözlemlenmektedir. Enerji kazancını pasif olarak sağlayan atrium örneklerinden biri 2009 yı-



Şekil 90: *Soochaw Güvenlik Genel Merkezi binası ve kesiti*

lında Goettsch Partners tarafından yarışma ile kazanılmış Soochaw Güvenlik Genel Merkezi binasıdır. Bina 21 katlı, merkezi atrium ve cephelere yaslı atrium etrafında üçgen form içinde ofis blokları ile oluşturulmuştur. Dış atrium boyunca yerel bitki çeşitleri kullanılarak bahçeler tasarlanırken iç atrium mekânıyla ısı geri kazanımı sağlanmıştır. Ofis blokları yaklaşık 32.000 m^2 iken, toplantı odaları, lobi, kafeteryalar gibi mekânlar da 8.000 m^2 alan kaplamaktadır (URL-9).

7.3.7.2.1.1.4 Aydınlatma-Işık Kuyusu

Işık kuyusu tam olarak Türkçe karşılığı olmamakla birlikte atrium ile ışıklık arasında bir büyüklüğe sahip, tasarlandığı mekânın üstünde derin bir ışık etkisi yaratırken, kuyu yüzeyine bakan mekânlar boyunca da pasif aydınlatma sağlamaktadır. Bunun en güzel örneği Gaudi'nin Batllo yapısında uyguladığı ışık kuyusunda görülmektedir.



Şekil 91: *Casa Batllo binası merkezi ışık kuyusu (URL-10)*

7.3.7.2.1.1.5 Isıl Kütle Kullanımı-Güneş Odası

Güney cephesine kurgulanan camın güneş ışınlarını hapsetme özelliğinden dolayı camekân olarak kurgulanan ne iç ne de dış mekânlardır. Güneş odası, sera, yeşil oda gibi birçok isimle adlandırılmaktadır. Güneş odası olarak tasarlanan mekânlarda ısıyı depolamaya yardımcı ısıl kütleler bulundurulmakta ve kış mevsiminde gündüz ısıl kütlelerde depolanan ısı, gece iç mekânlara taşınım, iletim, ışıma yoluyla aktarılmaktadır. Yaz içinse bu işlem terse işlemekte ancak güneş odaları için alt ve üst kotlarında havalandırma sağlanması amacıyla kontrolü sağlanabilen ventler bırakılmaktadır. Günümüzde güneş odasının ve diğer pasif uygulamaların en iyi örneklerinden biri olan BedZed yerleşkesi binalarında, güneş odalarının güney yönüne bakan cephelerinin 3 kat boyunca devam ettiği görülmektedir.



Şekil 92: *BedZed güneş odası*

7.3.7.2.1.1.6 Isıl Kütle Kullanımı-Çatı Havuzu

Çatı havuzu sisteminde su en üst kottaki metal kaplı iletken ve su sızdırmazlığı sağlanmış bir döşeme üzerine siyah zeminli plastik su yatakları yerleştirilerek kullanılmaktadır. Sistem gece gündüz sıcaklık farkları yüksek olan iklim koşullarında kışın pasif ısıtma, yazın serinletmeye yönelik kullanılmakta, yüksek verimde çalışmaktadır. Yaz ve kış koşullarında sistemin performansının arttırılması için yaz-kış, gündüz-gece koşullarında doğru denetim sistemlerinin kurgulanması gerekmektedir. Bu amaçla yaz ve kış dönemlerinde değişen iklimsel koşullara göre açılıp kapanan hareketli, ısı yalıtımlı, yüzeyi yansıtıcı kaplama içeren paneller kullanılmaktadır. Paneller kış gündüzünde açılmakta, kış gecesi depolanan ısının korunması amacıyla kapanmaktadır. Yazın tam tersi gündüz kapatılmakta, gece serinliğin depolanması için açılmaktadır.



Şekil 93: *Arizona güneş merkezinin yaptırdığı çatı havuzu*

Ancak çatı havuzları aşırı yağışlı ve/veya soğuk iklim koşullarında, çok katlı binalarda beklenen verimi sağlayamamaktadır. Sistemin çok katlı binalarda pasif olarak çalışabilmesi için mühendislik sorunlarının da çözümlenmesi gerekmektedir. Özellikle otomasyon ile kontrol edilmesi gerektiğinden pahalı bir sistemdir. Günümüzde genelde müstakil evlerin çatılarında uygulandığı görülmektedir.

7.3.7.2.1.1.7 Isıl Kütle Kullanımı-Su Duvarı

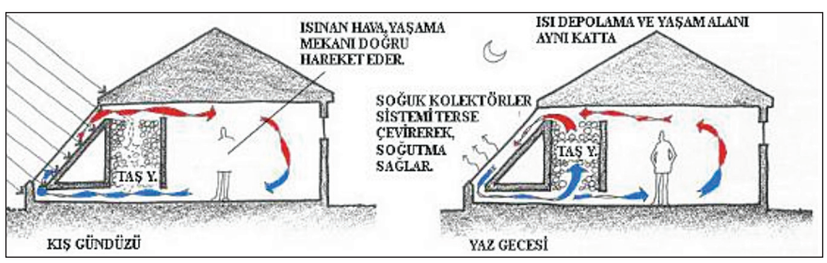
Doğrudan kazanca dayalı pasif sistemler arasında yer alan su duvarı, ısı duvarı (thermal wall) sistemlerinin bir alt sistemi olup, kışın mekânlara pasif ısı kazancı sağlamaktadır. Sistemin çalışma prensibi tıpkı çatı havuzundaki gibidir. Sadece tek farkı iç mekânlarda hem dekoratif amaçlı hem de ısı tutma kapasitesinin yüksek olması sebebiyle gündüz depoladığı ısıyı gece mekana yayarak konfor dengesine katkıda bulunur.



Şekil 94: *İç mekân su duvarı örnekleri (Anonim)*

7.3.7.2.1.1.8 Isıl Kütle kKullanımı-Taş Yataklama

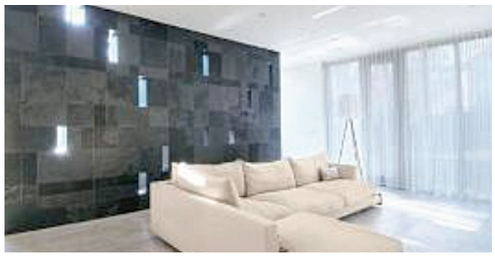
Taş yataklama, doğal taşın ısı depolama özelliğinin kullanılarak dış ortam ile iç ortam arasındaki aşırı sıcaklık farkının oluşmaması ve dengelenmesi için ara tampon bölge oluşturmaktadır. Taş yataklama termosifon sistem, güneş odası gibi farklı sistemlerde yüksek miktarda ısı enerjisinin uzun süreli depolanmasını sağlamaktadır. Günümüzde müstakil ev gruplarında güneş kolektörleri ile ısınan havanın taş yataklama tampon bölgesinden geçerek iç mekâna alınması yönteminin fazlasıyla kullanıldığı görülmektedir. Taş yataklama, aktif-pasif sistemlerden hangisiyle kullanılacağına, taşların boyutlarına, taş yataklamanın büyüklüğüne ve geometrisine bağlı bir takım hesaplara dayanmaktadır.



Şekil 95: *Taş yataklamanın güneş kolektörleri ile çalışma prensibi (URL-13)*

7.3.7.2.1.1.9 Isıl Kütle Kullanımı-Trombe Duvarı

Trombe duvarı yapı kabuğunda duvar bileşeninde ısının toplanıp, depolandığı ve dağıtıldığı pasif ısıtma-serinletme sistemleridir. Toplaç görevini üstlenen güneye yerleşmiş camlı yüzey, arkasında yer alan ısı depolama görevini üstlenen taş, tuğla, su, tuz hidratları gibi malzemeden oluşan ısıl kütle ve bu ısıl kütlenin alt-üst kotlarında yer alan ventlerden oluşur.

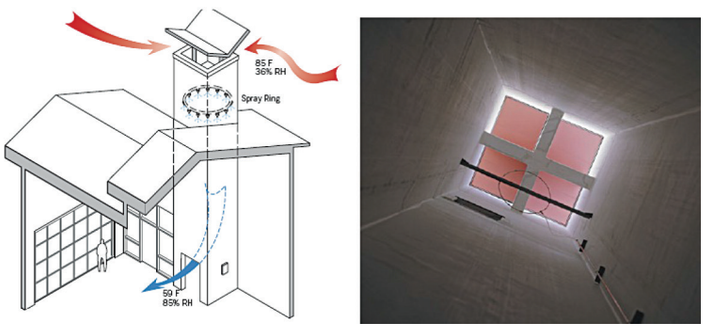


Şekil 96: *Paul Raff Studio tarafından yapılan Leed sertifikası almış trombe duvarlı Cascade House binası*

Sistemin kış-yaz, gündüz-gece koşullarında çalışması şu şekilde gerçekleşmektedir; kış gündüzünde güneş doğduğu andan itibaren, güneş ışınımları sera etkisi ile camın hemen gerisindeki boşluğu ısıtmakta, soğuk iç ortam havası alt ventten boşluğa geçip ısınmakta, üst ventten iç ortama dolanım yolu ile hızla aktarılmaktadır. Isıl kütlenin bünyesinde depolanan ısı ise, kütlenin faz erteleme yeteneği paralelinde günün ilerleyen saatlerinde ısıtmayı sağlamaktadır. Gece ters dolanıma bağlı ısı kayıplarının önlenmesi için ventler kapatılmalı, camlı yüzeyler yalıtımlı koruma panelleri ile denetlenmelidir. Yaz mevsiminde gündüz güneş kontrolü yapılmalı, sistem güneş bacası gibi çalıştırılarak, kot farkı ve sıcaklık farkına dayalı baca etkisi oluşturmalı, boşluk havalandırılarak serinletme sağlanmalıdır. Yaz gecesi ışıma ve dolanım yolu ile serinletme sağlamaya yönelik olarak camlı yüzeyler ve ventler açık tutulmalıdır (Utkutuğ, vd. 2003).

7.3.7.2.1.1.10 Serinletme-Soğutma Kulesi

Soğutma kulesi, basınç farklılığından dolayı mekânlardaki ısınan havayı kulenin üst noktasına kadar taşımaktadır. Kulenin üst noktasında yağmurlama sistemi, ısınan havayı soğutarak ağırlaştırmaktadır. Ağırlaşan havanın nem oranı artmakta, serin ve temiz bir şekilde alt kota doğru hareket etmektedir. Ancak bu hareket kulenin en üst kotundan rüzgârın kule içine yönlendirilmesiyle de daha alt kotlara indirilebilmektedir.



Şekil 97: *Küresel Ekoloji Araştırma Merkezi soğutma kulesi*

Ekolojik bir uygulama olabilmesi için yağmurlama sisteminde kullanılan suyun toplama yağmur suyu ile yapılması sayesinde binada su denetimi ve geri dönüşüm sağlanmış olmaktadır. Bu sistem sıcak-kuru iklimlerde nemlendirici ve serinletici etkisinden dolayı daha çok tercih edilmektedir. Yapılan örneklerden biri de Küresel Ekoloji Araştırma Merkezi binasıdır. Bu binanın soğutma kulesi bacasından yaklaşık 53 ^{o}C giren hava, bacanın üst kotunda yağmurlama sistemiyle soğutulmuş baca içi ve duvarlarına çarparak soğumakta ve ağırlaşmaktadır. Böylece alt kot açıklığından iç mekâna 27 ^{o}C taze hava lobiyi serinletmektedir. Küresel Ekoloji Araştırma Merkezinin çatısının tamamı da yağmurlama sistemi ile ısının uzaklaştırılması amacıyla serinletilmektedir.

7.3.7.2.1.2 Pasif Rüzgâr Enerjisi Sistemleri

Rüzgâra bina formu ya da harici bir takım bina bileşenleri ile yön verilerek aktif enerji kullanmadan mekânların havalandırılmasını sağlayan sistemlerdir.

7.3.7.2.1.2.1 Havalandırma-Rüzgâr Gülü (Bina Monte Sistem)

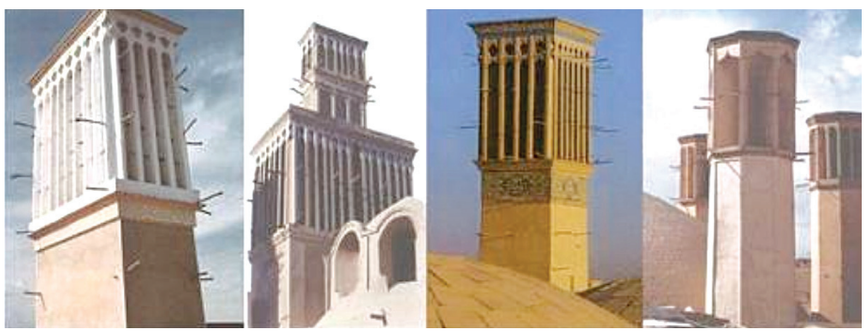
Bu tip harici bina bileşenleri, rüzgâr tarafından harekete geçirilen ve rotor (dönme) özelliği gösteren aktif parçaları sayesinde mecburi bir havalandırma sağlamaktadır. Bu sistemlerde kullanılan parçalar, devamlı bir suretle ve baca yüksekliği seviyesine ya da daha alt bir seviyeye monte edilerek kullanılmaktadır (Günel, vd., 2007).



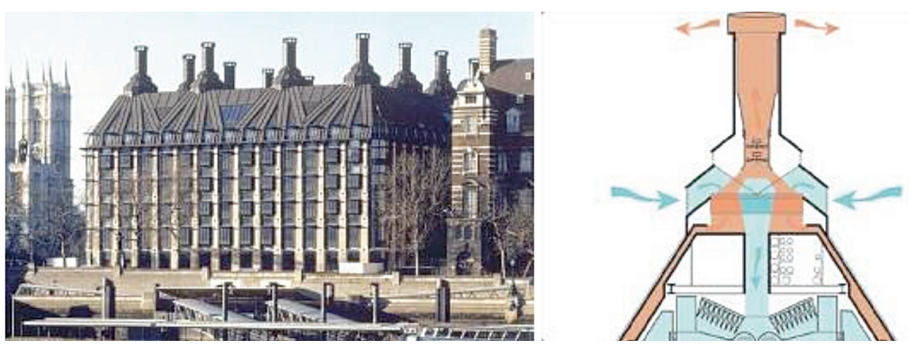
Şekil 98: *Rüzgâr gücü ile çalışan türbin vantilatör*

7.3.7.2.1.2.2 Havalandırma-Rüzgâr Bacası

Bu uygulamalar, sıcak kuru ve sıcak nemli iklim bölgelerinde baca etkisi prensibinden yararlanarak rüzgâ-



Şekil 99: *Geleneksel İran mimarisi rüzgâr bacaları (Anonim)*



Şekil 100: *Portcullis Yeni Parlamento Binası doğal havalandırma sağlayan rüzgâr bacaları*

rın pasif kullanımıyla dışarı atılması ve dolayısıyla binanın havalandırılması, serinletilmesi prensibi üzerine kurulmuştur. Rüzgâr bacası ile pasif havalandırma, geleneksel mimarlıkta da yüzyıllardır kullanılan tam olarak oturmuş bir tekniktir. Modern binalarda pasif havalandırma sistemlerinde, binanın tamamı rüzgâr bacaları ile serinletilmektedir. Örneğin Michael Hopkins and Partners tarafından 1993-2001yılları arasında İngiltere'de tasarlanan Portcullis Parlamento Binası kendine özgü bina formu ile mimari karakteristiğini oluşturmaktadır.

7.3.7.2.1.2.3 Havalandırma-Kanat Duvar

Bu sistem, sıcak kuru ve sıcak nemli iklim bölgelerinde rüzgârın iç ortama alınma yönü ve şiddetini kontrol edebilmek için geliştirilmiştir. Sistem Ken Yeang'in Menara UMNO binası örneğinde görülmektedir. Bu projede Yeang, yükselen dikey duvarın özelliğini kendi tanımıyla "rüzgâr kanadı duvarları (wind wing-walls system)" olarak ortaya koymaktadır. Binanın duvar açıklıklarının belirlenmesinden önce hava akışının nasıl gerçekleştiğini inceleyen birçok simülasyon denemesi yapılmıştır. Denemelere göre; kanat duvar sistemi, rüzgâra yön vererek havayı balkon bölgelerine toplanmakta ve açılabilir kapılar yardımıyla kontrollü olarak basınç farklılığının yaratılmasıyla doğal havalandırma sağlamaktadır. Yeang'in tasarımlarında açıklıklara yerleştirilen kanat duvarların biçimi ve konumu, rüzgârın hızını ve miktarını değiştirmekte, serinletme etkisini arttırmaktadır.

7.3.7.2.1.2.4 Havalandırma-Rüzgâr Kepçesi

Bu sistem, sıcak kuru iklim bölgelerinde kule boyunca pasif serinletmeye yönelik, hâkim rüzgârın kullanılmasında, üst kotta buharlaşmaya dayalı serinletmeyi arttırmayı sağlayan damla yağmurlama sisteminin, üst kottan alınan hava ile temas etmesiyle ağırlaşmakta pasif yolla atrium boşluğundan aşağı inmekte ve alt kotlardaki konfor bölgesinde serinletmeyi gerçekleştirmesi ilkesine dayalı olarak işlemektedir. Bu sistemin önemli örneklerinden biri Yeang'in Jabal Omar binasında kullanılmıştır.

7.3.7.2.2 Mimari Bütünleşik Aktif Sistemler

Yenilenebilir enerjinin toplanması, depolanması, dağıtılmasının doğal ısı akışlarının yerine mekanik ünitelerden oluşan aktif ısıtma ve iklimlendirme sistemleri ile kullanılmaktadır. İlk yatırım, uygulama ve kullanım maliyeti günümüzde hala yüksektir (Utkutuğ, vd., 2003). Güneş ve rüzgâr enerjisinin mekanik sistemler vasıtasıyla toplanması (kolektörler, türbinler, güneş pilleri), depolanması (aküler, tanklar), dağıtımı (fanlar, pompalar), soğutma tankları ile soğutulması ve bunların dışında elektrik elde edilmesi bu gruptaki uygulama örnekleridir.

7.3.7.2.2.1 Mimari Bütünleşik Aktif Güneş Enerjisi Sistemleri

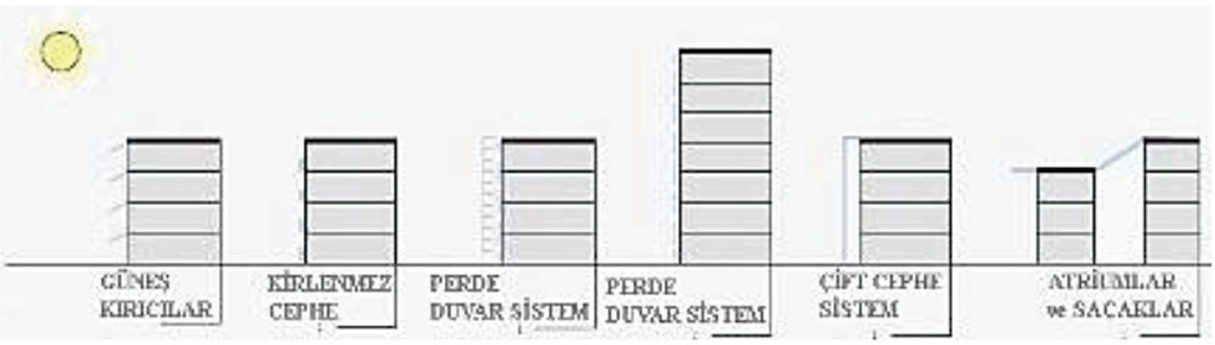
Bu sistemler içinde kullanılan en yaygın olan sistem fotovoltaikler (güneş pilleri)'dir. Güneş pillerinin dışında Türkiye'de kolektör sistemlerinin kullanımı fotovoltaiklerden çok daha eskiye dayanmaktadır. Günümüze kadar pek çok farklı teknolojik çözümleri olan kolektörler ile bu iki teknolojinin birlikte kullanıldığı sistemler de bulunmaktadır.

7.3.7.2.1.2.1.1 Güneş Pili (Fotovoltaik) (Bina Bütünleşik Sistem)

Bina bütünleşik güneş pili teknolojisi güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren güneş pillerini kullanmakta ve bina bütünleşik sistem tasarımı ile mimari karakteristiğinde ortaya koyulmaktadır. Mimari bütünleşme yoluyla uygulanan sistemlerin estetik kaygılara cevap verebilmesi, çatı ya da cephede garantili ve sağlam uyum sağlaması, kesintisiz performans gösterebilmesi, geometrik düzen içerisinde uygulama kolaylığı sağlaması, maliyetlerin gittikçe azalması, tüketim pazarına girmesi ve eski binalarda da renovasyon çalışmaları ile uygulanabilmesi gibi özellikleri ile bina bütünleşik mimari tasarım kararlarına da yön verebilmektedir.

2004 yılında Almanya'da güneş pillerinden sağlanan enerjinin %70'i bina bağımsız enerji sistemleri olarak çalışırken, %29'u bina çatı monte enerji sistemi, %1'lik güneş pili uygulamaları da bina bütünleşik olarak uygulanmıştır. O tarihlerden bu yana Almanya binanın yapı elemanı gibi çalışan, tasarımdan ayrık veya tasarıma monte durmaktan daha öte bir anlayışla, mimari tasarım kalitesini arttırmaya yönelik teknoloji geliştirme çalışmalarına devam etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) 'Güneş Pili Enerji Sistemleri Programı' sonucunda, mimari ile bütünleşik teknolojik sistemlerin tasarım kalitesini oluşturmak için bir takım dikkat edilmesi gereken kriterler belirlenmiştir. Bunlar iyi malzeme ve renk birleşimi, modüler düzen ile uyumu, modüler düzenin bina ile tatmin edici uyumu, bina tipinin ve içeriğinin güneş pilleri ile bütünlüğü ve yeni tasarım anlayışlarında enerji kazancı sağlanmasına yönelik uygulanabilirlik gibi özelliklerdir (Roberts and Guariento, 2009).

Bina kabuğunda güneş pili yapı malzemesinin bütünleşmesi; güneş kırıcı, atrium örtüsü, çift kabuk gibi



Şekil 101: *Güneş pillerinin bina bütünleşme şekilleri*

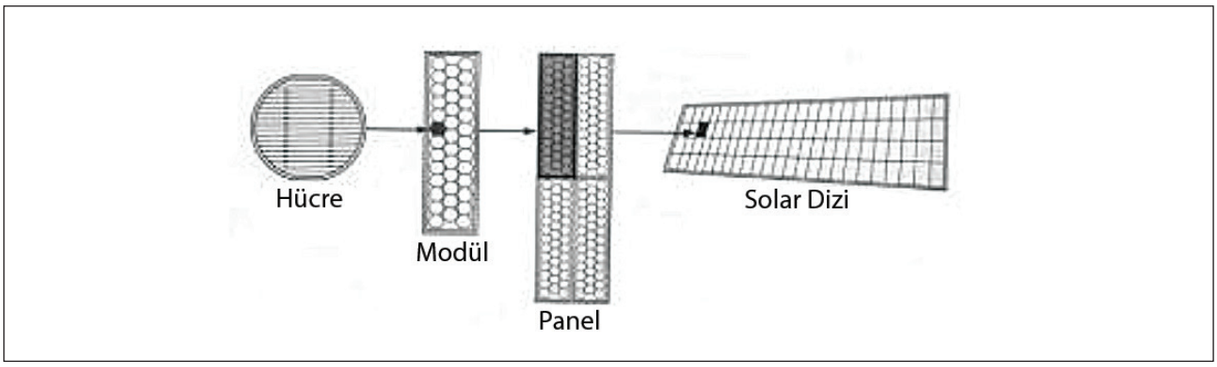
uygulamalarda görülmektedir.

Güneş pilinin (fotovoltaiklerin) yapısı ve çalışma prensibi; Güneş hücresi (solar cell) ışığı doğrudan elektrik akımına dönüştüren bir araçtır. Yarı iletken bir diyot olarak çalışan güneş hücresi, güneş ışığının taşıdığı enerjiyi iç fotoelektrik reaksiyondan faydalanarak doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür (Smith, 2006). Binalarda ısıtma ve aydınlatma başta olmak üzere pekçok donanımın gereksindiği enerjinin tamamını veya bir kısmını güneşten karşılayabilme kapasitesi olan fotovoltaik kavramı, ışık anlamına gelen "photo" ve voltaj anlamına gelen "voltaic" kelimelerinin birleştirilmesiyle türetilmiştir (URL-17).

"Güneş pili" olarak da bilinen ve güneş ışığından elektrik enerjisi üreten PV'ler, ilk kez 1839 yılında Becquerel tarafından araştırılmış, 1954 yılında ise modern anlamdaki PV hücreler (solar cell) geliştirilerek uzay teknolojisi uydu araçlarında pahalı bir elektrik üreteci olarak kullanılmaya başlanmıştır. Teknolojideki gelişme, üretimdeki endüstrileşme ve talepteki artışa bağlı olarak saat ve hesap makinelerinde, sokak aydınlatmasında, 1981 yılından bu yana da binalarda entegre olarak kullanılmaya başlanmıştır. PV paneller açık alanlarda kurulan güneş santrallerinde elektrik üretmek amacıyla kullanılırken, binalarda ilk kez çatılarda uygulanmaya

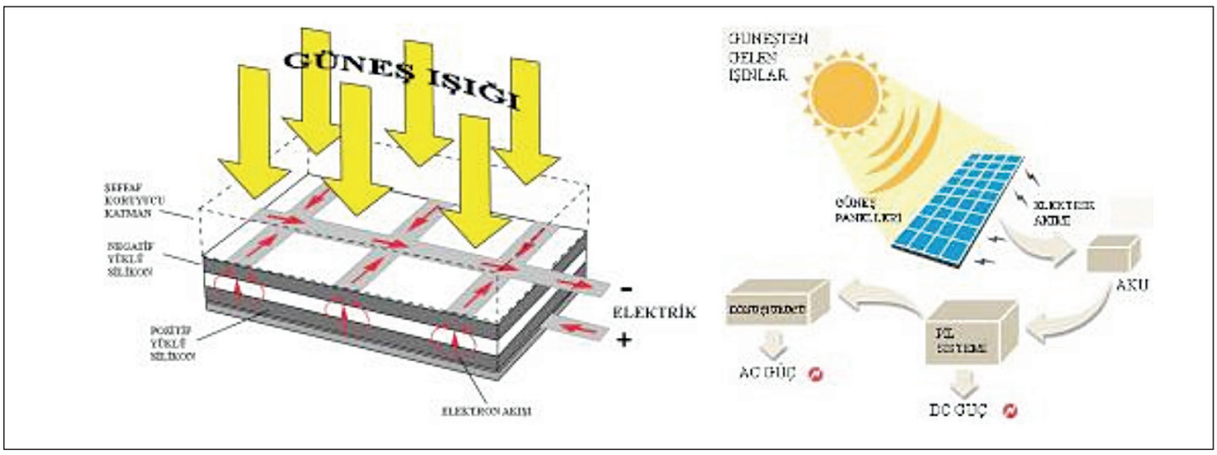
başlanmış bu bağlamda özel çatı panelleri mevcut çatılara ek bir sistem olarak ilave edilmiş, daha sonraları ise doğrudan çatı kaplaması olarak kullanılabilen PV paneller üretilmiştir. Güneş ışınım miktarının panel üzerindeki etkileri, gölgeleme, ısı geçirgenlik değeri ve sızdırmazlık üzerine yapılan araştırmalar ve bulgular, PV'lerin bina düşey kabuğunda da etkin olarak kullanılabileceğini göstermiş ve 1992 yılından bu yana pilot uygulamalar artmıştır. Günümüzdeki araştırmaların büyük bir bölümü endüstriyel yolla ekonomik PV panel elde etme yöntemleri ve pazar alanı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu çabalar, ön üretimli PV panellerin binalara entegrasyonu ve bina ekonomisi konuları ile de doğrudan ilişkilidir (Çelebi, 2002).

Fotovoltaik akım üretimi özel işlenmiş yarı iletken malzemelerden yapılan kare, dikdörtgen veya daire şeklinde biçimlendirilebilen solar hücrelerle sağlanır. Deniz seviyesinde, güneşli bir günde güneş ışınımının şiddeti 1000 W/m2 civarındadır. Bölgeye bağlı olarak 1m2'ye düşen enerji miktarı yılda 800-2600 kWh arasındadır. Bu enerji PV yapısına bağlı olarak %5-%30 arasında bir verimle elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Bir PV hücrenin çıkış voltajı yaklaşık olarak 0.5 volt civarındadır. Güç çıkışını arttırmak için çok sayıdaki hücreler seri veya paralel bağlanarak "solar modül", modüller birleştirilerek panel, ve paneller birleşerek "solar dizisi" elde edilir. Panellerin çok sayıda bağlanmasıyla daha büyük yüzeyli diziler elde edilebilir (Çelebi, 2002).



Şekil 102: *Fotovoltaik hücre, modül, panel ve dizi şematik anlatım (Çelebi, 2002)*

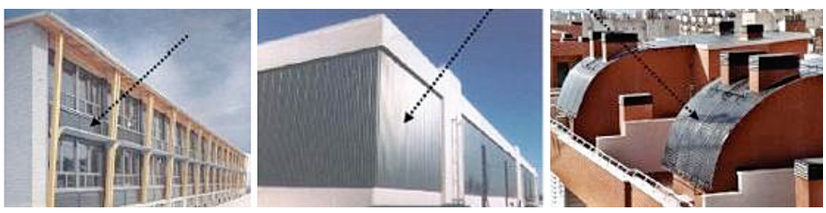
Güneş pilleri, doğru akım (DC) ve voltaj üreten aygıtlardır. Bu akım akülerde depolandıktan ve alternatif akıma (AC) dönüştürüldükten sonra bina gereksinimi için kullanılabilmekte yada şehir şebekesine ek enerji olarak aktarılabilmektedir. Güneş pilleri güneş ışığının radyoaktif etkisi sonucu silikon malzeme üzerinde elektron hareketi sağlayarak eksi yükleri toplamakta ve aküde depolamaktadır.



Şekil 103: *PV çalışma prensibi, a) güneş hcresi katmanları ve elektron akış yönü, b) güneş pillerinden oluşan enerji yolu*

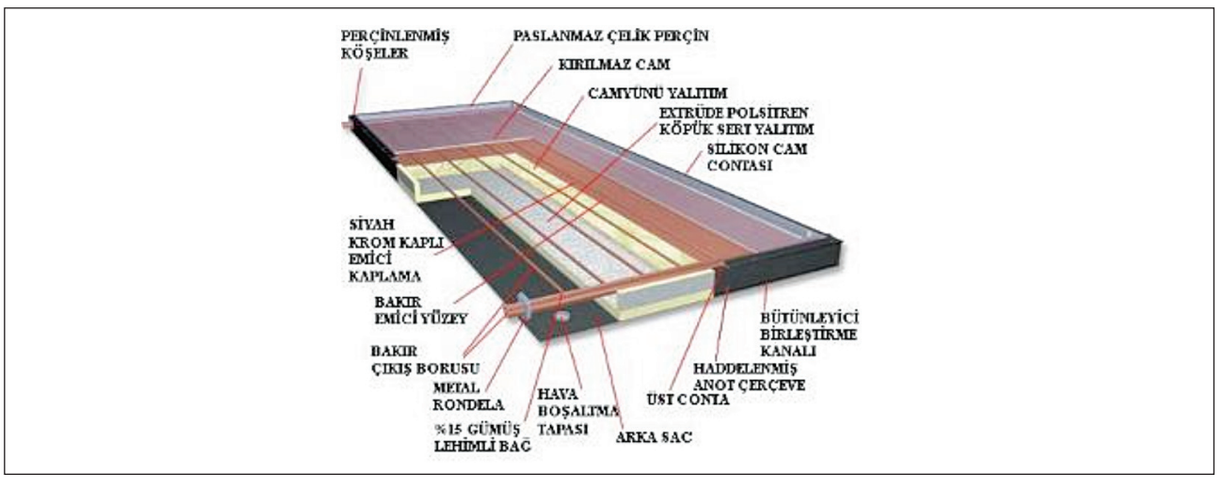
7.3.7.2.2.1.2 Bina Bütünleşik Kolektör

Ülkemizde uzun yıllardan beri enerji tasarrufu sağlamak amacıyla piyasa da kolektör sistemler satılmaktadır. Ancak piyasa koşullarında sadece mekanik bir görüntü sağlayan ve işleve dayalı bu geleneksel sistemlerin mimari bütünleşme kavramı ile ele alınarak tasarımcıların odağında yer alan tasarımların oluşturulması ve yaygınlaştırılması başlıca problem olmaktadır. Bu probleme dayanarak, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL), öncelikle laboratuvar çalışması olarak 10 adet örnek yapmıştır. Daha sonra yapılan bina entegre kolektör sistem çalışmalarını *boyut, kolektör konumu, şekil, modul büyüklüğü, bağlanma tipi, kolektör malzemesi, yüzey dokusu ve emici yüzey rengi* başlıkları altında -100 ile +100 arasında bir puanlama yapılması için SOLABS tarfından Avrupalı 170 mimar ve mühendislere anket yoluyla göndermiştir. Gelen sonuçlara göre ise yeni bir metodoloji geliştirilerek 2003-2006 seneleri arasında demo ürün ile, tasarımcıların kolektörlerin yüzeyinde görmek istemediği boru düzeneğini gizleyebilecek, sadece düz yüzeylerde veya gridal düzeni olan yerlerde değil kavisli olan kısımlarda da kullanılabilecek ve üst katmanı oluşturan koyu renk dış cephe kaplamanın ısıyı emdikten sonra, ısıyı borulara aktarabilecek sistem geliştirilmiştir. (Probst ve Roecker, 2007)



Şekil 104: *Bina bütünleşik kolektör uygulamaları;*
a) parapet örneği, b) cephe örneği, c) eğimli çatı örneği (URL-22)

Kolektörlerin yapısı ve çalışma prensibi; Kolektörler (Toplaçlar), güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır (Öztürk, 2008). Toplaçların başlıca bileşenleri cam, cam ile soğurucu plaka arasında yeterince boşluk, metal ve plastik soğurucu plaka, yalıtım ve bunların tamamını saran kasadan oluşmaktadır.



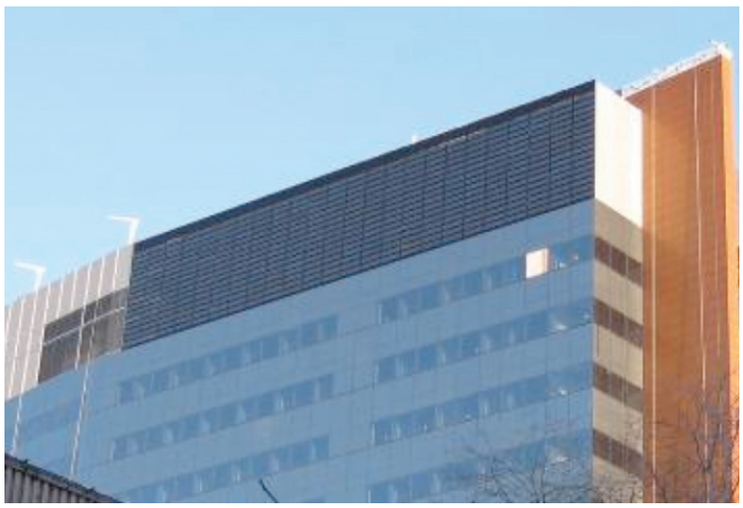
Şekil 105: *Kolektör bileşenleri*

Güneş enerjisiyle su ısıtma sistemleri doğal ve basınçlı dolaşım sistemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal dolaşım sistemleri, su ısısının değişmesi ile suyun yoğunluğunun azalması ve yükselmesi prensibine bağlı olarak çalışmaktadır. Dolaşım sisteminin alt kotundan alınan soğuk su ısınarak üst kottaki depoda sıcak su olarak birikmektedir. Depodaki su kullanımı arttıkça sistem basınç farkını dengelemek için alt kottan suyu alarak

depolanmaya kadar olan süreci devam ettirmektedir. Basınçlı dolaşım sistemlerinde ise ısıyı taşıyan akışkan, pompanın otomatik kontrol devresinin yönlendirilmesi ile çalışmaktadır. Su deposunun tabanına ve toplaç çıkışına yerleştirilen diferansiyel termostat algılayıcılar yardımı ile soğuk su pompalanmaktadır (Öztürk, 2008).

7.3.7.2.2.1.3 Bina Bütünleşik Güneş Pili ve/veya Kolektörlü Karma Sistem

İki değişik enerji türü olan elektrik ve ısı enerjilerinin aynı yüzey alanından elde edildiği, enerji piyasasında yeni ürünle standartları oluşturan toplam enerji sistemidir. Bu sistemin oluşturulması ile geleneksel fotovoltaik panellere özgü iki önemli sorun olan uzun zamanlı geri ödeme süresi ve düşük verimlilik değerlerinde çalışma problemleri giderilmektedir. Paneldeki 1 ^{o}C'lik sıcaklık artışı sonucu elektrik elde etme verimliliğinde %0,4 ile %0,5 arasında bir düşüş yaşanmaktadır. Bu yüzden PV'lerin verimliliğini arttırmak amacıyla soğutma sağlayabilecek, PV'nin alt yüzeyinde biriken ısıyı alıp akışkan yoluyla borularla uzaklaştırabilecek sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlere PV/T karma sistemler, bu sistemlerin bina mimarisi ile bütüncül uyum sağlamasına da bina bütünleşik karma sistemler denmektedir (URL-20). Bütünleşik olarak mimari tasarım kararlarının alınmasında henüz yaygın bir alanda olmayan bu sistemin en güzel örneklerinden biri Concordia Üniversitesi John Molson işletme okulu binasıdır. Bina da uygulanmış kojenerasyon sistemindeki elektrik kazancı 25 kW iken 75 kW da ısıl kazanç elde edilmektedir.



Şekil 106: *Concordia Üniversitesi John Molson İşletme Bölümü binası bina bütünleşik PV/T cephe uygulaması*

7.3.7.2.2.2 Mimari Bütünleşik Aktif Rüzgâr Enerji Sistemleri

Bu sistemlerin en eski ve yaygın olanı yel değirmenleridir. Günümüzde ise aynı çalışma mantığı ile teknolojik malzemelerden üretilen rüzgâr türbinleri yenilenebilir enerji kazancı elde edebilmenin en önemli araçlarından biridir.

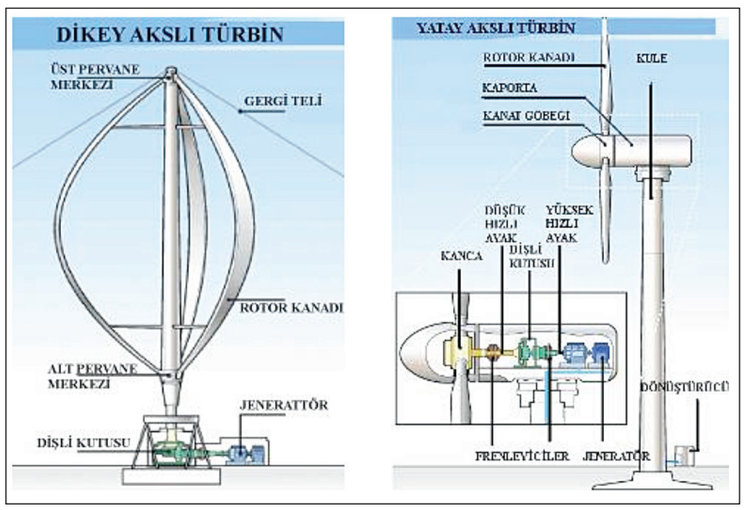
7.3.7.2.2.2.1 Bina Bütünleşik Rüzgâr Türbinleri

Rüzgâr türbinlerinin yapısı ve çalışma prensibi; Rüzgâr gelecekte yaygın olarak kullanılması beklenen yenilenebilir doğal kaynaklardan biridir. Türbin ise bir akışkanın enerjisini işe çevirmek için kullanılan alettir.

Akışkan türbinin kanatlarına çarparak türbin miline hareket kazandırmakta, hareket ise enerjiye dönüşmektedir. Bu enerji türü rüzgâr enerjisidir.

Rüzgâr enerjisi, bitmez, temiz ve kirletmeyen enerji türüdür. Ancak bir takım dezavantajları bulunmaktadır. En önemli dezavantajı yerel iklim şartlarında büyük bina grupları arasında negatif etki alanları oluştuğundan rüzgârın yönünün tam hesaplanamamasından dolayı rüzgâr gücü azalmaktadır.

Günümüz teknolojisi ile modern rüzgâr türbinleri hem yatay hem de dikey olup yaklaşık 45 - 60 m arası boyda, ortalama 40 m kanat uzunluğunda üretilmektedir. Bir rüzgâr türbininden 500 ile 2000 kW güce kadar enerji elde edilebilmektedir (Britannica, 2008). Rüzgâr türbininden elde edilen enerji her kule grubunun bitiminde oluşturulan dönüştürücülerde toplanmaktadır. Dönüşen enerjinin tamamı, toplama tesisinden ister doğrudan şehre, ister yüksek gerilim hatları ile çok uzak mesafelere kadar da taşınabilmektedir.



Şekil 107: *Rüzgâr türbini; a) dikey aks hareketli, b) yatay aks hareketli*

Bina bütünleşik rüzgâr türbinlerinde mimari tasarımın rüzgâr enerjisi kullanımını sağlayacak tasarımların ortaya konulması amaçlanmaktadır. Diğer bir deyişle, "rüzgâr enerjisi etkin tasarım (wind energy based design)" fikri temel alınmaktadır. Bu anlayışla rüzgâr türbini mimari form üzerinde büyük bir etkiye sahip olmakta ve bina formunun rüzgârı toplayarak türbine yönlendiren bir mekanizmaya dönüştürülmesi hedeflenmektedir.

Bina bütünleşik türbinlerin performansını değerlendirebilmek için;

- Rüzgâr tüneli testi (wind tunnel testing)
- Rüzgâr akışını görselleştirme teknikleri (flow visualisation techniques)
- Akışkanlar dinamiği (computational fluid dynamics-CFD) gibi konulardan yararlanılmaktadır.

Dünya genelinde bina tasarımlarında yeni ele alınan bir yaklaşım ve bu yaklaşımın gerçekleştirilmiş ilk örneği de Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi binasıdır. 240 m yüksekliğinde ve 50 katlı olan Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi, Dünya'nın ilk rüzgâr gücüyle elektrik üreten rüzgâr türbini bütünleşik yüksek binası ünvanına sahiptir. Üçgensel formlu 3 adet 29 m çaplı kanat yatay eksenli, bütünleşik rüzgâr türbinlerinin yılda 1100-

1300 MW saat'lik üretimiyle, binanın yıllık elektrik enerjisi ihtiyacının yaklaşık olarak %11-%15' i kadarını karşılaması beklenmektedir.



Şekil 108: *Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi Binası*

7.3.7.2.2.2 Bina Bütünleşik Aktif Sistemlerin Kullanılabilirliği

Binaların çatıları alan olarak sınırlıdır. Özellikle yüksek binalarda çatı/bina kabuk alanı oranı azdır. Buna karşın özellikle yüksek binalarda-eğer çevrelerinde daha yüksek bina yoksa bir yıl boyu güneşlenme ve gölgelenme benzetimi yapılarak uygun cephelere güneş panelleri uygulaması yapılmalıdır. Çok geniş yüzey alanlarında güneş pili ve/veya yansıtıcı cam yüzeyi kullanılması, havacılık kuralları gereği pilotların uçuş anında gözlerinde parlamaya sebep olması nedeniyle incelemeye ve izne tabidir.

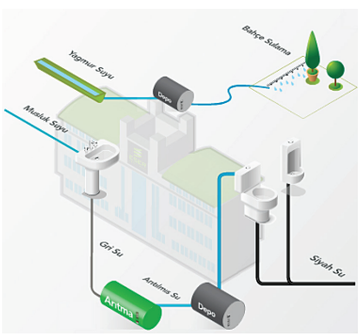
Binalarda soğutma tesisatı, aydınlatma tesisatı, proses yükleri önemli ölçüde elektrik enerjisi tüketmektedir. Elektriğin şebekeden alınması sistem verimliliğinin düşük olması, CO_2 salımlarının fazla olması nedeniyle genelde verimli değildir. Benzer şekilde fosil tabanlı yakıtların yakılması çevresel yönden olumsuzluklara sebep olmaktadır. Bu gibi nedenlerle binalarda PV panellerin kullanımı çok yararlıdır. AB'de yüksek performanslı konutlar genellikle PV panellerden elde edilen elektrik ile desteklenen ısı pompaları ile yapılmaktadır. Günümüzde bu sistemlerin geri dönüş süreleri 7-8 yıl civarındadır. 1 kW'lık PV kurulum maliyeti 900-1000 Avro civarındadır ve 1 kW panel kurulumu için 8-10 m^2 kadar alana ihtiyaç vardır. Kurulumu ve işletilmesi basit olan bu sistemlerin bütçe ve kurulabilecek alan oranında maksimum kapasitede kurulmaları yararlıdır. Ancak Türkiye'de bu sistemlerin şebekeye bağlanması için trafolarda ayrılan kapasitelerde sorunlar yaşanabilmektedir

Aşağıdaki şekillerde mimari ile bütünleşik aktif ve pasif sistemlerle ilgli bazı örnekler yer almaktadır:

Şekil 109'da yer alan bina yeşil bina sertifikasyon değerlendirmesini daha tasarım aşamasından başlayarak ele alan ve inşa edilen bir ofis binasıdır. 7500 m^2 kapalı kullanım alanı bulunmaktadır.



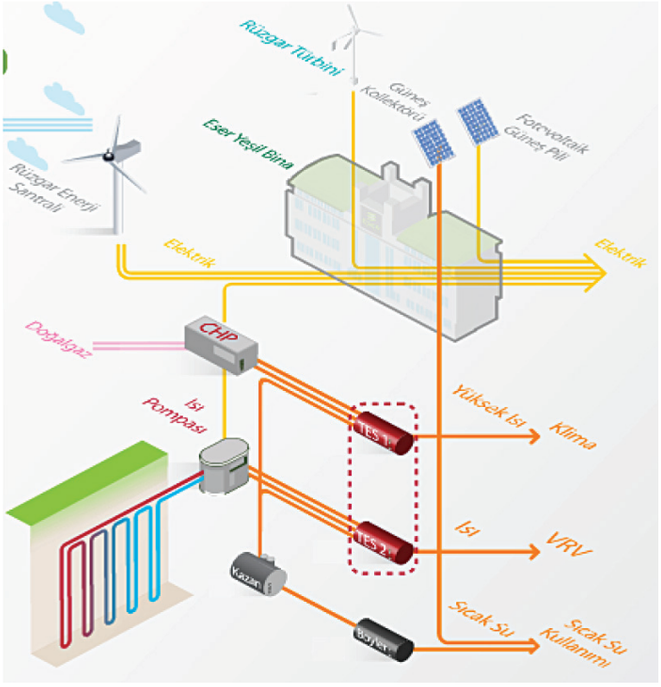
Şekil 109: Ankara'da bulunan ofis binası için hem çatıda hem güneş kırıcılarda hem de köşe cephede güneş panelleri kullanımına bir örnek



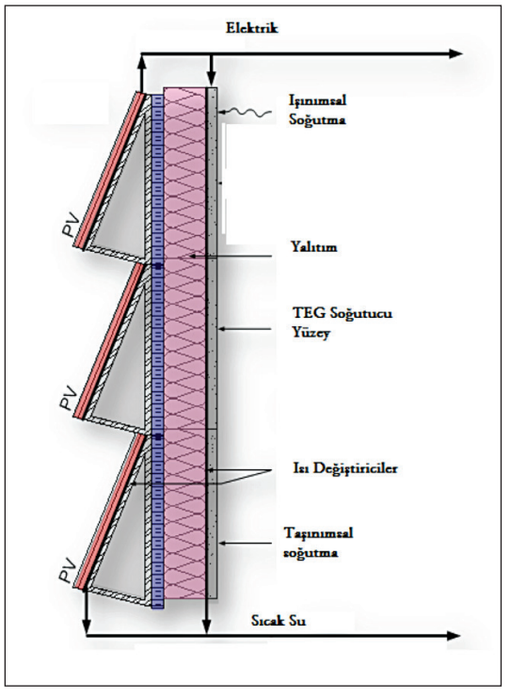
Şekil 110: *Ofis binası için hazırlanan yağmur suyu planı örneği.*

Tasarıma göre;

- EPA Standartlarına oranla kullanım suyu %59 oranında azaltılmıştır. Bu sonuca varabilmek için Şekil 110'da görülen mimari ile bütünleşik yağmur suyu planı hazırlanarak şebekeye verilen atık su yükü azaltılmıştır. Arazi üzerine düşen yağmur suları toplanarak peyzaj sulamasında kullanılmıştır. Çift kademeli rezervuarlar, susuz pisuarlar, gri su arıtma sistemi, debi ayarlı musluklar ile su kullanımı en az seviyeye indirilmiştir.
- Aşağıdaki şekilde mimari ile bütünleşik rüzgar türbini ve fotovoltaik panel kullanımı ile ısıtma soğutma sistemleri için bahse konu ofis binası için tercih edilen sistemlerin şematik anlatımı yer almaktadır.



Şekil 111: *Ofis binası için önerilen ısıtma-soğutma-havalandırma ve elektrik ile ilgili sistemlerin şematik anlatımı*



Şekil 112: *Ofis binası sistem kesiti örneği (Kılkış, B. 2005)*

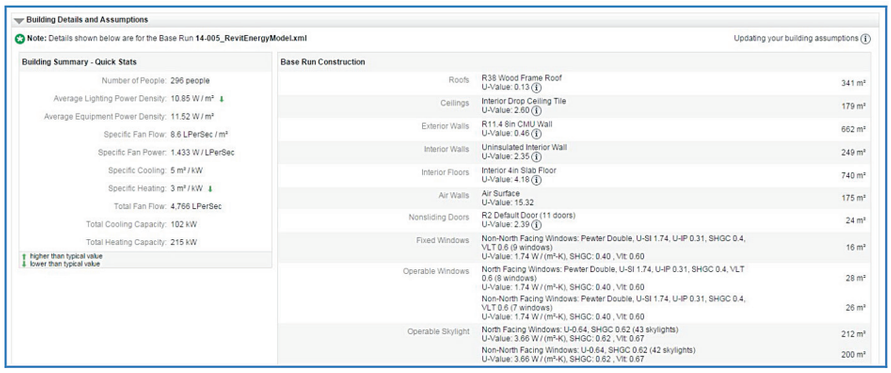
7.3.8 Bina Kabuk Detaylarının ve Termal Performansının Optimize Edilmesi

Bina kabuğunun tasarımında ısı, ışık, ses gibi çevresel etmenler dikkate alınmalıdır. Doğal aydınlatma açısından bina kabuğunun performansı, iç mekanda elde edilen doğal aydınlatma miktarına ve oluşan görsel konfor koşullarına bağlıdır. Ele alınan bina kabuğuna ilişkin gerekli saydamlık oranının sağlanması ve uygun cephe malzemesi seçimi sonucu elde edilen bina kabuğunun performansı, doğal aydınlatma açısından değerlendirilir. Tasarım aşamasında saydamlık oranı farklılıklarının ve malzeme seçiminin doğal aydınlatma performansına olan etkisinin irdelenmesi, detaylı aydınlatma simülasyon araçlarının kullanımı ile mümkün olabilmektedir.

Autodesk® Green Building Studio® ile, malzeme, kalınlık, ısıl direnç (R veya U) değerleri ve bunlarla ilişkili alanlara dayalı olarak çatılar, duvarlar, katlar, kapılar ve pencereler dahil olmak üzere bina kabuğu için inşaat tipinin ayrıntıları belirlenebilir.

Tasarım alternatifleri menüsü vasıtasıyla malzeme türleri düzenlenebilir. Böylece çatı ve tüm duvar yönelimleri manipüle edilebilir.

Kullanıcı, iç kazançlar, sızdırmazlık ve ekipman etkilerinin analizi ve modeller için ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanması Şekil 113'te gösterilmektedir.



Şekil 113: *Bina kabuğu detayları*

7.4 Mimari Aydınlatma Sistemlerinin Tasarımı

Aydınlatma tasarımları, doğal ve yapma aydınlatma sistem elemanlarının uygun bir şekilde seçimi, analizi ve uygulaması ile oluşturulmaktadır. Aydınlatma tasarımlarının öncelikli koşulu, ele alınan tipoloji ve eylem türü için gerekli görsel konfor koşullarının sağlanması ve bu doğrultuda uluslararası standartlarca belirlenmiş kriterlerin dikkate alınmasıdır Aydınlatma tasarımlarının hedeflenen beklentileri karşılaması açısından değerlendirilmesi ve bu değerlendirmenin uygun bir şekilde yapılması gerekmektedir (Yılmaz F.Ş., Yener A.K., 2013). Aydınlatma tasarımlarında, görsel konfor koşullarının sağlanması, aydınlatma enerjisi gereksinmelerinin en aza indirgenmesi, çevresel etkinin minimize edilmesi ve maliyet etkin optimum aydınlatma çözümlerinin ortaya konması önemlidir

7.4.1 Görsel Konfor Koşulları

Bina tasarımı ile bütünleşmiş ve uluslararası standartlara uygun bir aydınlatma sistemi tasarımında görsel konfor koşullarının sağlanması temel prensip olarak ele alınmalıdır. Dünyada aydınlatma ile ilgili çalışmalar yapan kuruluşların yayınlamış olduğu standart ve tavsiyelerin yer aldığı dokümanlarda tanımlı kriterlerin sağlanması, görsel konfor açısından doğru bir aydınlatma tasarımının elde edilmesi için gereklidir. EN 12464-1 Işık ve Aydınlatma-Çalışma alanlarının aydınlatılması-Bölüm 1: İç çalışma alanları, Avrupa için geçerli bir standart olup Türkiye için de bu standartta belirtilen aydınlatma tasarımı görsel konfor kriterleri esas alınmaktadır.

Görsel konfor koşulları ile doğrudan ilişkili konular; **Aydınlık düzeyi, parıltı** ve **renk**'tir.

Aydınlık düzeyi (E); Birim alana düşen ışık akısıdır. Birimi lux'tür. İç mekanlarda görsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için gerekli aydınlık düzeyi değerlerinin sağlanması esastır. EN 12464-1 Standardı'nda, hacimlerde gereksinim duyulan aydınlık düzeyi bilgileri yer almaktadır (TS-EN 12464, 2013) Hacimlerde gerçekleşen aydınlık düzeyi değerleri çeşitli verilere dayanarak hesaplanabilmekte veya çeşitli aydınlatma simulasyon programlarında modellenerek belirlenebilmektedir. Mevcut hacimlerdeki aydınlık düzeyi değerlerinin ölçülmesinde ise aydınlıkölçer (lüksmetre) kullanılır.

Tablo 27: Farklı hacim türleri için aydınlık düzeyi önerileri [TS-EN 12464, 2013; CIBSE, 1994].

Hacim Türü	Aydınlık Düzeyi Önerisi (lux)	Hacim Türü	Aydınlık Düzeyi Önerisi (lux)
Ofisler (Dosyalama kopyalama, v.b.)	300	Konut (Giriş holü)	200
Ofisler (Yazı yazma, okuma, veri işleme)	500	Konut (Salon)	150
Ofisler (Teknik çizim)	750	Konut (Mutfak)	150-300
Konferans Salonları	500	Konut (Yatak odası)	100
Derslik (lise, üniversite)	500	Konut (Banyo)	150
Derslik (ilkokul)	300	Konut (WC)	100
Mağazalar	300-500	Sirkülasyon alanları, koridor	100

***Parıltı* (L);** Işık kaynağının belirli bir doğrultudaki ışık şiddetinin görünen alana bölümüne eşittir. Birimi cd/m^2 'dir. Parıltının yüksek değerlere ulaşması, kamaşma sorununu beraberinde getirmektedir (Özkaya M., 2004). Kamaşma, doğal veya yapma ışık kaynakları nedeniyle oluşabilmektedir. Aydınlatma tasarımlarında ışık kaynağının görünür olması nedeniyle oluşan kamaşmada, perdeleme ile kamaşmanın önlenmesi söz konusudur. Perdeleme, hem uygun aygıt seçimi ile, hem de iç mekan tasarımı ile sağlanabilmektedir.

Renk konusu; Bina iç mekanlarındaki tüm yüzeylerin ışık yansıtma katsayıları ile ilişkilidir. Tavan, duvar ve döşeme yüzeyleri için önerilen ışık yansıtma katsayıları uygun biçimde seçilmelidir. EN 12464 standardında iç mekanlarda tavan, duvarlar, çalışma düzlemleri ve döşemelerde önerilen ışık yansıtma katsayısı değerleri, tavan için 0,6-0,9, duvarlar için 0,3-0,8, çalışma düzlemleri için 0,2-0,6 döşemeler için ise 0,1-0,5 arasındadır (EN 12464, 2013).

***Işık kaynaklarının renksel özellikleri*;** Lambaların 'Renk sıcaklığı (CCT)' ve 'Renksel Geriverim İndisi (Ra)' değerleri ile bağlantılıdır. Işık rengi, eylemlere uygun olarak seçilmeli, fizyolojik aydınlatma tasarımında ışığın rengi doğal ışık rengine olabildiğince yakın olmalıdır. Lambaların renkleri sıcak (3300K altı), orta (3300-5300K) ve soğuk (5300K ve üzeri) olarak kategorize edilir. Lambaların renksel geriverim değeri (Ra), her mekan için farklı bir değere sahip olmaktadır. Bu nedenle aydınlatma tasarımı gerçekleştirilirken seçilen lambaların renksel geriverim indisi ve renk sıcaklığı, mekan karakteristiğine uyumlu olmalıdır.

***Aydınlatmanın düzgünlüğü (U)*;** Mekanlarda gerçekleşen minimum aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine oranıdır. Düzgün bir aydınlık dağılımı elde edebilmek için hedef çalışma düzlemi ve çevresine yönelik olarak aydınlık düzeyi ilişkisi dikkatle ele alınmalıdır. İç mekanlarda aydınlık düzgünlüğünün sağlanabilmesi için gerekli öneriler ise Tablo 28'de yer almaktadır [EN 12464, 2013].

Tablo 28: Hedef çalışma düzlemi ve çevresine yönelik olarak aydınlık düzeyi ilişkisi

Hedef aydınlık düzeyi (lx)	Çevre yüzeylerin aydınlık düzeyi (lx)
≥750	≥500
500	300
300	200
200	150
<150	Hedef aydınlık düzeyi

EN 12464 standardında farklı bina tipolojileri ve ilgili mekan türleri için psikolojik ve fizyolojik konforun sağlanmasına yönelik olarak çeşitli kriterleri içermektedir. Tablo 29'de EN 12464 standardında yer alan bina tipolojilerinden ofis ve eğitim binalarına ait mekanlar için verilen minimum aydınlık düzeyi ($E_{istenen}$), lambaların renksel geriverim değeri (R_a), düzgünlük (U) ve yapma aydınlatma elemanlarından kaynaklanan kamaşma indisi (UGR_L) değerleri örnek olarak verilmiştir.

Tablo 29: Ofis ve Eğitim Binaları örnekleri için mekan türüne bağlı olarak istenen aydınlık düzeyi ($E_{istenen}$) renksel geriverim değeri (R_a) düzgünlük (U) ve UGR değerleri

Tipoloji	Hacim Türü	$E_{istenen}$ (lx)	R_a (min)	U	UGR_L
Ofis Binaları	Ofis mekanları (yazma,okuma, veri işleme)	500	80	0.60	19
	Ofis mekanları (dosyalama, fotokopi)	300	80	0.40	19
	Teknik çizim	750	80	0.70	16
	Bilgisayarlı çalışma ortamları	500	80	0.60	19
	Giriş holü	300	80	0.60	22
	Fotokopi odası	300	80	0.40	19
	Konferans odası	500	80	0.60	19
	Arşiv	200	80	0.40	25
Eğitim Binaları	Derslikler (anaokulu)	300	80	0.60	19
	Derslikler (ilkokul)	300	80	0.60	19
	Derslikler (lise, üniversite,vb)	500	80	0.60	19
	Derslikler (Teknik Çizim Odaları)	750	80	0.70	16
	Resim ve Elişi derslikleri	500	80	0.60	19
	Resim ve Elişi derslikleri (sanat okulları)	750	90	0.70	19
	Koridorlar	100	80	0.40	25
	Kürsüler	300	80	0.60	19
	Personel odaları	300	80	0.60	19
	Spor Salonları	300	80	0.60	22
	Yemekhane	500	80		22
	Öğretmenler odası	300	80	0.60	19
	Fotokopi odası	300	80	0.40	19
	Mutfak	500	80	0.60	22
	Kütüphane (raflar)	200	80	0.60	19
	Kütüphane (okuma)	500	80	0.60	19

7.4.2 Doğal Aydınlatma Sistemi Tasarımı

Mimaride günışığı kullanımı, doğal ışığın iç mekan tasarımına olan katkısı, mimaride saydamlık ve dış çevre ilişkisi, doğal aydınlatma-görsel ve psikolojik konfor ilişkisi, sürdürülebilirlik ve enerji etkinlik, bina aydınlatma enerji tüketimlerinin en aza indirgenmesi ve doğru detay algısı olarak sıralanabilir. Doğal ışığın binalardaki etkisinin saptanabilmesi hedefiyle öncelikli olarak doğal tasarım parametreleri ve fiziksel tasarım parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Doğal tasarım parametrelerinin belirlenmesi: Binalarda doğal aydınlatma sistemlerinden optimum düzeyde yararlanabilmek hedefiyle doğal tasarım parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Doğal tasarım parametreleri, dış aydınlık düzeyi, yer örtüsünün ve doğal engellerin ışık yansıtma özellikleri gibi dış koşullara bağlıdır. Doğal aydınlatma hesaplamalarında astronomik veriler, coğrafi veriler, güneşin bina ile ilişkisine yönelik geometrik faktörler, atmosferin geçirgenliğini belirleyen fiziksel faktörler ve meteorolojik faktörler etki eder. Binalarda günışığı performansının en doğru şekilde belirlenmesi için dış aydınlık düzeyi gerçeğe en yakın olarak belirlenmelidir. Hesaplamalarda kabul edilen gök modelinin ele alınan bölgenin koşullarını en doğru şekilde temsil etmesi beklenir.

Fiziksel tasarım parametrelerinin belirlenmesi: Doğal aydınlatma sistem tasarımında farklı ölçeklerde alınan kararlar, iç mekanlarda elde edilen doğal aydınlatma miktarına doğrudan etki etmektedir. Yerleşme, bina, hacim, yapı elemanı ve malzeme ölçeklerindeki etmenler, doğal aydınlatma tasarımları ile elde edilen günışığı miktarına etki etmektedir. Doğal aydınlatma miktarına etki eden fiziksel tasarım parametreleri, mimari planlama ölçekleri ile ilişkilendirilmeli ve doğal aydınlatma açısından en uygun mimari tasarımın gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.

Tablo 30'de doğal aydınlatma miktarına etki eden fiziksel tasarım parametreleri, mimari planlama ölçekleri ile ilişkilendirilerek listelenmiştir.

Tablo 30: Doğal aydınlatma miktarına etki eden fiziksel tasarım parametreleri

Mimari Planlama Ölçekleri**:**	**Fiziksel Tasarım Parametreleri**
Yerleşme Ölçeği	Binaların yükseklikleri, Ele alınan binaya olan uzaklık Bina konumları Yapma engellerin boyut, konum ve ışık yansıtma özellikleri Engel açısı
Bina Ölçeği	Bina formu Bina yönü
Hacim Ölçeği	Mekan boyutları Mekan formu Mekan yüzeylerinin ışık yansıtma özellikleri
Yapı Elemanı Ölçeği	Günışığı açıklıklarının tasarımları Saydamlık oranı
Malzeme Ölçeği	Cam türü Doğrama türü Günışığı sistemlerine ilişkin malzeme seçimi Saydam yüzeylerin optik özellikleri

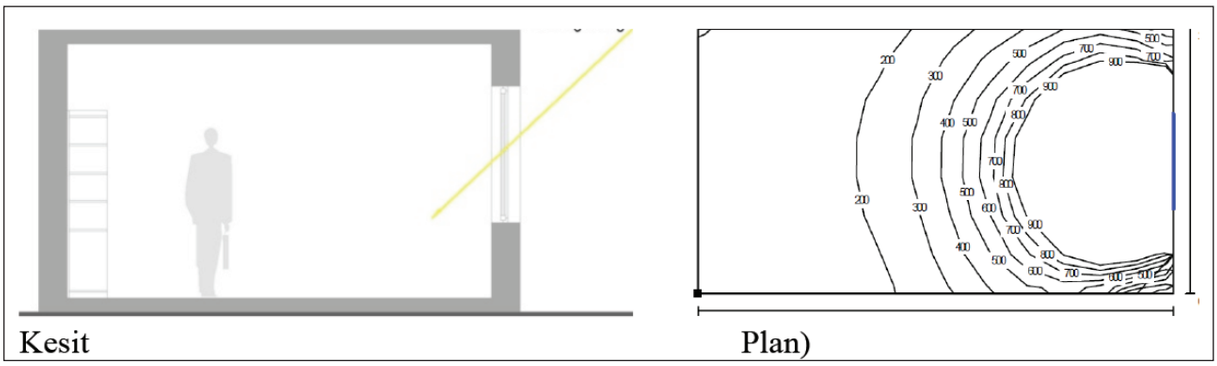
Binaların günışığı performansının belirlenmesi: Doğal aydınlatma performansının en doğru şekilde belirlenmesi için ele alınan yöreye ilişkin dış aydınlık düzeylerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu durum, binalarda iç mekanda doğal aydınlatma ile oluşan aydınlık düzeyinin yıllık bazda farklı gök koşulları altında hesaplanması ile mümkündür. Binalarda günışığı performansının belirlenmesi için kullanılan çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Günışığı Faktörü, Günışığı Katsayıları, İklime Bağlı Günışığı Modellemesi, Faydalı Günışığı Aydınlığı (UDI), günışığı performansı değerlendirme yöntemlerine örneklerdir.

7.4.2.1 Mimaride Günışığı Kullanım Yöntemleri

Mimaride günışığı sistemleri, saydam ve opak yapı malzemelerinin birlikte kullanımı ile iç mekana kontrollü olarak doğal ışık sağlamak amacıyla geliştirilmiş sistemlerdir. Mimaride günışığı kullanımı, günümüzde hem geleneksel hem de çağdaş sistemler ile gerçekleştirilmektedir. Mimaride günışığı sistemlerinin tasarımında binanın bulunduğu iklimsel özelliklere göre açıklıklar belirlenmeli ve gerekli görülen yönlerde güneş kontrolü ihtiyacı dikkate alınmalıdır. Geleneksel günışığı sistemleri, hacimlerin yan duvarlarında yer alan düşey açıklıklar (pencereler) veya çatıda yer alan çatı ışıklıkları olarak iki ayrı grupta incelenebilir.

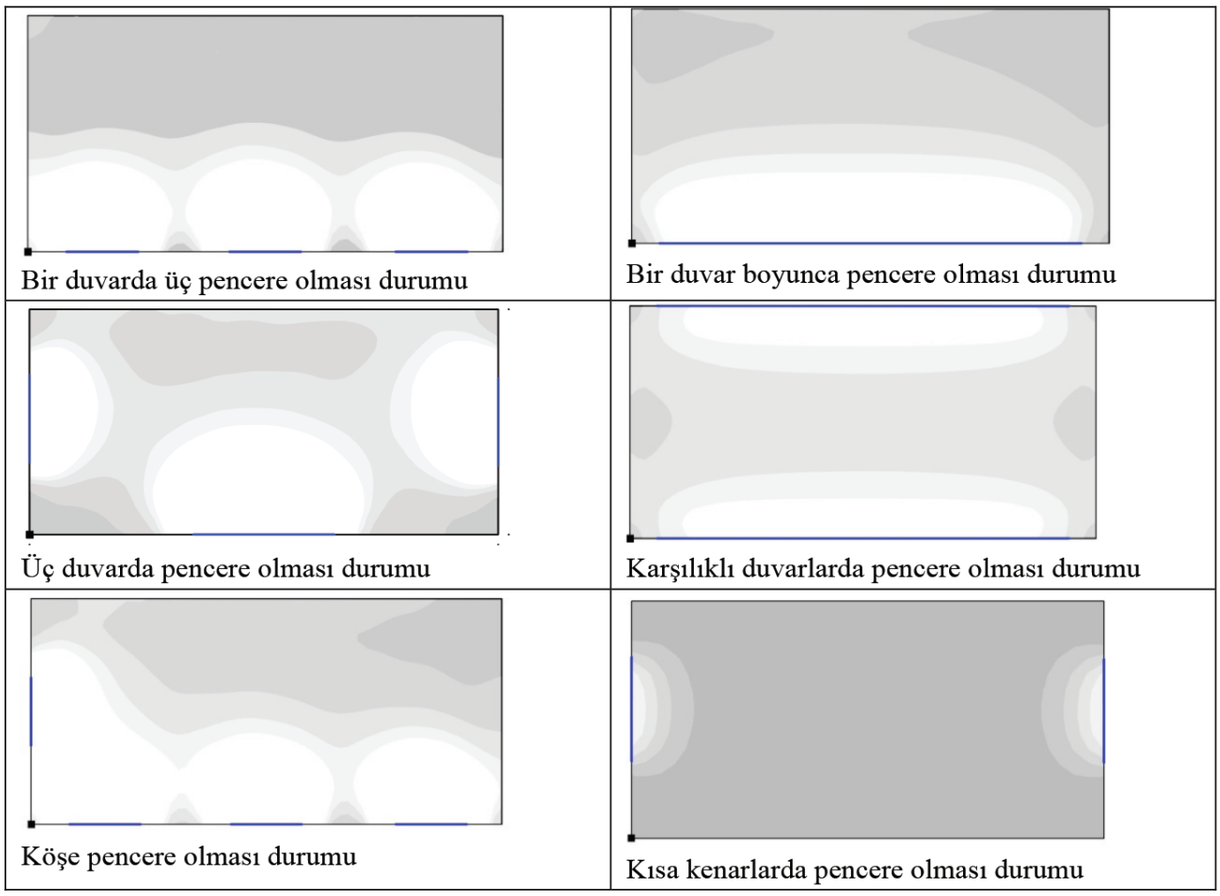
Düşey açıklıklar (pencereler): Doğal aydınlatma sistemleri arasında en yaygın olarak karşılaşılan sistem-

lerdir. Pencerelerin formu ve boyutlandırılması tasarımın ilk aşamasından itibaren titizlikle ele alınması gereken bir konudur. Binalar için uygun düşey açıklıkların tasarımı, görsel, iklimsel ve işitsel konfor koşullarının optimizasyonu ile mümkündür. Düşey açıklıkların kullanımında pencereden uzaklaşıldıkça pencerenin doğal aydınlatma etkisi azalmaktadır. Bu nedenle düşey açıklıklar ile doğal aydınlatılması öngörülen mekanlarda mekan derinliği belirlenirken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.



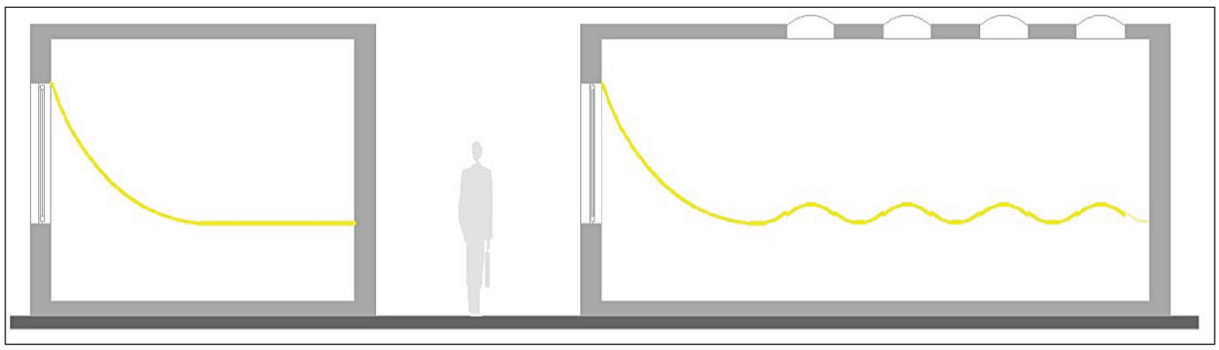
Şekil 114: *Pencere boyutlarının iç mekanda elde edilen doğal aydınlatma miktarına olan etkisi [simülasyon ve şekil: Şener Yılmaz F., 2010].*

Pencerelerin boyutu, formu ve yönlendirilişi, iç mekanda etkili olan doğal aydınlatma miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Şekilerde farklı boyut ve konumlarda pencere kullanımı ile bağlantılı olarak iç mekanda elde edilen aydınlık dağılımı, dikdörtgen bir hacim için örneklenmiştir.



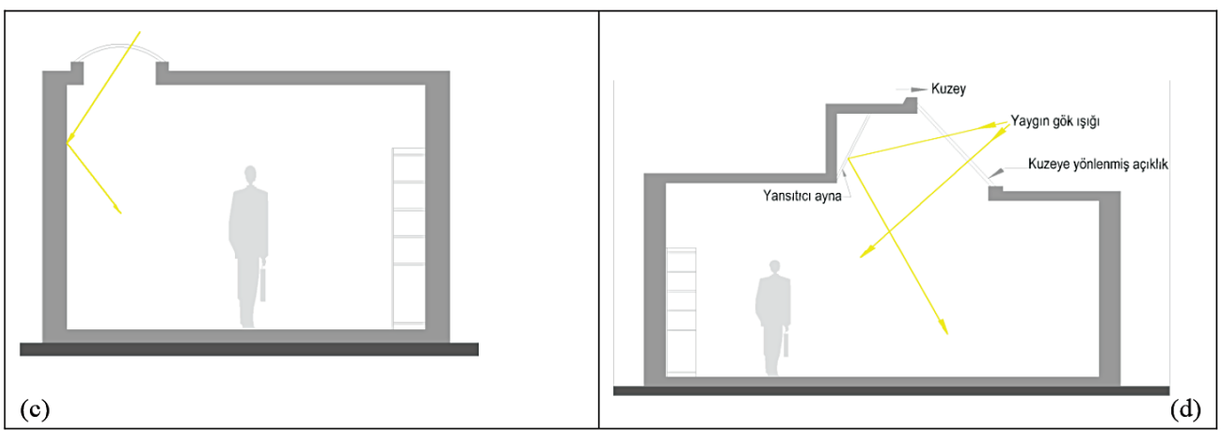
Şekil 115: *Dikdörtgen bir hacim için farklı boyut ve konumlarda pencere kullanımı*

Yatay açıklıklar: Mimaride yatay açıklıkları, çatıda yer alan açılı pencereler, sürekli açıklıklar, çatı fenerleri gibi uygulamalara sahiptir. Yatay açıklıklar, farklı boyut ve formlarda tasarlanarak mimariye katkı sağlarlar. Binaların üst kotlarında, doğal aydınlatmanın düşey açıklıklar ile sağlanamadığı bina tipolojilerinde, yatay açıklıkların kullanımına rastlanmaktadır. Alışveriş merkezleri, endüstriyel tesisler, süpermarketler gibi geniş taban alanına sahip binalarda doğal aydınlatma ihtiyaçlarını sağlamak üzere yatay açıklıkların kullanımı yaygındır. Yatay açıklıkların uygun boyut ve konumlandırılması ile iç mekanlarda homojen bir doğal aydınlık dağılımı elde edilebilmektedir. Şekillerde yatay açıklığa sahip bir bina örneğinde temsili olarak günışığının iç mekandaki dağılımını ifade eden bir görsele yer verilmiştir.



Şekil 116: *Düşey ve yatay açıklığa sahip bir bina örneğinde temsili olarak günışığının iç mekandaki dağılımı*

Uygun olarak tasarlanmış yatay açıklıklar yardımı ile iç mekanlarda istenen görsel ve iklimsel konfor koşullarının elde edilmesi olanaklıdır. Yatay açıklıkların yönü, formu, boyutları ve mimari tasarım ile ilişkisi son derece önemlidir. Şekil 117'de farklı düşey ışıklık uygulamalarına yönelik örneklere yer verilmiştir. Bu tür açıklıklar, günışığı ve güneş ışığının birlikte kullanıldığı sistemler olduğundan iç mekana direkt olarak ulaşan güneş ışığının kontrol altına alınması gerekmektedir. Kuzeye yönlendirilmiş çatı ışıklıkları, yalnızca günışığının iç mekana alınmasını sağlamaktadır. Bu nedenle bu tür uygulamalara, yalnızca yaygın günışığının ihtiyaç duyulduğu müzeler, sanat galerileri, resim atölyeleri gibi hacim türlerinde rastlanmaktadır.

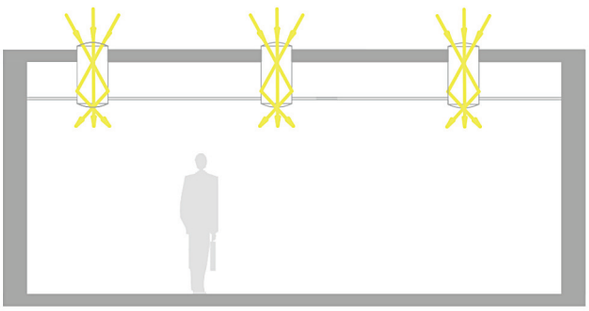


Şekil 117: *Farklı düşey ışıklık uygulamalarına yönelik örnekler*

Yenilikçi günışığı sistemleri: Günümüz mimarisinde gelişen teknoloji ile birlikte binalarda yenilikçi günışığı sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Aşağıda bu sistemler verilmiştir:

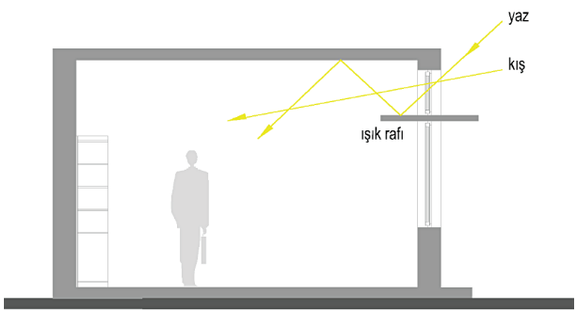
Işık tüpleri: Işık tüpleri, özel çatı açıklıkları yardımı ile iç mekana alınan günışığının toplayıcı, yansıtıcı ve yayıcı borular yardımı ile taşınması prensibine dayanmaktadır. Işık tüplerinin, alışveriş merkezleri, endüstriyel

tesisler, süpermarketler gibi geniş taban alanına sahip binalarda uygulanması gerek görsel konfor koşullarını karşılamak gerekse aydınlatma enerjisini minimize etmek açısından önerilmektedir. Derin plana sahip çalışma alanlarında bu tür sistemler kullanılabilmektedir. Şekil 130'da ışık tüpü uygulamasına yönelik temsili bir görsele yer verilmiştir.



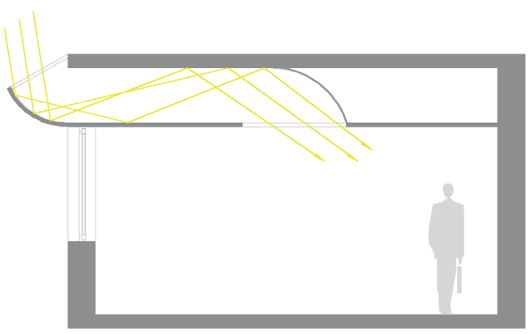
Şekil 118: *Işık tüpü temsili çizimi*

Işık rafları: Direkt güneş ışığını engelleyerek günışığını tavana yönlendiren ve mekanda dolaylı bir aydınlık etkisi sağlayan sistemlerdir. Işık rafları, pencerelerin iç dış yahut her iki yüzeyinde de bulunabilirler. Işık raflarının kullanım amacı genellikle iç mekanlarda direkt güneş ışığı ile oluşabilecek kamaşma problemini ortadan kaldırmak ve homojen bir aydınlık dağılımı sağlamaktır. Işık raflarının görüş hizasını kesmeyecek ve bakış doğrultusunda kalmayacak şekilde göz hizasının üzerine yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu sistemlerin cephe ile entegre olarak tasarlanmaları yahut binalara sonradan monte edilmeleri mümkündür.



Şekil 119: Işık rafı temsili çizimi

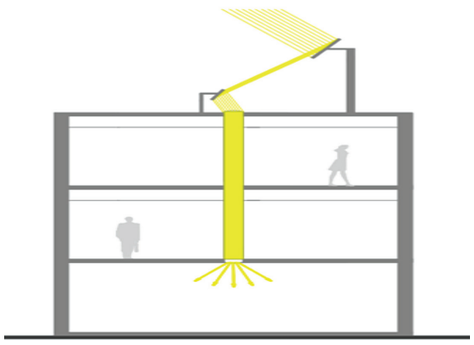
***Anidolik sistemler*:** Anidolik sistemler, özellikle kapalı gök koşullarına sahip bölgelerde yer alan binalarda doğal aydınlatmadan maksimum düzeyde yararlanabilmek adına, parabolik toplaçların optik özellikleri yardımı ile gök ışığını hacmin derinliklerine yönlendirmek amacıyla kullanılan sistemlerdir. Bu sistemler, bir ışık tüpü ve bu ışık tüpünün başında ve sonunda yer alan reflektörlerden oluşur. Cephe yüzeyindeki reflektör,



Şekil 120: *Anidolik sistem temsili çizimi*

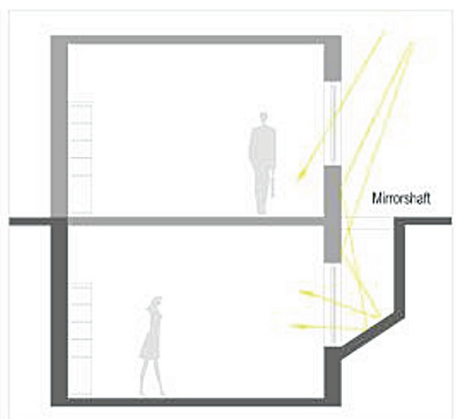
yayınık ışığı toplayarak ışık kanalına iletir, böylelikle ışık tam iç yansıma prensibine göre yüksek yansıtıcılığa sahip kanal boyunca iletilir. Işık kanalının çıkısında yer alan parabolik reflektör ise yayınık ışığı hacim içine düzgün bir biçimde dağıtır. Anidolik sistemlerin başlıca özellikleri; gün ışığını kamaşma olmaksızın iç mekanlara iletmesi ve iç mekanda oluşan aydınlık dağılımını homojen bir şekilde artırmasıdır. Bu sistemler, ticari binalar, endüstriyel tesisler ya da eğitim amaçlı yapılarda kullanılabilirler. Özellikle derin plana sahip hacimlerde bu sistemlerin kullanımının etkili olduğu bilinmektedir. İklim ve enleme göre farklı anidolik tavan çözümlerinin üretilebilmesi mümkündür.

Optik ışık toplama ve yayma sistemleri: Bu sistemler, otomatik takip sistemi ile güneşi takip eden bir mekanizmaya sahip olacak şekilde tasarlanarak günışığını toplayıp bina içerisine ışık kılavuz sistemleri yardımı ile ileten sistemlerdir. Heliostat, otomatik takip sistemi ile güneşi takip eden, bir veya daha fazla aynadan ve bir mercekten oluşan ve güneş ışınlarını toplayan bütünleşik bir sistemdir (Yener A. K. , Uyan F., 2011). Bu sistemler, dış ortam ile ilişkisi bulunmayan, penceresiz veya doğal aydınlatma imkanı bulunmayan mekanlarda kullanılmaktadır.



Şekil 121: *Optik ışık toplama ve yayma sistemlerine ilişkin bir çizim*

Işık bacaları (mirrorschaft sistemler): Zemin altında kalan ve günışığı alımının mümkün olmadığı kotlarda doğal aydınlatma sağlamak amacıyla uygulanan sistemlerdir. Bu sistemlerde doğal aydınlatılması istenen mekan bitişiğinde yansıtıcı özelliğe sahip özel bir kuranglez detayı uygulanarak doğal ışığın mekana yönlendirilebilmesi sağlanır. Sistemin üzeri ağırlığa ve darbe dayanımına sahip saydam bir yüzey ile kapatılır. Bu tür sistemler, zemin kotunun altında olan ve doğal aydınlatma açıklığının olmasının mümkün olmadığı konutlarda ve ticari mekanlarda uygulanabilir.



Şekil 122: *Işık bacası temsili çizimi*

Cam türleri: Mimari camların seçimi, iç mekanlarda elde edilmesi hedeflenen görsel, işitsel ve termal konfor koşullarının optimum düzeyde sağlanması açısından önemlidir. Mimari camların optik özellikleri, hacimlerde gerçekleşen günışığı miktarını doğrudan etkilemektedir. Saydam yüzeyler, bir taraftan diğer tarafa ışığı geçirme özelliğine sahiptir ve diğer tarafa geçen toplam ışık miktarının yüzeye gelen toplam ışık miktarına oranına "camın ışık geçirme katsayısı" denir. Mimaride kullanılan camların ışık geçirgenlik katsayısı değerinin yüksek olması, iç mekanda doğal aydınlatma miktarının artırılması için önemlidir. Bu nedenle cam seçiminde kullanılan ürünlere yönelik teknik detayların elde edilmesi ve tasarımların bu bilgiler ışığında gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Tablo 31: Farklı cam türlerine ilişkin ışık geçirgenlik değerleri (%) [BEP-TR, 2010]

Cam türü	Işık Geçirgenlik Değeri (t) (%)
Düz Cam (3 mm)	90
Düz Cam (6 mm)	88
Düz Cam (10 mm)	86
Düz Cam (12 mm)	85
Düz Cam (15 mm)	83
Hat Dışı kaplamalı Isı ve Güneş Kontrolü Camları	69
Yalınkat Camlar -Füme (4mm)	57
Yalınkat Camlar - Mavi (6mm)	55
Isı Yalıtımlı – Bronz	45
Law E Kombinasyonlu Isı Yalıtımlı – Füme	39
Yalınkat Camlar - Gümüş (1 yüzeyi kaplamalı)	38
Low E Kombinasyonlu Isıcam Yalıtım Camları - Gümüş (1 yüzeyi kaplamalı)	33
Low E Kombinasyonlu Isıcam Yalıtım Camları - Yeşil (1 yüzeyi kaplamalı)	28
Low E Kombinasyonlu Isıcam Yalıtım Camları - Mavi (1 yüzeyi kaplamalı)	20

Doğal aydınlatma sistem tasarımında kullanılan geleneksel camların yanı sıra gelişmiş cam türleri de mevcuttur:

- Fotokromik camlar, ışık geçirgenliği üzerine gelen ışık miktarına bağlı olarak değişen bir cam türüdür.
- Termokromik camların geçirgenliği ise sıcaklığa bağlı olarak değişim göstermektedir.
- Elektrokromik camlarda uygulanan voltaja bağlı olarak cam rengi yahut ışık geçirgenliği değişebilmektedir.
- Gazokromik camlarda camı renklendirmek için cam katmanları arasına hidrojen, saydamlığın ilk haline geri dönmesi için de oksijen kullanılmaktadır. Renkli ve berrak uygulamaların aynı anda istendiği mekanlarda kullanımları uygundur.
- Tayfsal seçici camlar, camın günışığı geçirgenliğini yüksek tutmak amacıyla yalnızca spektrumun görülemeyen bölümü için etkili olan, görülebilen ışınımı olabildiğince geçiren fakat kızılötesi ışınımı yutan veya yansıtan camlardır.
- Açısal seçici camlar, güneş ışınlarının açıya bağlı kontrol edilmesinde kullanılır.
- Prizmatik paneller direkt güneş ışığını kırıp, yaygın ışığı içeri alarak gölgeleme amacıyla kullanılır (Yener A. K., 2007).

7.4.3 Yapma Aydınlatma Sistem Tasarımı

Yapma aydınlatma sistemlerinin uygun biçimde tasarımı, görsel konfor ve aydınlatma enerjisi performansı konuları ile doğrudan ilişkilidir. Yapma aydınlatma sistemi için seçilen ürünlerin, aydınlatma tasarımlarını görsel olarak destekleyecek ve tasarımları bütünleştirecek şekilde olması beklenmektedir. Bu doğrultuda, aydınlatma tasarımı gerçekleştirilen mekana ve eylem türüne bağlı olarak gereksinim duyulan özellikler dikkate alınmalı ve bu konuda ilgili referansları içeren aydınlatma kuruluşlarının önerilerine baş vurulmalıdır. Kurulan aydınlatma sistemlerinin esnek olması ve işletimlerinin kolaylığı, hem bakım-onarıma bağlı olarak gerekli duyulan değişikliklerin kolaylıkla gerçekleştirilebilmesi, hem de bina kullanıcılarının konforunun sağlanması açılarından önemlidir.

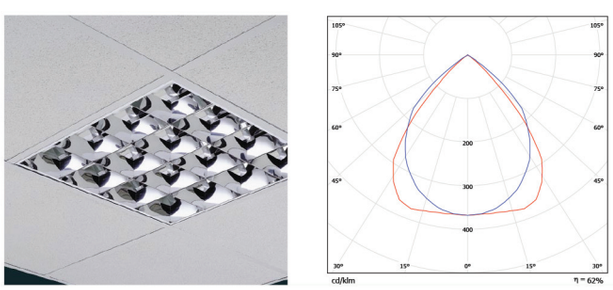
Lamba ve aygıt seçimi

Lambalar: Aydınlatma amacıyla kullanılan yapma ışık kaynaklarıdır. Lamba türleri, akkor telli, flüoresan, kompakt flüoresan, alçak basınçlı sodyum buharlı, yüksek basınçlı sodyum buharlı, yüksek basınçlı civa buharlı, metal halide lambalar, fiber optik sistemler ve LED sistemler şeklinde gruplandırılabilir. Lambalardan beklenen özellikler, yüksek etkinlik faktörüne sahip olmaları, kaynak ömrünün uzunluğu, işletmelerinin basitliği, darbe dayanımlı olmaları ve ışık renginin uygunluğudur. Lambaların etkinlik faktörü, kaynaktan çıkan toplam ışık akısının kaynak gücüne oranıdır (lm/W) ve bu değerin olabildiğince yüksek olması beklenmektedir. Lambaların renk sıcaklığı (K) ve Renksel Geriverim İndisi (R_a) değerlerinin ilgili aydınlatma standartlarına uygun seçilmesi gerekmektedir.

Tablo 32: Işık kaynaklarına ilişkin renk sıcaklığı verileri [SLL, 2012].

Günışığı	6500K
Flüoresan (günışığı)	6000K / 6500K
Flüoresan (soğuk beyaz)	4000K
Flüoresan (beyaz)	3500K
Flüoresan (sıcak beyaz)	2700K / 3000K
Tungsten halojen	2800K
Kompakt metal halide	3000K – 4400K
LED	2700K – 6500K

Aygıtlar: Lambanın ışık dağılımını alt ve/veya üst yarı uzaya yönlendirerek düzenleyen, kamaşmayı önleyen, lamba ve yardımcı araçları dış etkilere karşı koruyan ve iç mekan görselliğine katkı sağlayan araçlardır. Aygıt verimi, lambadan çıkan ışığın çevreye yayılması durumunda meydana gelen yansıma, geçme ve yutulma özellikleri ile doğrudan ilişkilidir ve aygıttan çıkan ışık akısının (lm) lambadan çıkan ışık akısına (lm) oranı olarak ifade edilir. Aygıta ilişkin verim değerinin yüksek olması beklenmektedir. Bu değerin aygıt üreticileri tarafından belirtilmesi, uygun aygıt seçimi açısından önem taşımaktadır.



Şekil 123: *Bir aygıt örneği ve ışık dağılım eğrisi*

IP Sınıfı (koruma sınıfı), aygıt gövdelerinin ortam şartlarına karşı dayanımını ifade eden sistemdir. Aygıt seçiminde ortam şartlarına uygun IP değerleri dikkate alınmalıdır. Özellikle dış ortamda kullanılacak aygıtlarda suya, basınca yahut toza karşı uygun IP değerleri seçilmelidir.

Yapma aydınlatma sistemi türü

Yapma aydınlatma sisteminin türü, aydınlatma aygıtlarından çıkan ışık akısının tümünün ya da bir kısmının yönlendirildiği uzay parçasıyla ilgilidir. Buna göre aydınlatma sisteminin türleri, tavana ve alt yarı uzaya ışık verme oranlarına göre dolaysız, yarı dolaysız, dolaysız-dolaylı, karma, yarı dolaylı ve dolaylı olabilmektedir.

Tablo 33: Aydınlatma sistemi türleri [IESNA, 2010].

Aygıt Türü	**Tavana ışık verme yüzdesi (%) (90-180°)**	**Alt yarı uzaya ışık verme yüzdesi (%) (0-90°)**	**Işık Dağılım Eğrisi**
dolaysız	0-10%	90-100%	
yarı dolaysız	10-40%	60-90%	
dolaysız- dolaylı	40-60%	40-60%	
karma ya da yayınık	40-60%	40-60%	
Yarı dolaylı	60-90%	10-40%	
dolaylı	90-100%	0-10%	

Yapma aydınlatma planı ve düzeni

Aydınlatma tasarımı gerçekleştirilirken mekanın kullanım amacı, mekanda istenen aydınlık düzeyi (Eistenen), renksel geriverim değeri (Ra) ve düzgünlük (U) değerleri dikkate alınır. Gerçekleştirilen hesaplamalar sonucu kullanılacak lamba adedi belirlenir ve ele alınan mekandaki eylem türlerine göre gerekli bölgeleme gerçekleştirilerek aydınlatma planı oluşturulur. Aydınlatma tasarımında görsel konfor koşullarını dikkate alan ve aydınlatma enerjisi tasarrufu sağlayan aydınlatma kontrol sistemlerinin de tasarımlarda kullanımı önerilmektedir.

Aydınlatma kontrol sistemlerinin entegrasyonu

Aydınlatma kontrol seçenekleri ile birlikte binalarda aydınlatma enerjisinin azaltılması ve kullanıcıların görsel performansının arttırılması olanaklıdır. Aydınlatma kontrol sistemleri, manuel ve otomatik kontrol olmak üzere iki ana başlık altında incelenmektedir:

1. Manuel kontrol, geleneksel anahtarlama tekniği ile aydınlatma elemanlarının elle kontrol edilmesidir. Manuel olarak kontrol edilen mekanlarda aydınlatma elemanlarının pencerelere paralel olarak düzenlenmesi, aydınlatma enerjisi tasarrufu açısından önemlidir.

2. Otomatik kontrol sistemleri ise ilgili hacimlerde lambaların açılma-kapatılma veya aydınlık düzeyinin ayarlanması işlemlerinin kullanıcının müdahalesi olmaksızın ayarlandığı sistemlerdir. Otomatik kontrol sistemlerinin kurulumunda çoğu zaman otomatik hareket sensörü, ışık sensörü ve router, sürücü, balast, gibi ilave ekipmanlara gereksinim duyulmaktadır.

Bir binanın aydınlatma tasarımı gerçekleştirilirken, yapma ve doğal aydınlatmanın aydınlatma kontrol sistemleri ile ilişkisinin kurulması, binaların aydınlatma enerjisinin azaltılması açısından önem taşımaktadır. Aydınlatma kontrol sistemi tasarımlarında maliyet, mekanın işletim sistemi, mevcut aydınlatma sistemi, doğal aydınlatma miktarı gibi değişkenler göz önünde bulundurulmalıdır.

7.4.4 Binalarda Aydınlatma Enerjisinin Belirlenmesi

EN 15193 Binalarda Enerji Performansı-Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri Standardı ile binalarda aydınlatma enerjisi tüketiminin değerlendirilmesi için bir hesap yöntemi tanımlanmaktadır [EN 15193, 2007]. Türkiye için geliştirilen Bina Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi (BEP-TR) Aydınlatma Enerjisi Gereksinimlerinin Belirlenmesi Dökümanı, EN 15193 Standardında tanımlanan yöntem esas alınarak Türkiye koşulları için geliştirilmiştir. Bu yöntem ile konut ve konut dışı bina tipolojilerine ilişkin mevcut ve yeni binaların aydınlatma enerjisi performansı değerlendirilebilmektedir [BEP-TR, 2010].

BEP-TR hesap yönteminde EN 15193 Standardı kapsamında bir binanın toplam aydınlatma enerjisi gereksinimleri, bir hacim veya bölüme ilişkin toplam kurulu aydınlatma gücü, sabit aydınlık faktörü, gün saatleri kullanımı, kullanıma bağlı faktör, günışığı bağımlılık faktörü ve gün saatleri dışında kullanım bileşenlerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. EN 15193 Standardında belirtilen hesap yöntemi uyarınca aydınlatma enerji gereksinimlerinin aydınlatma tasarımı aşamalarından itibaren belirlenmesi olanaklıdır.

Binanın aydınlatma enerjisi performansını ifade eden Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi (AESG) değeri, birim alanda tüketilen yıllık aydınlatma enerjisi miktarıdır ve binada aydınlatma için kullanılan yıllık toplam enerjinin binanın toplam kullanılan alanına oranı olarak ifade edilmektedir. Bu değerin EN 15193 Standardında tanımlanan (AESG) (LENI) değerlere uygun olması beklenmektedir.

Aydınlatma tasarımında kullanılan çeşitli benzetim araçları da aydınlatma enerjisinin hesaplanabilmesi hedefiyle kullanılabilmektedir. Gerçekleştirilen aydınlatma tasarımı alternatiflerinde doğal aydınlatma ve yapma aydınlatma sistemlerinin enerji gereksinmelerine olan etkisi dikkate alınmalı ve tasarım aşamasından itibaren aydınlatma enerjisini minimize edecek seçimlerin gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.

Binada ele alınan herhangi bir hacim veya bölümde aydınlatma amacıyla tüketilen yıllık enerji miktarı Eşitlik 7.1 ile hesaplanır:

$$W_{L,t} = \{(P_n \times F_c) \times [(t_D \times F_o \times F_D) + (t_N \times F_o)]\} / 1000 \text{ (kWh)} \qquad (7.1)$$

$W_{L,t}$: Yıllık aydınlatma enerjisi tüketimi (kWh)
P_n : Bir hacim veya bölüme ilişkin toplam kurulu aydınlatma gücü (W)
F_c : Sabit aydınlık faktörü
t_D : Gün saatleri kullanımı (h)
F_o : Kullanıma bağlı faktör
F_D : Günışığı bağımlılık faktörü

t_N : Gün saatleri dışında kullanım (h)

Aydınlatma amacıyla tüketilen yıllık enerji miktarının BEP-TR yöntemi ile hesaplanabilmesi için aşağıdaki bileşenlerin belirlenmesi gerekmektedir:

Bir hacim veya bölüme ilişkin aydınlatma sisteminin toplam kurulu gücü (P_n), ele alınan bir hacim veya bölümde aydınlatma amaçlı kullanılan tüm lambaların kurulu gücü olarak tanımlanmaktadır.

Günışığı bağımlılık faktörü (F_D), ele alınan hacimlerin günışığından yararlanması durumunda gün saatleri içinde tüketilen aydınlatma enerjisi miktarında gerçekleşebilecek olan azalmayı ifade etmektedir. Bu değer, günışığı sağlama faktörü ($F_{D,S}$) ve günışığına bağlı yapma aydınlatma kontrolü ($F_{D,C}$) değerlerine bağlı olarak belirlenir.

Gün uzunlukları ve çalışma saatleri ilişkisi, t_D ve t_N değerlerinin belirlenmesi adımında binaların kullanım saatleri sırasında günışığının mevcut olup olmaması durumu incelenir. Binaların işlevlerine bağlı olarak kullanım saatleri içinde günışığının mevcut olduğu süre (t_D) ve günışığının mevcut olmadığı süre (t_N) değerlerinin belirlenmesi amacıyla gün uzunlukları Türkiye'deki şehirler için aylık değerler olarak hesaplanır ve hesaplamalarda yerel saate dönüştürme ve yaz saati uygulamaları dikkate alınır.

Sabit aydınlık faktörü F_c değeri, hacimlerde sabit aydınlık düzeyi sağlayan loşlaştırılabilir bir kontrol sisteminin mevcut olması durumunda hesaba katılır.

Kullanıma bağlı faktör F_o değerleri, hacimlerin kullanımına ve aydınlatma sisteminin kontrolüne bağlı olarak belirlenerek yıllık toplam aydınlatma enerjisi üzerindeki etkisi dikkate alınmaktadır.

Binada otomatik kontrol ve acil durum aydınlatma sistemlerinin bulunması durumlarında bu sistemlere ilişkin parazit güçlerin de eklenmesiyle yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi Eşitlik 3.1 ile belirlenebilmektedir.

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} \text{ (kWh)} \qquad (7.2)$$

W_t : Yıllık toplam aydınlatma enerjisi gereksinimi (kWh)

$W_{L,t}$: Yıllık aydınlatma enerjisi gereksinimi (kWh)

$WP_{,t}$: Yıllık parazit enerji gereksinimi (kWh)

Sonuç olarak ele alınan bir hacim veya bölüm için yıllık aydınlatma enerjisi tüketimi (W_t) değeri belirlenir. Binanın aydınlatma enerjisi performansını ifade eden ve birim alana düşen yıllık aydınlatma enerjisi miktarına ilişkin gösterge niteliği taşıyan AESG değeri, Eşitlik 3.2 ile hesaplanmaktadır:

$$AESG = W_t / A \text{ kwh/(m}^2 \text{ yıl)} \qquad (7.3)$$

W_t : Binada aydınlatma için kullanılan yıllık toplam enerji gereksinimi (kWh)

A : Binanın toplam kullanılan alanı (aydınlatılmayan ve kullanılmayan alanlar hariç) (m^2).

Bu amaçla aydınlatma tasarımında kullanılan çeşitli simülasyon araçları da aydınlatma enerjisinin hesaplanabilmesi hedefiyle kullanılabilmektedir. Daysim, Energy Plus, Dialux, Relux Energy gibi aydınlatma simülasyon programları ile oluşturulan aydınlatma tasarımlarının enerji tüketimi açısından önceden değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Gerçekleştirilen aydınlatma tasarımı alternatiflerinde doğal aydınlatma, yapma aydınlatma ve aydınlatma kontrol sistemlerinin enerji gereksinmelerine olan etkisi dikkate alınmalı ve tasarım aşamasından itibaren aydınlatma enerjisini minimize edecek seçimlerin gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.

7.5 Öncül Güç Sistemlerinin Geliştirilmesi

Bir binanın sürdürülebilir olması isteniyorsa öncelikle o binada kullanılan enerji kaynakları -yenilenebilir olsun veya olmasın-mutlaka birlikte ısı ve güç kavramı içerisinde değerlendirilmelidir. Şebekeden salt elektrik gücü eldesinin ötesinde şebekeden elektrik gücü çekilirken termik santral yakında ise bu santralin atık ısısından yararlanmak (Soma Termik Santrali ve Yatağan Termik Santralinde olduğu gibi) bölge enerji ve güç sistemi kavramında mutlaka ciddi bir seçenek olarak değerlendirilmelidir. PV modüller yerine ise PVT (Photo-Voltaic and Thermal: Foto voltaik ve ısıl) gözeler kullanılarak aynı birim metrekare ışınım yüzeyinden sadece elektrik gücü değil, aynı zamanda ısı da binada kullanılmak üzere üretilmiş olur. Bu konu ile ilgili detaylı bilgi 10.bölümde verilmiştir.

7.5.1 Gelecekteki Güç Taleplerinin Tahmini

Bir bina hiç bir zaman ilk tasarlandığı gibi kullanılmaz, cihazlar, kullanıcı profilleri ve kullanım alışkanlıkları sürekli değişir. Kapalı alanların fonksiyonları da zaman içerisinde değiştirilebilir. Bu değişikliklerin önceden hassas olarak kestirimleri zordur; hatta bilinemez. Ancak bütünleşik bina tasarımının vazgeçilmez bir uzantısı olarak en az üç adet kuramsal senaryo geliştirilir. Bunlardan birisi kısa vadede (iki yıl), orta vadede (beş yıl) ve uzun vadede (on yıl) içerisinde olası değişiklikleri içerir. Bu değişiklik senaryoları içerisinde de en az üç değişik profil sergilenir ve tüm kombinasyonlar tek tek incelenerek cihaz ve sistem kapasitesi, tür ve sayılarındaki olması gereken eklentiler değerlendirilip en üst ve en alt olası çevresel ve ekonomik değerlendirmeler yapılarak en uygun kapasite artırımları ve benzeri gelişmeler tasarıma eklenir. Aynı zamanda elektro-mekanik sistemin büyüme olasılığına göre yerlerin ayrılması da göz önünde bulundurulur. Bu konu ile ilgili detaylı bilgi yine 10.bölümde verilmiştir.

7.5.2 Dikey veya Yatay Taşıma Sistemlerinin Enerji Verimlerinin Optimizasyonu

Binaların kat sayısına, fonksiyonlarına ve zemin alanına göre dikey ulaşım araçları önemli ölçüde elektrik enerjisi tüketirler. Bu nedenle asansör trafik hesabının yapılarak planlamanın yapılması, asansör otomasyonuna öncelik verilmesi gerekmektedir. Trafik analizi ve hesaplaması, özellikle yoğun kullanımlı yüksek yapılarda bina planlamasında dikey ulaşım için önemli bir konudur. Trafikten amaç, maksimum sayıda insanı, minimum zamanda ve bina hacmini en az kullanarak asansör tesisatının kurulmasını sağlamaktır. Kullanıcılar ne asansör içinde beklemek, ne kalabalık bir kabinde olmak, ne de uzun bir süre kabinde kalmak isterler. Bu istekleri karşılamak için optimum bir çözüm bulmak trafik analizi yapılmasıyla mümkündür. Büyük binalarda uygun servis sağlamak için birkaç yolcu asansörü gereklidir. Bu durum da tek bir asansörün istekleri karşılamasından daha karmaşık asansör tesislerinin tasarım problemlerini oluşturur. Hızdaki değişimler, kapasite, kabinlerin sayısı ve yerleşimleri, maliyet ve servis kalitesini etkileyen temel faktörlerdir. Trafik analizi seçeneklerinden biri, ekonomik olmasının yanı sıra, binanın ihtiyaçlarını en iyi karşılayabilecek bir seçenek olabilecektir. Bu tip bir otomasyon tipine literatürde "yeşil asansör otomasyonu" da denmektedir.

Bu tür bir otomasyonun stratejileri aşağıdaki hususları içermelidir:

1. Hareket kinematiğinin denetimi: Bir asansörün ivmelenmesi, yavaşlaması, hızı ve durma sarsıntısı genelde sabittir. Halbuki günün değişen saatlerinde trafik ve insan yoğunluğu gelip gidilen katlar değişir. Enerji verimli sistemde bu değişkenlere göre asansör kinematiği sürekli değiştirilerek optimize edilir.
2. Durma sayısını azaltmak: Otomasyon ile durma sayısı %10 azaltılırsa %20 motor enerji tüketiminden tasar-

ruf sağlanmaktadır.

3. Seçici Park Konumu: Bulanık mantık kullanılarak bir dahaki sefer asansörün çağrılacağı en yakın (optimum) kata asansör boşken sevk edilip orada park edilir.

Yeşil asansör kavramında yeni teknolojiler de geliştirilmiştir. Bunlardan bir örnek makine dairesiz asansör tipi olup (Machine-less Elevator: MRL), özellikle az katlı binalarda dikey taşımada önemli tasarruf sağlamaktadır.

Diğer enerji tasarruflu sistemler için (Bakınız: http://www.buildings.com/article-details/articleid/3567/title/vertical-transportation-at-its-best.aspx (Son ziyaret tarihi 15 Nisan 2015)).

Açılı (yürüyen merdiven) veya yatay (yürüyen bant) taşıma sistemleri ise daha çok zemin alanı çok geniş ve trafiği yoğun olan metro, hava alanı, otel, hastane, büro-ofis, fabrika gibi binalarda kullanılır.

Yenilikçi sitemlerde tıpkı yeşil asansör otomasyonunda olduğu gibi değişken hızlı motorlar kullanılır. Dur kalk sırasındaki ivme trafik yoğunluğu göz önünde tutularak kontrol edilir.

7.5.3 Pik Yüklerin Tıraşlanması

Bir binanın enerji sistemleri kurulum kapasiteleri ve işletmedeki fosil tabanlı enerji tüketimi genel olarak aşağıdakilerin fonksiyonudur:

1) Bina cepheleri,
2) Mekanik tesisat sistemleri (ısıtma, soğutma, havalandırma sistemleri),
3) Aydınlatma ve diğer elektrik tesisatları,
4) Trijenerasyon gibi yeni ve/veya yenilenebilir enerji teknolojileri kullanımı,
5) Soğutma yükleri ve bilgisayarlar, asansörler, mutfak cihazları gibi diğer sistemler.

Bu bağlamda enerji pik yüklerinin azaltılması ve yüklerin tıraşlanmasında aşağıdaki hususlar yararlı olmaktadır:

1) ***Bina kabuğunun iyileştirilmesi:*** Bina kabuğundan kaynaklanan ısı kaybı, ısı kazançları azaltıldığında mekanik tesisat sistemleri de küçülmektedir. Böylece bina kabuğu maliyetinin bir bölümü HVAC sistemleri veya pahalı trijenerasyon sistemleri kapasitelerinin düşmesiyle daha başlangıçta geri alınır, işletmede ise enerji tasarrufu sağlanır,
2) ***İhtiyaç duyulan enerjinin farklı kaynaklardan karşılanması:*** Bina kabuğundan kaynaklanan enerji kayıpları azaltıldıktan sonra ihtiyaç duyulan enerjinin ne şekilde temin edileceği diğer bir konudur. Bunun için yüksek *COP* değerine sahip su soğutmalı soğutma grupları (Chiller), verimli pompalar, yüksek verimli kazanlar, frekans denetimli fanlar ve pompalar, trijenerasyon sistemleri gibi sistemlerin verimliliği artırması amacıyla kullanımı söz konusu olabilir,
3) ***Mekanik tesisat ve aydınlatma için bina otomasyon sistemleri kullanılması:*** Bina Otomasyon Sistemlerinin kullanılması ile sistem kapasitelerinin belirlenmesinde eş zamansızlık alınması mümkün olur,
4) ***Isıl depolama yapılması:*** Örneğin buz depolama yapılması-su soğutmalı chiller kurulu güç gereksinimlerini azaltacaktır. Böylece pik elektrik ihtiyacı azalacak, çillerler buz yapma modunda gece çalıştırılarak enerji tüketimi azalacak, verimlilik artacaktır,

5) ***Klima santrallerinde dışarıdan alınan hava debisinin (Pito tüpü ile) ve hava kalitesinin (CO_2 ve/veya parçacık hissedicileri ile) ölçülerek bina otomasyon sistemine aktarılması:*** Santrallerin gereksiz yere düşük CO_2 ve parçacık düzeylerini yakalamak üzere sürekli çalışması önlenecektir-kapasite seçiminde eşzamansızlık çarpanı kullanma olanağı sağlanır.

6) ***Havalandırmada olabildiğince iç hava kalite denetimli ve talebe bağlı havalandırma sistemi kullanılması (VAV+CO_2 hissedicileri ile):*** klima santrallerinin çekeceği elektrik tüketiminin azaltılması (cihaz içi kayıpların düşük tutulması-Eurovent C sınıfı gibi cihaz seçilmesi) sağlanır,

7) ***Klima santrallerinde havanın nemlendirilmesi:*** Nemlendirmenin kojenerasyon sisteminden ve/veya buhar jeneratörlerinden elde edilen buhar ile yapılması (elektrikli nemlendirici kullanılmaması), oransal debi denetimi yapılması sağlanır

8) ***Aydınlatma kontrolü:*** Aydınlatmada gün ışığından yararlanma (gün ışığı hissedicileri ile), elektronik balastlı T5 gibi aydınlatma armatürleri kullanımı, aydınlatma seviyesi kontrolü, varlık hissedicileri, zonlama, zaman kontrolü gibi sistemlerin kullanımı sağlanır.

7.6 Havalandırma Isıtma Soğutma Sistemlerinin Geliştirilmesi

7.6.1 Havalandırma Sistemlerinin Geliştirilmesi

Havalandırma ve iç hava kalitesi insanların sağlığı ve konforu için en önemli unsurlardan bir tanesidir. Diğer yandan ısıtma sadece ısıtma döneminde, soğutma sadece yaz aylarında yapılırken havalandırma tüm yıl boyunca yapılır. Bu nedenle yeterli ve temiz bir havalandırma yapılmasının yanında enerji verimliliğinin sağlanması da çok önemlidir. Havalandırma mekanik havalandırma ve doğal havalandırma olarak iki gruba ayrılabilir. Bu iki havalandırmanın bir arada kullanılması ise hibrid havalandırma olarak adlandırılır.

7.6.1.1 Doğal Havalandırma

Doğal havalandırma, dış ortamdaki havanın binaya kapı, pencere, menfez gibi açıklıklardan girmesi ve çıkması suretiyle dış havanın bina içinde şartlandırılmadan dolaştırılmasıdır. Avantajları;

• İşletme maliyetlerinde düşüş sağlayabilir,

• Fosil tabanlı enerji tüketimini azalttığından çevre kirliliğini ve sera etkisini azaltır,

• Bakım maliyetleri düşüktür,

• Tesisat yeri ve enerji dağıtım yönlerinden daha az yer gerektirir,

• Dış hava şartları uygun olduğu durumlarda kullanıcılar için kontrol edilebilir ve konforlu mekanlar sağlar.

• Sınıflarda egzoz aspiratörleri yardımı ile radyatör üzerinden dış ortam havası geçirilerek basit, ucuz bir havalandırma sağlar.

Dezavantajları;

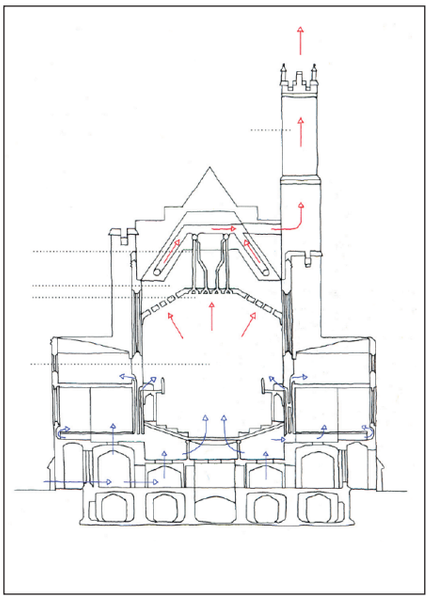
• Yılın tüm mevsimlerinde ve her iklim koşulunda uygulanabilecek bir yöntem değildir. Örneğin kışın soğuk bir iklimde veya yazın sıcak bir iklimde doğal havalandırma ile konfor sağlanamaz. Bu nedenle çoğu iklim için mekanik havalandırma sistemlerine destek şeklinde dünülmelidir.

• Dış havadaki kirliliğin kontrolu daha zordur.

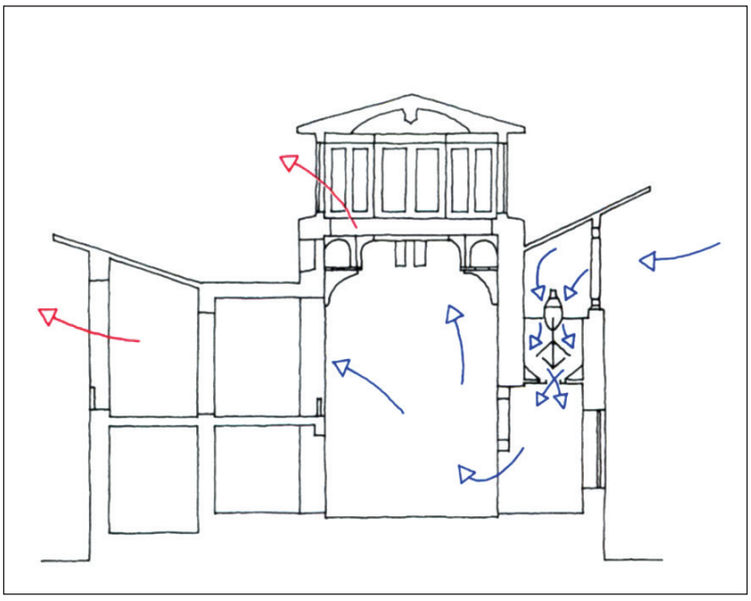
• Gürültü, hırsızlık gibi olumsuzluklara sebep olabilir.

Doğal havalandırma mekanizması

Doğal havalandırma sıcaklık farklarından kaynaklanan yoğunluk farkları ile rüzgar basıncı sonucu gerçekleşen bir olaydır. Bir binanın herhangi bir yüzeyinden giren rüzgar, karşılaştığı yüzeyde pozitif, arka yüzeyde negatif basınç yaratır. Dolayısıyla hava pozitif basınç olan yüzeydeki açıklıklardan içeri girmek, negatif basınç olan yüzeydeki açıklıklardan dışarı çıkmak ister. İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farklılıkları da basınç farklılıklarına sebep olan hava yoğunluğunda değişimlere yol açar ve bu basınçta doğal havalandırmada kullanılır. İç ortam sıcaklığı dış ortam sıcaklığından daha yüksek olduğunda, içerideki hava binanın en yüksek kotundan dışarı, daha serin dış hava ise binanın alçak kotlarından içeri girer. Bu husus binanın mimarisinin ve açıklıkların, doğal havalandırma şartlarını sağlayacak şekilde tasarlanması ile dikkate alınabilir. Doğal havalandırma çok eskiden beri uygulanan bir yöntemdir.



Şekil 124: *Almanya'da 19. yüzyılda yapılmış bir binada doğal havalandırma.*



Şekil 125: Kuzey Afrika'da eski dönemlerde yapılmış binada doğal havalandırma örneği.

Doğal havalandırma sistem tasarımı

Dış hava sıcaklığının yaklaşık 12°C ile 20°C arasındaki değerleri doğal havalandırma ve gece soğutması için uygundur. Türkiye'nin birçok bölgesi (nemli ve sıcak yerlerde daha az olmak üzere) yılın çok büyük bölümünde bu aralıkta sıcaklıklara rastlandığı görülür.

İyi bir doğal havalandırma sistemi, binadaki çalışanlar için sağlık, güvenlik ve konfor şartlarını yerine getirebilir. Öte yandan hava kalitesi ile ısı kayıplarının dengesi iyi kurulmalıdır. Bunun yanında yaz havalandırmasında aşırı sıcaklık yükselmeleri engellenmelidir. Tasarım için öncelikle aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- Tasarım gereksinimlerinin belirlenmesi,
- Binadaki hava akım çizgilerinin çizilmesi,
- Binanın kullanım şekli ve özel ihtiyaçların belirlenmesi,
- Havalandırma ihtiyaçlarının belirlenmesi,
- Dış etken basınçların tahmin edilmesi, havalandırma cihazlarının seçilmesi, yıl boyunca günlük sıcaklıkla-

rın ve dış etkenlerin meteorolojik verilerle değerlendirilmesi.

Kentsel çevrelerde doğal havalandırma potansiyeline karşın ofis ve okul binalarındaki dış mahal kirletici değişimi üzerinde yapılan teorik araştırmalar aşağıdakileri göstermiştir:

- Doğal havalandırma yapılan binalarda hava değişim miktarı hava kalitesi için belirleyici faktördür. Ancak kentsel çevrelerde dış hava miktarı arttıkça dış kirleticilerin iç mahaldeki miktarı artar.
- Kentsel bölgelerde doğal havalandırılan binalarda, iklimlendirilen binalara göre iç mahal kirleticileri daha fazla olabilmektedir.
- Kullanılan havalandırma stratejisinden ayrı olarak, iç mahal hava kalitesi binanın kullanımına bağlıdır. Örneğin okul binalarında iç mahal hava kalitesi içeride bulunan insan sayısı ile bunların etkinlik düzeylerine önemli ölçüde bağlıdır.
- Düşük rüzgar hızları durumunda meskun mahaldeki iki ya da daha fazla pencerenin açılması ile sağlanan çapraz havalandırma uygun bir hava akımı sağlayabilir. Karşıt ya da çapraz havalandırma tek yanlı havalandırmada çok daha etkilidir.
- Gündüz sıcaklığının serbest olarak 2.5°C ve iklimlendirilen binalarda 1°C'lik düşmesi sonucu geceleri doğal havalandırma ortaya çıkar. Buna karşılık belirli bir bina için gece soğutması bina tasarımı ve malzemeleri, günlük sıcaklık oynamaları, binanın yerleşim biçimi, dış hava akış miktarı, hava akımı ile bina ısıl kütlesinin etkili bir ikili oluşturması ve varsayılan işletme koşulları gibi bir çok parametreye bağlıdır.

Doğal havalandırma rüzgar etkisinden veya yoğunluk farklarından yararlanarak sağlandığından tasarımda binanın bulunduğu yerdeki dış sıcaklıklar, rüzgar hızları, ışınım değerleri gibi meteorolojik değerler, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayınlarından veya benzer kurumlardan temin edilebilir. Tasarım için önemli bir diğer parametre de ne kadar bir doğal havalandırmanın yapılması gerektiğidir. Yapılan araştırmalar yeterli bir hava kalitesi için ofislerde 3-6, sınıflarda 2-4, tiyatrolarda 6-10, depo gibi yerlerde 1-2 değişim/saat'lik hava değişiminin yeterli olabileceğini göstermiştir. Rüzgar etkili havalandırmada rüzgar hızı ve gerekli hava değişim sayısı bilindiğinde bina cephelerinde doğal havalandırma için bırakılması gereken açıklıklar belirlenebilir. Doğal havalandırmaya karşı temel sınırlamalar, düşük rüzgar hızları, binalar ve trafikten (ısı adası etkisi) kaynaklanan ısı yükleri nedeniyle yüksek dış ortam sıcaklıkları, dış mahal kirleticiler ile gürültüdür.

Doğal havalandırmada kabul edilebilir bir konfor düzeyi için çoğu zaman komplike kontrol sistemlerine gerek yoktur. Ancak kabul edilebilir oranda sıcaklık kontrolü ve yeterli miktarda taze hava sağlanabilmelidir. Ayrıca yapılan bazı araştırmalar personelin psikolojik olarak doğal havalandırılan ve açılan pencereleri olan binaları tercih ettiğini göstermiştir. Diğer yandan havalandırma ısıl konfor ile birlikte düşünülmesi gereken bir husustur. Yani çalışılan mahalde yoğun ısı kazançları varsa doğal havalandırmanın sınırlı olabilen soğutma etkisi iyi hesaplanmalı ve iç ısı kazançları ve/veya çevre kirliliği fazla ise karışık havalandırma veya sadece mekanik havalandırma tercih edilmelidir.

Tasarıma etki eden unsurlar

Bir binada doğal havalandırma yapılıp yapılamayacağına bir takım araştırmalardan sonra karar verilmelidir. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Bina geometrisinin etkisi: Doğal havalandırma daha çok binanın kabuğu, yerleşimi ve konumu ile ilgilidir. Tasarımda dikkate alınmasında yarar olabilecek bazı hususlar aşağıda verilmiştir.

- Plan eni, dıştan dışa cepheler arasındaki uzaklıktır. Doğal havalandırma için plan eninin kat yüksekliğinin 5

katını geçmemesi tavsiye edilir. Böyle bir düzenlemede bir taraftan giren hava mahaldeki sıcaklık yükünü ve kirliliği alarak diğer taraftan çıkacaktır. Kat yüksekliği ne kadar fazla olursa kirli ve sıcak hava yaşam bölgesinin o kadar yukarısında toplanır. Diğer bir ifade ile yüksek tavanlar ve açıklıkların birbirine yakın olması sıcaklık ve kirlilik kontrolunu daha iyi sağlamaktadır.

- Doğrudan güneş ışınlarını kontrol etmek için iyi bir güneş kontrol sistemi düşünülmelidir. Bu husus güneş kontrollü camlar ve gölgeleme, yönlendirme, yalıtım ile sağlanabilir.
- Kısa dönemli ısı kazanç değişimlerini minimize etmek için çatı, duvarlar gibi bina elemanlarında ısı depolama özellikleri dikkate alınmalıdır.

Bina yerleşiminin etkisi: Binaya etkiyen rüzgar kuvveti binanın bulunduğu yerdeki rüzgarın hızına bağlıdır. Örneğin açık alandaki bir binaya etkiyen rüzgar kuvveti ile şehir içindeki bir binaya etkiyen rüzgar kuvveti arasında önemli farklar olabilir. Şehir içindeki bir binadaki basınç farkları, açık alanlardaki duruma göre %80 daha az olabilir. Ayrıca rüzgar hızındaki azalmada ağaç ve bina gibi yerel engellerin çok fazla etkisi olabilmektedir. İki bina arasında hava koridoru varsa bu durum yerel rüzgar hızlarının artmasına ve yüksek negatif basınçlara neden olabilir.

Gürültü kirliliğinin etkisi: Gürültü, çoğu zaman doğal havalandırma önünde kısıtlayıcı bir parametre olarak düşünülür. Ölçmelerden elde edilen veriler, kentsel alanlardaki gürültü düzeylerinin kanyon geometrisine yani 'V' şeklindeki geometriye ve trafik yoğunluğuna bağlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca,

- Gürültü düzeylerinin azaltılmasında sokak düzeyinden olan kat yüksekliğine dikkat edilmelidir.
- Ses azaltımının maksimum düzeyi, genellikle kenarlar oranının bir fonksiyonudur. Örneğin sokak genişliği azaldığında, trafik yoğunluğundan kaynaklanan gürültü artar.
- Kat yüksekliğine bağlı olarak balkonlar gürültüyü 2-4 dB kadar azaltabilirler.
- Binadaki kat yüksekliği arttıkça gürültü seviyesi azalır.
- Gürültü sönümlemesi bina en ve boy oranının fonksiyonudur.
- Yokuş yukarı olan trafikte gürültü seviyesi artar.
- 70 dB altındaki gürültü seviyelerinde doğal havalandırma yapılabilir.
- Tasarımda hava akımları ve gürültü indeksleri ile ilgili teorik çalışmalar ve hibrid (doğal ve mekanik havalandırma birlikte) havalandırma gibi değişik yöntemler uygulanabilir.

Hava kirliliğinin etkisi: Yapılan araştırmalar ve deneysel çalışmalar doğal havalandırmada dış hava oranı arttıkça kirlilik oranının arttığını göstermiştir. Diğer yandan iç mekan kirliliği dışsal kirlilik kadar içsel kirlilik kaynaklarından da etkilenir. Örneğin okullarda sınıflardaki kirlilik öğrenci yoğunluğu arttıkça artar. Yüksek düzeydeki dış mahal kirliliği kötü iç mahal hava kalitesi, kötü yaşam kalitesi ile bina ve anıtların yıpranmasında da temel nedendir.

Dünya sağlık örgütüne göre dış mahal kirleticileri; kükürt dioksit, azot oksit, karbon monoksit, ozon, parçacık halindeki maddeler ve kurşun gibi maddelerdir. İç mahaldeki kirleticiler sigara dumanı, parçacıklı maddeler (biyolojik olan ve olmayan), uçucu organik bileşikler, azot oksitleri, kurşun, radon, karbon monoksit, asbest, değişik sentetik kimyasallar ve diğerleridir. Kirlenmeden potansiyel kaçınma yöntemleri aşağıdakileri içerir.

- Korunmalı cephelerde havalandırma açıklıklarının yerlerini belirlemek ve bunları yayınım kaynaklarından

yeteri kadar yüksekte bulundurmak,

- Filtre edilmiş besleme havalandırması ya da, egzozt havalandırması gibi doğal havalandırmaya alternatif çözümler üretmek.

Ayrıca CIBSE (Charter Institution of Building Services Engineers), dış mahal kirleticiler ile bunların iç mahal hava kalitesini etkileme biçimlerine referans olmak üzere bir teknik doküman yayımlamıştır. Bu doküman, kirlilik kaynaklarından olan kirlenme olasılığını en aza indirmek için tasarımcılara havalandırma ağızlarının nasıl bırakılacağına ilişkin öneriler getirmektedir.

Doğal havalandırma performansını aşağıdaki gibi hususlar da etkileyebilir;

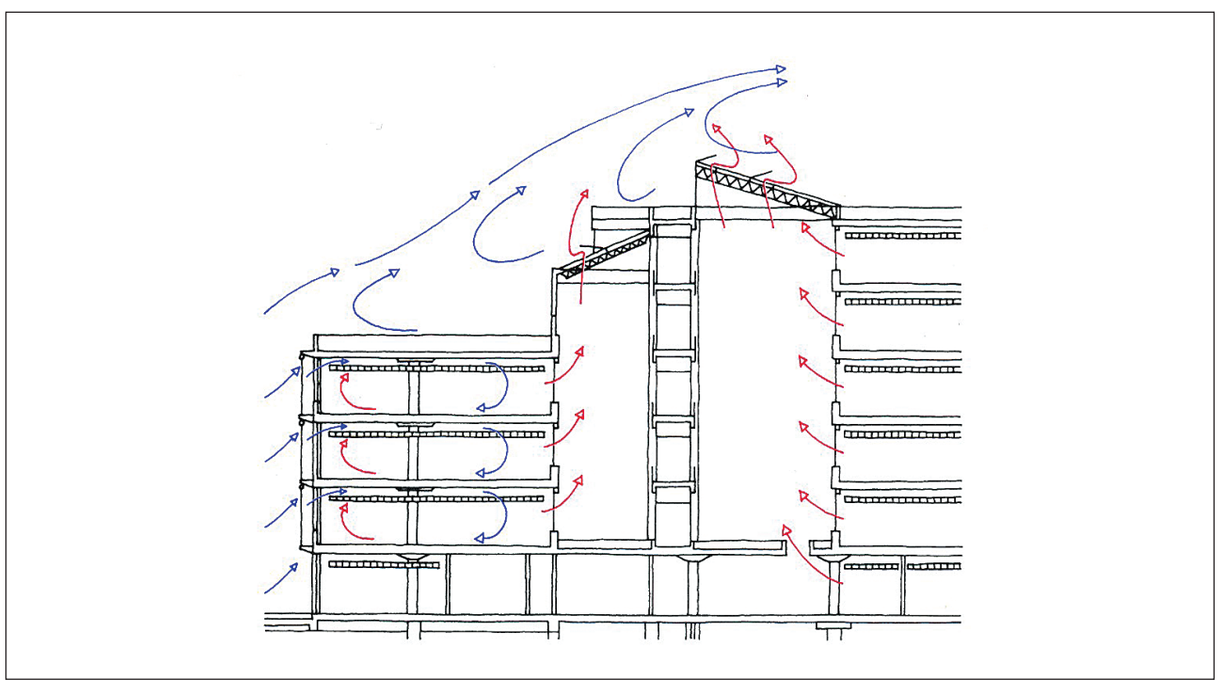
- Dış hava içindeki su buharı,
- Konveksiyonla soğutma yapabilecek kadar düşük sıcaklığa sahip dış hava,
- Konvektif ve evaporatif soğutma sağlayabilecek kadar yüksek hıza sahip rüzgar.
- Isıl radyasyonla ısı transferini etkileyen atmosferin üst tabakaları veya gökyüzü.

Doğal havalandırma stratejileri

Havalandırmayı sağlayacak kuvvetler yoğunluk farkları ile rüzgardan kaynaklandığı için yapılması gereken ilk iş binadaki doğal havalandırma için şematik hava akımı çizgileri çizilmesidir.

Doğal havalandırmayı sağlayacak dış hava dışarıdan mekanlara kolayca akmalı ve tasarlanan açıklıklardan binayı terk etmelidir. Hava akım çizgileri için kış, yaz ve gece havalandırması gibi değişik işletme şartları ile çalışanların ihtiyaçları dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda;

- Havalandırma insanların ihtiyacını karşılayacak nitelikte olmalıdır,
- İç bölmeler, mobilyalar gibi iç mekan dekoratif elemanları ile açıklıklara ulaşmayı ve ayarlamayı engelle-



Şekil 126: *Doğal havalandırmada akım çizgileri için bir örnek.*

memelidir,

- Dış açıklıklar kolayca ayarlanabilir ve kontrol edilebilir nitelikte olmalıdır,
- Açıklıklar perdeleme ile kapatılmamalıdır,
- Havalandırma güzergahı yangın ve duman tahliyesi ihtiyaçlarını engellememelidir.

Genel olarak havalandırma sistemleri aşağıdaki elemanlardan oluşur;

- Taze havanın binaya girmesini sağlayan açıklıklar veya pencereler,
- Mekana giren taze havanın çıkmasını sağlayan açıklıklar,
- Girişten egzoz noktasına kadar akış yolları ve egzoz güzergahı (örneğin baca çekişi ile).

Hava binada hareket ettikçe hem ısıyı hem de kirleticileri bünyesine alır. Bu nedenle doğal havalandırma tüm bina bazında düşünülmelidir. Koridorlarda ve merdivenlerde gerekli sirkülasyonlar sağlanmalıdır. Ayrıca trafik gürültüsünden kaçınmak ve soğutma kapasitesini artırmak için binanın yüksek bölgelerinden hava emişi yapılması uygun olabilir.

Havalandırmada sistem elemanları

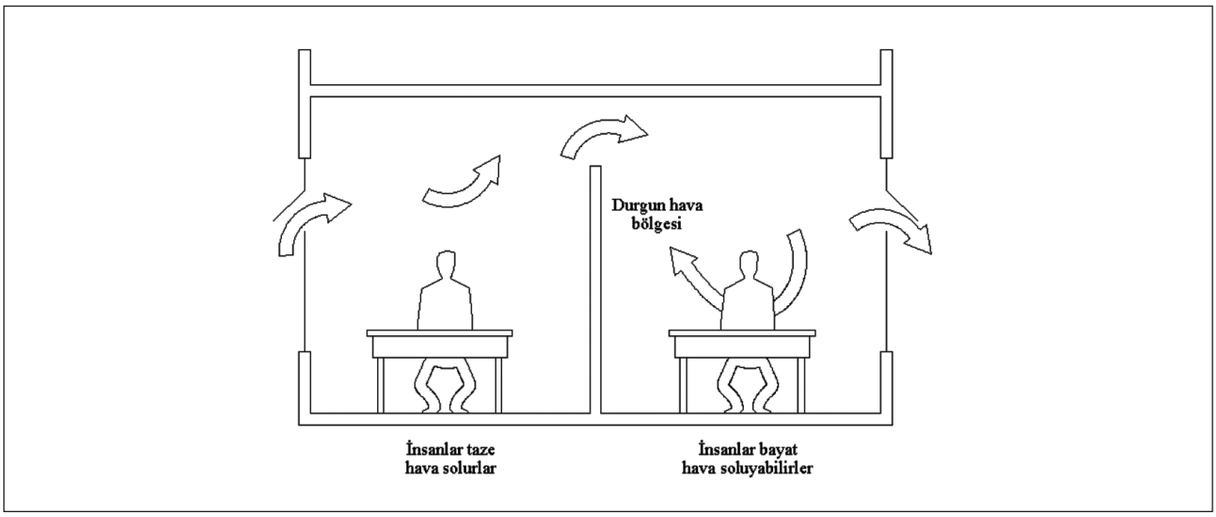
Aşağıda değişik havalandırma açıklıklarının karakteristikleri ile doğal havalandırmanın performansını etkileyen hususlar verilmiştir. Ancak iş merkezleri ve yüksek binalarda buradaki stratejiler değil, daha sonra verilen çift cam cephe sistemleri uygulanması daha uygun ve verimli bir çözüm olur.

Pencereler: Doğal havalandırma için değişik pencere tipleri kullanılabilir. Pencereler vasıtasıyla yapılacak doğal havalandırmada aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır. Bir pencerenin havalandırma kapasitesi etken kesitin toplam kesite oranı şeklinde verilebilir.

Menfezler ve damperler: Her ne kadar pencereler değişik fonksiyonları yerine getiriyor olsa da havalandırma amacıyla cephelerde sadece havalandırma amaçlı açıklıklar öngörülebilir. Bunlar kışın kapatıldıklarında iyi sızdırmazlık sağlayarak enerji tasarrufuna katkıda bulunurlar. Menfezler sac veya alüminyum kanatlara sahiptir. Ayrıca kanatların gerisinde güvenlik için çelik kafesler de öngörülebilir. Bu özellikler bu menfezlerin gece havalandırmasında kullanılmasını sağlar. Bu açıklıkların bir başka avantajı kapatıldıklarında hava sızıntılarını %100'e yakın önlemeyebilmeleri ve kontrol imkanlarının olmasıdır. Damperler genellikle otomatik kontrolün gerekli olduğu yerlerde kullanılır. Doğal havalandırmada alt kotlardaki hava girişlerinde ve ana egzoz noktalarında motorlu damper kullanılarak kontrollu havalandırma sağlanabilir.

Şaftlar ve hava kanalları: Havayı bina boyunca taşımak için şaftlardan veya hava kanallarından yararlanılabilir. Basınç kayıpları rüzgar basıncının yarattığı itici kuvvetten daha küçük olması gerektiğinden, doğal havalandırmadaki şaft ve kanal kesitlerinin mekanik havalandırma sistemlerine göre daha büyük olması gerekir. Ayrıca hava kalitesinin düşmemesi için şaft ve kanalların temiz olması gerekir. Şaft çıkış ağızları (baca ağzı gibi) yüksek kotlarda olduğundan, rüzgar hızlarının ve dolayısıyle basıncın fazla olduğu bölgelerde yer alırlar. Bu nedenle geri tepmeyi önlemek için bacanın çatı seviyesinden daha yukarılara çıkarılması gibi tedbirlerin alınması gerekir.

İç bölmeler ve mekanlardaki engeller: Doğal havalandırmada iç bölmeler havalandırma stratejisinin bir parçası olarak ele alınmalıdır. Örneğin çapraz havalandırmada bölmelerin tavana kadar çıkmaması gerekir. Bağımsız mekanlarda gerekirse hava transfer açıklıkları öngörülebilir. Ayrıca mobilya gibi elemanların hava akışına engel olmamasına da dikkat edilmelidir.



Şekil 127: *İç bölmelerin hava akışına etkisi.*

Doğal havalandırmada kontrol

Doğal havalandırmada hava miktarı ihtiyaca uygun biçimde kontrol edilebilmelidir. Kontrolde ilk adım, kış, yaz, gece havalandırması, duman tahliyesi gibi işletme şartlarını dikkate alan bir otomatik kontrol senaryosu ve bu senaryonun dokümanının hazırlanmasıdır. Doküman aşağıdaki hususları içermelidir;

- Bina ısıtma modunda ise havalandırma, CO_2 ölçümü esasına göre veya kişisel olarak kontrol edilen sıcaklık sensörlerine bağlı olarak yapılabilmelidir.
- Bina soğutma modunda ise havalandırma mahal termostadına göre kontrol edilmelidir.
- Güneş radyasyonu yüksek ise mahal sıcaklıklarının aşırı yükselmemesi için hava miktarı arttırılmalıdır.
- Gün sonunda mahal sıcaklığı yüksek, dış hava sıcaklığı düşük ise gece soğutması yapılabilir.

Kontrol mantığında amaca ulaşmak için hava miktarlarının nasıl değişeceği tespit edilmelidir. Bu işlem, açıklıkların kontrolu yoluyla yapılabilir. Açıklıkların kontrolunda sadece ihtiyaç duyulan hava miktarı değil, fakat aynı zamanda sıcaklık, rüzgar hızı gibi dış hava koşulları da dikkate alınmalıdır. Örneğin rüzgar etkili doğal havalandırmanın mümkün olabilmesi için rüzgar hızının belli değerlerin üzerinde olması gerekir.

Pencerelerin kontrolu için elektrik tahrikli, dişli, zincirli, pistonlu veya pinyon dişli tipte aktüatörler bulunabilir. Aktüatörler pencere ağırlığını ve rüzgar kuvvetlerini karşılayabilecek mukavemette olmalıdır. Doğal havalandırmada kullanılabilecek sensör tipleri sıcaklık, nem, rüzgar hızı, güneş ışını (piranometre), yağmur, hava kalitesi (CO_2), kişi sayısı (hareket dedektörleri) gibi olabilir.

Havalandırmanın ikinci fonksiyonu mekanlarda biriken ısının uzaklaştırılmasıdır. Çoğu kez doğal havalandırma havasının ısı tranfer kapasitesi, özellikle pik yüklerde sınırlıdır. Bu nedenle binadaki soğutma problemleri bütün olarak ele alınmalıdır.

Yaz soğutması için gerekli hava miktarının hesaplanması dinamik ısıl analiz yöntemlerini kullanan sıcaklık tahminlerine dayanır. Binalardaki ısı transferi eşitliklerinin sayısal çözümlerine dayandırılmış olan bilgisayar programları gerçek hava verileri ile kullanılabilirler. Bu programlar, ayrıca pasif bina analizlerinde örneğin gölgeleme gibi ihtiyaç duyulan bir çok özellik hakkında da bilgi verirler. Bunlar sadece pik sıcaklıkları değil, fakat aşırı ısınmanın ortaya çıkış sıklığını da vererek daha iyi konfor sağlarlar.

Doğal havalandırma tasarımı

Doğal havalandırma sisteminin dağıtacağı hava miktarlarını belirledikten sonraki ikinci adım, havanın dağıtılacağı havalandırma sistem elemanlarının boyutlandırılmasıdır. Buradaki tasarım, tasarımın geliştirilmesinde en uygun modellerin belirlenmesi yönünde aşamalı ve interaktif bir süreçtir. Kullanılan belirli bir tasarım tekniğine bağlı olmaksızın, bir doğal havalandırma sistemi tasarlanırken uyulması gereken işlem sırası vardır. Binanın düzenlenme biçimi ile, amaçlanan akış stratejisinin sağlandığı varsayılırsa, bu adımlar aşağıda açıklandığı gibi olabilecektir. Eğer hesaplamalar, amaçlanan akış stratejisinin çalışmadığını gösterirse, binanın ve yerleşim biçiminin tekrar gözden geçirilmesi gerekecektir.

Adım 1: Akış elemanlarının seçilmesi

Bina içerisindeki hava akım yolları belirlendikten sonra atılacak ilk adım, havalandırma sistemini oluşturacak olan akış elemanlarının seçilmesidir.

Girişler; Açık pencereler, filtreli havalıklar, panjurlar, damperler gibi olabilir. Hem yaz hem de kış akış miktarlarını kontrol etmek üzere birden çok eleman türü kullanılabilir.

Çıkışlar; Daha önce bahsedilmiş olan herhangi türden elemanlar olabilir. Ayrıca açık pencerelerle çapraz havalandırma sisteminde rüzgarın yön değiştirmesi ile birlikte, açıklıkların giriş ve çıkış işlevleri yer değiştirebilir.

Akış yolu elemanları: Girişten çıkışa kadar akış yolunu oluşturan elemanlardır. Havalandırılan mahal bu elemanlardan biri iken, uygulanan stratejiye göre daha bir çok eleman bulunabilir. Bir baca, baca etkisiyle havalandırma için bir örnektir. Rüzgar tahrikli stratejide kullanılan panjurlar bir başka örnek olarak düşünülebilir.

Düşünülmesi gereken önemli bir başka nokta bir elemanın birden fazla akış yoluna hizmet verebileceğidir. Örneğin, baca etkili havalandırma sistemlerinde, bir baca bir çok girişten sağlanan havanın ortak bir noktadan çıkması temeline dayanır. Bunun anlamı, bazı durumlarda hava yollarının birbirinden soyutlanmış biçimde ele alınamayacağıdır.

Adım 2: Akış karakteristiklerinin belirlenmesi

Hava hızı; rüzgarın ve/veya yoğunluk farklarının fonksiyonudur. Yani binaya gelen rüzgar ve ısıl etkilerden dolayı bina kabuğu üzerinden basınç farkları oluşmaktadır. Hava, hakim rüzgar yönündeki cephede açık tutulan pencerelerden veya duvarlarda bu amaçla oluşturulan açıklıklardan içeri girer ve düşük basınçlı cephedeki açıklıklardan dışarı çıkar. Rüzgar etkisiyle bina cephesinde oluşan hava hızları bina yüksekliği ile artar. Pik değerler ortalamanın iki üç katına çıksa da havalandırma için meteorolojik rüzgar hızlarının alınması yeterlidir. Bina cephesinde binanın H (m) seviyesindeki ortalama hava hızı,

$$U_h = U_{met}\left(\frac{\delta_{met}}{H_{met}}\right)^{\alpha_{met}}\left(\frac{H}{\delta}\right)^{a} \qquad (7.4)$$

Şeklinde hesaplanabilmektedir. Burada,

Daha kesin bir yaklaşım için δ ve α verileri ASHRAE yayınlarından veya Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmalıdır.

Rüzgar Basıncı

Binanın hakim rüzgar yönlerinde rüzgar basıncı Bernoulli denkleminden,

$$P_v = \rho_{dis} \frac{U_h^{\,2}}{2} \tag{7.5}$$

Şeklinde hesaplanabilir.

$\rho_{dış}$: Dış havanın yoğunluğu, kg/m^3'dir.

Belli bir açı ile bina cephesine gelen rüzgarın basınç farkı,

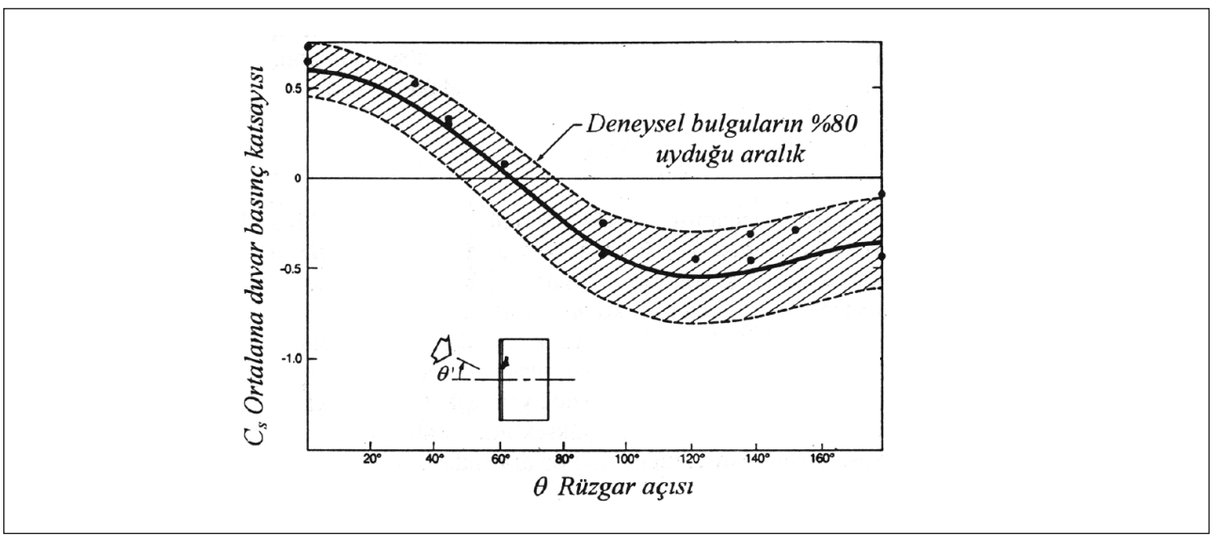
$$\Delta P_{rüzgar} = C_p P_v \tag{7.6}$$

İfadesiyle hesaplanabilir.

C_p: Yerel rüzgar katsayısı olup, gerçek değerleri deneysel olarak hesplanır ve ayrıca ASHRAE'de,

$$C_p = C_s - C_{iç} \tag{7.7}$$

Şeklinde verilmektedir. Buradaki C_s değeri Şekil 139'den alınabilir. Eğer bir kattan giren hava aynı kattaki açıklıklardan çıkıyorsa $C_{iç}$ değeri -0.2 alınabilir.



Şekil 128: *Duvarlardaki ortalama basınç katsayıları.*

Baca etkisiyle oluşan basınç farkları

Sıcak ve soğuk havanın yoğunluklarının farkından dolayı bir basınç farkı oluşur ve,

$$\Delta P_s = \rho_{iç} g T_{iç} (h_2 - h_1) \left[\frac{1}{T_{dış}} - \frac{1}{T_{iç}} \right] \tag{7.8}$$

Eşitliği ile hesaplanabilir. Burada,

$\rho_{iç}$: İç taraftaki hava yoğunluğu, kg/m^3

$h_{1,2}$: Giriş ve çıkış açıklıklarının kotları, m

$T_{iç}$ ve $T_{dış}$: İç ve dış hava sıcaklıkları, K'dır.

Buradaki gerçek basınç farkı bir düzeltme katsayısı ile düzeltilerek,

$$\Delta P_{ger} = C_d \Delta P_s \tag{7.9}$$

Şeklinde hesaplanabilir. Burada C_d 0.63 ile 0.82 arasında değişen basınç katsayısıdır.

Toplam basınç farkı: Herhangi bir kattaki toplam basınç farkı, rüzgarın dinamik basıncı ile ısıl etkilerden doğan basınç farklarının toplamı olup,

$$\Delta P_t = P_{rüzgar} + \Delta P_{ger} \tag{7.10}$$

Şeklinde ifade edilebilir. Rüzgar basıncı, herhangi bir akış yolundaki rüzgar giriş ve çıkış basınçları arasındaki farktır. Baca etkisindeki basınç farkı, bacanın yüksekliği ile baca giriş ve çıkışı arasındaki sıcaklık farkının bir fonksiyonudur. Bir açıklıktan geçebilecek hava debisi aşağıdaki gibi hesaplanabilir. Bu terimlerden birisi etken değilse (veya yoksa) ΔP_t diğer terimden ibaret olur.

Hava debisi: Bina cephesinde açılan pencerelerle iç duvarlarda çapraz akım yaratmak için açılan her açıklık için hava debisi hesaplanabilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, basınç farkının oluşturduğu akış miktarı (debi) eşitliğinin lineer-olmayan bir karakteristiğe sahip olduğudur.

$$V = k(\Delta P_t)^n \tag{7.11}$$

Burada,

V : *A*kış miktarı (debi), m^3/s

k : *A*kış sabiti, m^3/s (1 bar'da)

ΔP_t : Toplam basınç farkı, Pa

n : Akış üssü'dür.

Akış sabiti eleman büyüklüğüne bağlı olduğundan, tasarımcı, akış yolu üzerindeki bütün elemanlara ait dirençlerin, kullanılabilir tahrik kuvvetinden daha az olacak biçimde açıklıkları boyutlandırmalıdır. Çok dar açıklıklarda akış çoğu zaman laminer[12] olup, akış üssü 1'e yaklaşır. Geniş açıklıklarda ve akış üssü 0.5'e yaklaştığında akış türbülanslı olma eğilimindedir. Çoğu uygulamada, bina elemanlarındaki bağlantı açıklıkları ve temel bir sızıntı durumu için akış üssünün 0.6~0.7 arasında alınması uygun bir yaklaşımdır.

Adım 3: Elemanların boyutlandırılması

İstenilen akış miktarlarını sağlamak üzere elemanların boyutlandırılması, hesaplama sürecinin son adımıdır. Bu süreç, her tasarım koşulunun (yaz/kış) gerçekleştirilmesine ihtiyaç göstermektedir. Bu konudaki temel güçlük, çok sayıda bağımsız değişken bulunmasıdır. Akış yolundaki direncin (örneğin bacadaki direnç) girişteki ve çıkıştaki (örneğin pencereler ve baca çıkışı) kayıplara göre küçük değerlerde olduğu varsayılarak basitleştirilebilirse de, elemanlar boyutlandırılmadan önce bu durumun kontrol edilmesi gerekir.

Kontroller aşağıdakileri içermelidir;

- Her cephede yüzde kaç açıklık bulunduğu belirlenmelidir. Örneğin sızıntı havalandırması için minimum

[12] Bir elektrot yüzeyine yakın bir bölgede sıvının birbiri üzerinde ince sıvı tabakaları halinde akması; Laminer akım, yığın çözeltideki bir türbülent akım bölgesi ile elektrot yüzeyindeki Nernst difüzyon tabakası arasında

açıklık alanı önerilir. Binanın tasarım biçimine göre bu alan önerilenden büyük veya küçük olabilir. Eğer sızıntı havalandırması için alan önerilenden küçükse, tasarımcının gerekli hava miktarının verilebildiğini göstermesi gerekir.

- Açıklıktan geçen havanın hızı ve bunun baca çekişi üzerindeki etkisi incelenmelidir.
- Tasarımın yanlış kullanıma karşı duyarlılığı araştırılmalıdır. Örneğin çapraz akışta kapıların kapalı olması halinde, panjurların gerekli olup olmadığı araştırılmalıdır.

Eğer kontroller, tasarımda eksiklikler bulunduğunu gösteriyorsa, eşitliklerdeki parametreler gözden geçirilerek yenileri kullanılmalıdır. Tablo 34'de durumlarda uygulanabilecek tasarım modelleri verilmiştir.

Tablo 34: Değişik modellerin uygulanması.

Proje aşaması	Yöntem	Açıklamalar
Kavramsal Optimizasyon	Açık yöntem	Kavramın '*doğrulanması*' için ön boyutlandırma
	Tek veya çok zonlu yöntemler	Tasarımın gerçek akış durumuna göre, güçlülüğünü sağlamak için ayrıntılı tasarım aşamasında kullanılır.
'Özel durum' analizi	CFD, tuz banyosu	Katmanlaşmanın özel bir durum olduğu yerler
Performans değerlemesi	Isıl/akış bağlantı modelleri	Toplam mevsimsel performans değerlemeleri
Veri üretimi	Rüzgar tüneli	Mahal/bina basınç katsayıları elde edip yukarıdaki yöntemlerde kullanmak için

7.6.1.2 Mekanik Havalandırma

İç mekanlara verilecek dış hava klima santrallarında klimatize edildikten sonra ortama verilir. Tüm yıl boyunca konforu garanti edebilen sistemlerdir. Burada enerji verimliliği ile bağlantılı konular aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Enerji verimli havalandırmada, iç hava kalitesinin sağlanmasına yönelik hedef değerlerin belirlenmesi,
- Hava akışı ve hava yönü kontrolü ile hava kirliliğinin azaltılarak iç hava kalitesinin artırılması,
- Hava transferi ve hava temizliği sağlanarak havanın tekrar kullanımı (sirkülasyonu) ve toplam havalandırma oranının azaltılması,
- Havalandırma için kullanılacak olan dış havanın mümkün olduğu kadar temiz olması,
- Kararlı (durağan) ve kararlı olmayan durumların gerek kaynağın gücünden gerekse havalandırma oranından etkilenmesi,
- Havalandırmanın soğutma için kullanılması,
- Havalandırmada tüketilen enerjinin esas itibariyle havayı ısıtmakla ilgili olduğu,
- Mekanik havalandırma ile oluşan basınç farkları sayesinde kirlilik transferinin kontrol edilebilmesi.

Dezavantajı ise düzgün tasarlanmadığında hasta bina sendromu oluşması, kanallarda zamanla oluşabilecek kirliliklerin zararlı etkilerinin oluşabilmesi ve enerji tüketiminin fazla olabilmesidir.

Mekanik havalandırma bulunan binalarda ki odaların hava beslemesi ve egzozu fan gücüyle sağlanır. Besleme havası talebe göre ısıtılır, soğutulur veya nemlendirilir. Havalandırma sisteminde egzozdan ısı geri ka-

zanımı yapılması yararlı bir işlemdir. Ayrıca karışım havalı sistemlerde dönüş havası tekrar kullanılarak hızlı ısıtma ve soğutma gereken yerlerde kullanılabilir. Mekanik havalandırma yapılan binalarda pencereler açılır veya açılmaz şekilde tasarlanabilir. Mekanik havalandırma olan binalarda hava, kanal sistemi ile odalara dağıtılmadan önce klima santralinde (Air Handling Unit) yönlendirilir. Şekil 140 ve Tablo 32'de yer aldığı gibi mekanik havalandırma sistemlerinde bulunan hava akımları binanın veya sistemin hangi bölümünde olduğu baz alınarak adlandırılır.

Hava akımı türleri fonksiyonlarına göre şöyle açıklanabilir:

1- ***Dış hava:*** havalandırma için kullanılır ve havalandırma dış hava akımını belirtir.

2- ***Besleme havası:*** odaya iletilen şartlandırılmış (ısıtılmış, soğutulmuş, nemlendirilmiş veya nemi alınmış) havayı ifade eder. Yüzde yüz dış hava olabileceği gibi sistem tasarımına göre dönüş havası ve dış hava karışımı da olabilir.

3- ***İç hava:*** havalandırma yapılan mekandaki havayı ifade eder. Karıştırmalı hava dağıtım sistemlerinde, iç hava kalitesi alanda/mekanda her yerde aynıdır. Yer değiştirmeli havalandırma sistemlerinde ise karışım ve sıcaklık değerlerinde ki değişiklikler bilinerek gerçekleştirilmiştir.

4- ***Transfer havası*:** bina içinde bulunan herhangi bir odadaki kirli havanın temiz odalara gitmesini engellemek için kullanılır. Örnek olarak sigara içilen bir odada havanın sigara içilmeyen bir odaya gitmesini önlemek amacıyla kullanılması gibi.

5- ***Çıkarılan hava:*** odadan çıkartılan hava olup, dönüş havası olarak da adlandırılır. Bu hava genellikle odanın içindeki en düşük kaliteli bölgeden çekilir.

6- ***Sirkülasyon havası:*** binadan atılmayan ve tekrar kullanılan havayı ifade eder. Genelde *Çıkarılan Havanın* bir bölümüdür.

7- ***Egzoz havası:*** binadan atılan ve bir daha kullanılmayan havadır.

8- ***İkincil hava:*** bir mekânda sirküle edilen havadır. Genellikle sirkülasyon sırasında şartlandırılır (odayı ısıtmak amacıyla kullanılabildiği gibi hava temizleyici üniteden geçirilerek tekrar da kullanılabilir. Filtre, klima cihazı gibi ikincil üniteler, oda içinde veya dışında olabilir.

9- ***Sızıntı:*** Kanal veya santral sisteminden olan kaçağı ifade eder. Sistem verimliliğinin düşmesine sebep olur.

10- ***Enfiltrasyon:*** bina kabuğundan (cephesinden) içeri giren kontrolsüz havayı ifade eder. Enfiltrasyon yapının ve havanın takip ettiği yolun arasındaki basınç farkıyla ilişkilidir.

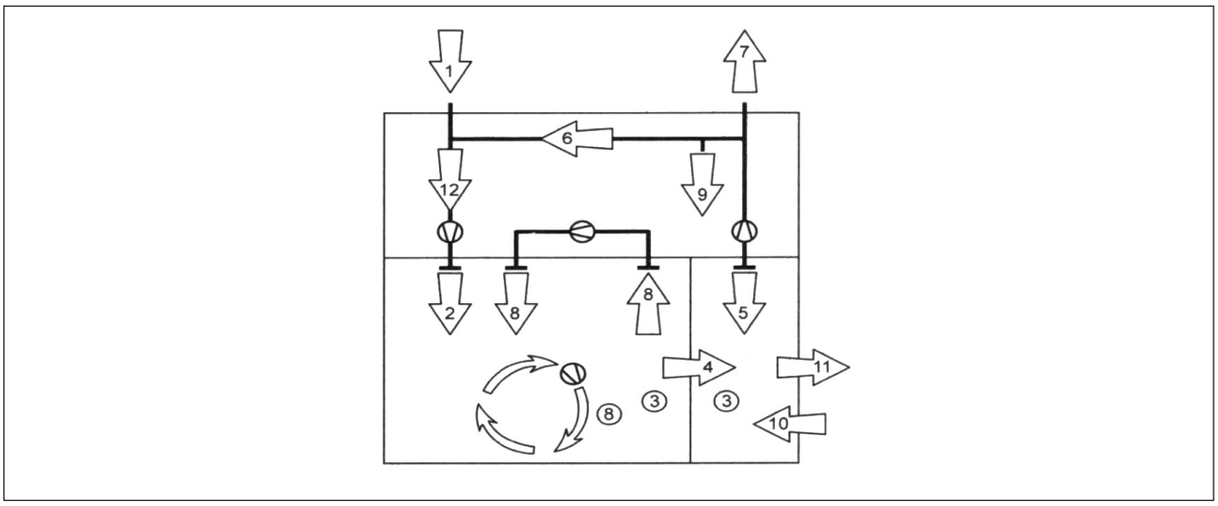
11- ***Exfiltrasyon:*** Basınç farkı dolayısıyla bina içinden dışarı kaçan havayı ifade eder. Soğuk bölgelerde bu durum, nemli iç havanın dışarı kaçarken bina kabuğunda oluşabilecek yoğuşmadan dolayı bina taşıyıcı sistemine zarar vermesine sebep olabilir.

12- ***Karışım havası:*** Dış hava ve sirkülasyon havasının karışımını ifade eder. Dış hava miktarı havalandırılacak mekandaki talebe/gerekliliğe göre belirlenir. Toplam besleme havası miktarı (oranı) mekanın soğutma veya ısıtma gereksinimine göre belirlenir.

Dış hava kalitesi

Dış havanın kalitesi binanın bulunduğu yere bağlıdır. Bununla birlikte, havalandırma sistemine alınan hava mümkün olduğunca temiz olmalıdır. Dış havanın sınıflandırılması Tablo 36'de verilmiştir.

Sınıflandırma en kritik gaz formundaki kirlilik veya partikül (her çeşit katı formdaki parçalar dahil olmak



Şekil 129: *Mekanik havalandırma sistemlerinde bulunan çeşitli hava akımları.*

Tablo 35: Şekil 140'da verilen hava akımlarının açıklamaları.

Numarası (Şekil 1)	Hava Tipi	Kısaltma	Açıklama
1	Dış Hava	ODA	Sisteme giren veya açıktan gelen şartlandırılmamış hava
2	Besleme Havası	SUP	Şartlandırılacak odaya veya şartlandırıldıktan sonra sisteme giren hava
3	İç Hava	IDA	Oda veya bölgede ki şartlandırılmış hava
4	Transfer Havası	TRA	Şartlandırılmış bir odadan diğer şartlandırılmış odaya geçen hava
5	Çıkarılan Hava	ETA	Şartlandırılmış odayı terk eden hava
6	Sirkülasyon Havası	RCA	Şartlandırma sistemine geri dönen hava
7	Egzoz Havası	EHA	Atmosfere atılan hava
8	İkincil Hava	SEC	Odadan alınıp şartlandırılarak tekrar aynı odaya verilen hava (örneğin fancoil' den geçen hava)
9	Sızıntı	LEA	Sistemden kaçak olarak ayrılan hava
10	İnfiltrasyon	INF	Bina içine giren (sızan) dış hava
11	Exfiltrasyon	EXF	Bina içinden dışarıya giden (sızan) hava
12	Karışım Havası	MIA	İki ayrı hava akımının karışmasıyla oluşan hava

Tablo 36:Dış havanın (ODA) sınıflandırılması.

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

üzere) baz alınarak yapılmıştır. EN standartları kalitesinde olan hava temiz (saf) hava olarak kabul edilmiştir. Avrupa Normlarında standart veya yönetmeliklerde tanımlanan limitlerini 1.5 katı kadar aşan dış hava yüksek konsantrasyonlu olarak tanımlanmıştır. CO_2, CO, NO_2 ve SO_2 değerleri dış havanın gaz formundaki kirliliğin de de esas alınır. Bazı durumlarda VOC (Benzol), biyolojik parçacıklar ve diğer kirleticiler de göz önüne alınabilir. O_3 konsantrasyonu ise havalandırma sistemi içinde veya odada hızlı bir şekilde azaldığı için dikkate alınmamaktadır. Havada bulunan toplam toz miktarı esas alınarak partikül tanımı PM_{10} (10um çapında partikül) şeklinde yapılır. Dış hava kalitesinin seviyesi ile ilgili örnekler Tablo 37'de yer almaktadır.

Tablo 37: Konsantrasyon seviyesine göre dış hava örnekleri (CEN 13799)

Hava Kalitesi Açıklaması	Dış Hava Kategorisi	Konsantrasyon Seviyesi					
		CO_2	CO	NO_2	SO_2	Toplam Toz	PM10
Belirli bir kirletici 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 kullanılmamalıdır. Maksimum değerler daha yüksektir. Daha fazla bilgi için yerel ölçümler ve ulusal veriler esas alınmalıdır.

Tablo 38'de ise fikir vermesi açısından Ankara'da çeşitli bölgelerde yapılan dış hava kalitesi ölçümleri verilmiştir.

Örnek olarak verilen Ankara'daki dış hava kalitesi ODA3-ODA4 civarına denk gelmektedir. Bu çalışmadan çıkarılan sonuca göre; eğer dış hava bu değerlerde iken biz sistemimizi daha iyi hava koşulları arzusu ile

Tablo 38: Ankara'da ölçülen dış hava CO_2 değerleri.

Ölçüm yapılan yer	Yerin niteliği (*)	Tarih	Saat	CO_2 Seviyesi (ppm)		
				min	max	ortalama
Ostim-1	E+Ş	31/03/2014	18:15	461	650	505
Ostim-2	E+Ş	31/03/2014	18:20	450	461	455
Ostim-3	E+Ş	31/03/2014	18:25	504	654	558
Ostim-4	E+Ş	31/03/2014	18:35	462	501	483
Ostim-5	Ş	31/03/2014	18:40	458	461	459
Sıhhiye-1	Ş	31/03/2014	19:15	448	523	474
Sıhhiye-2	Ş	31/03/2014	19:20	462	528	486
Sıhhiye-3	Ş	31/03/2014	19:20	466	486	473
Birlik mah.	Ş	31/03/2014	21:10	477	512	486
Gölbaşı/Hacılar	K	03/04/2014	05:00	431	493	449

(*) E: Endüstriyel alan, Ş: Şehir içi, K: Kırsal

Not: Ortalama değer çok sayıdaki kaydın ortalamasıdır.

düşük CO_2 değerlerine sabitlersek bu değerlere ulaşamayacağımız gibi boşuna enerji tüketeceğimiz anlamına gelmektedir. Bu bağlamda klima santrallarında dış hava kalitesinin sürekli ölçülmesi ve örneğin herhangi bir nedenle CO_2 değeri 700 ppm'i geçerse ve sistem primer hava sistemi ise havalandırmayı durdurmak daha uygundur. Ayrıca CO_2 değeri 700 ppm'lik dış hava koşullarında iç hava CO_2 değerlerinin söz konusu dış hava değerinden daha aşağıya sabitlemenin bir yararı olmadığı gibi enerji tüketimi ile zararı vardır.

İç hava kalitesi

İç hava kalitesi sınıflandırılması Tablo 39'da verilmiştir.

Tablo 39: İç hava (IDA) sınıflandırılması (CEN 13799)

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

İç hava kalitesi ile ilgili yukarıda belirtilen dört sınıflandırma ile ilgili nitelik aşağıda verilen dört metottan biri vasıtasıyla bulunabilir.

1.metod: CO_2 seviyesine göre sınıflandırma

CO_2 insanların biyolojik olarak etkilenmelerini gösteren/belirleyen önemli bir indikatördür. Sigara içilmeyen ve kirliliğe sadece insan metabolizmasının sebep olduğu durumlarda, kullanılan odada ki CO_2 seviyesine göre sınıflandırılma yerleşmiş bir uygulamadır. İnsan faktörü yüzünden gerçekleşen bu kirlenme ile ilgili tipik oda/mekan CO_2 konsantrasyonu değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 40: Oda/mekan CO_2 seviyeleri (CEN 13799)

Kategori	Dış Hava CO_2 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: Standart tasarımlarda (örneğin ofislerde) IDA3 standardı genel olarak yeterli bir aralık olarak kabul edilmektedir.

2.metod: Dış hava oranının kişi başına göre sınıflandırılması

Oda veya mekanın insan kullanımına açık olduğu durumlar için en uygun ve kabul gören metottur. Tipik çalışma ortamında veya evde normal aktiviteye (1.2 Met) karşılık gelen ve havalandırma sistemi tarafından kişi başına düşen besleme havasında ki dış hava oranı Tablo 41'de verilmiştir. Bu değerler genellikle sistem tasarımında kullanılır. İnsanlar tarafından kullanılan tüm bölge içinde bu gereksinim karşılanmalıdır.

Tablo 41: Kişi başına düşen taze hava oranları (CEN 13799).

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^3/kişi-h	> 54	72	> 108	144
	L/ kişi-h	> 15	20	> 30	40
IDA 2	m^3/kişi-h	36-54	45	72-108	90
	L/ kişi-h	10-15	12,5	20-30	25
IDA 3	m^3/kişi-h	22-36	29	43-72	58
	L/ kişi-h	6-10	8	12-20	16
IDA 4	m^3/kişi-h	< 22	18	< 43	36
	L/ kişi-h	< 6	5	< 12	10

Not: ASHRAE 62.1'de standart kabuller IDA3'e denk gelmektedir. Yeşil bina sertifikasyonları için kabul edilen değerler ise yaklaşık IDA2'ye denk gelmektedir. CIBSE'de okullarda doğal havalandırma için ise 20 m^3/h/kişi civarında bir dış hava önerilmektedir.

Binalarda az miktarda kirliliğe sebep olan malzemelerin kullanılması tavsiye edilmektedir. Kullanılan mobilyalar, halılar ve havalandırma veya klima sistemi bu kapsamda değerlendirilmeli ve besleme havasında istenilen değerleri sağlayabilmek için dış hava miktarını artırmak yerine bu önlemlerin tercih edilmesi daha yararlı olabilir. Burada sigara içilen bölümler için verilen oranlar sadece o bölümler için geçerlidir. Sigara içilen ve içilmeyen sahalar kesinlikle ayrı ele alınmalı ve sistem bu mantığa uygun çalıştırılmalıdır.

3.metod:Besleme havası oranları

Besleme Havası Oranı Tanımının Genel Prensipleri. Havalandırma oranı (besleme havası oranı) aşağıdaki kriterler göz önüne alınarak belirlenir;

- Kullanıcıların sigara içip içmediği (Türkiye'de yasa gereği sigara içilmediği kabul edilir),
- Havalandırma ile karşılanan ısıtma veya soğutma yükü,
- Diğer emisyonlar.

Besleme havasında kayıp olamaması için kanal sisteminde ki kaçaklar özellikle önlenmelidir.

4.metod: Çıkan hava oranları

Tanımlanan basınç sağlanırken aynı zamanda dengeli çalışan mekanik havalandırma sistemlerinde besleme ve çıkan hava arasında ki denge besleme hava oranı vasıtası ile sağlanmalıdır. Çıkan hava (dönüş havası) olan sistemlerde bu hava miktarı yukarıda açıklanan esaslar göz önüne alınarak yapılmalıdır. Tablo 42'de mutfak, tuvalet ve banyo gibi yerlerden tipik çıkan hava tasarım değerleri verilmiştir. Çıkan havanın yerine dış hava veya diğer odalardan alınan hava koyulur. Böylece kirletici ve koku olan bu gibi yerlerin havasının diğer yerlere yayılması önlenmiş olur.

Tablo 42: Çıkan hava oranları tasarım değerleri (CEN 13779)

Kullanım Amacı	Birim	Tipik Değerler	Tasarım için Önerilen
Mutfak	$m^3/h/kişi$	> 72	108
- Basit Kullanım	L/s/kişi	> 20	30
- Profesyonel Kullanım	*	*	*
	$m^3/h/kişi$	> 24	36
Tuvalet/Banyo	L/s/kişi	> 6,7	10
- Oda Başı (en az)	m^3/hm^2	> 5,0	7,2
-Birim (yüzölçüm)	L/sm^2	> 1,4	2,0

Havalandırma da Enerji Tüketimi ve Isı Talebi

Odalara sağlanan dış havanın ısı enerji gereksinimi aşağıdaki eşitlik vasıtasıyla hesaplanabilir.

$$\Phi_{ven=} c_{pa} q_m (t_{sup} - t_{out}) \quad (7.12)$$

Burada,

Φ_{vent} ısı gereksinimi, kW

c_{pa} havanın spesifik ısı kapasitesi, 1kJ/kgK

q_m kütlesel hacim, kg/s

t_{sup} besleme havası sıcaklığı, °C

t_{out} dış hava sıcaklığı, °C

Yukarıdaki eşitlikten hesaplanan değer, klima santrali bataryası çıkış sıcaklığından 2-3 °C farklı olan bir sıcaklıktır. Öte yandan ısı geri kazanım kullanılan santrallerde t_{out} ısı geri kazanım çıkış sıcaklığıdır. Isıtılan (veya soğutulan) havanın enerji tüketimi ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak bulunabilir.

$$Q_{vent} = c_{pa} \sum q_m (t_{sup} - t_{out}) \Delta t \quad (7.13)$$

c_{pa} havanın spesifik ısı kapasitesi, 1kJ/kgK

Q_{vent} Belli bir zaman diliminde ki ısıtma enerjisi, Δt, kWh

q_m kütlesel hacim, kg/s

t_{sup} besleme havası sıcaklığı, °C

t_{out} dış hava sıcaklığı, °C

Δt Hava Akımı ve sıcaklık farkı olan zaman aralığı, h

Genellikle hava basıncının sabit kaldığı varsayılarak şu bağlantı kabul edilir

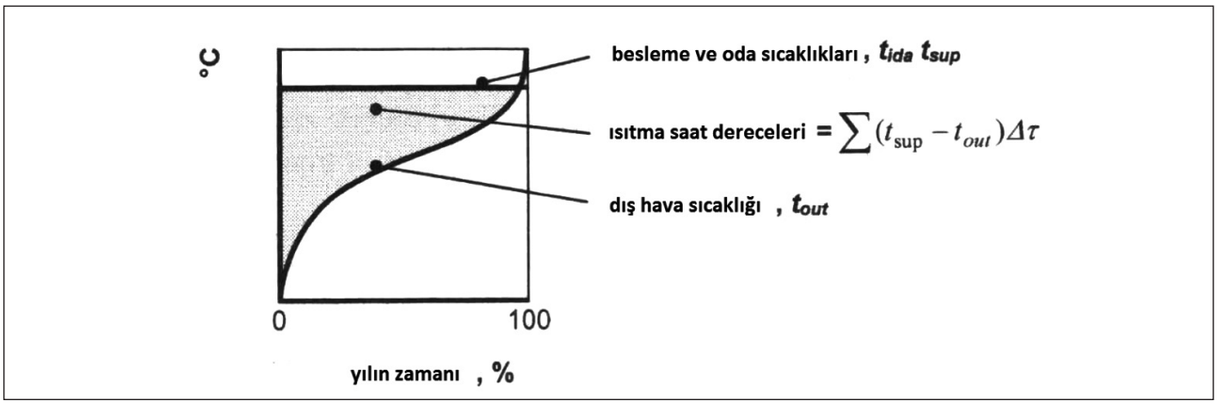
$$Qvent = cpa\ \rho \sum qv\ (tsup - tout)\ \Delta t \quad (7.14)$$

Hava akımının sabit olduğu durumlarda Eşitlik 4.5 şöyle ifade edilebilir

$$Qvent = cpa\ \rho\ qv \sum (tsup - tout)\ \Delta t \quad (7.15)$$

Eşitlikte verilen sıcaklık farkları belli bir süre içinde oluşan farkların toplamından oluşur.

Bu durum Şekil 130'de gösterilmiştir.



Şekil 130: *Sıcaklık grafiği (zamana bağlı)*

Bu grafikte yer alan taranmış bölge, belli bir zaman diliminde havalandırmanın tükettiği enerji miktarına oranıdır.

7.6.1.2.1 Konut Dışı Binalarda Mekanik Havalandırma

Çeşitli klima sistemlerinin özellikleri ve konut dışı binalarda mekanik havalandırmanın bina sistemine bütünleştirilmesi ile ilgili tasarımlarda enerji verimliliğine ilişkin hususlar aşağıda özetlenmiştir:

- Uygun havalandırma oranının seçimi, kirliliğe sebep olan kaynağa bağlıdır,
- Enerji tüketimi havanın ısıtılması veya soğutulması ile bağlantılı olup, debi ve entalpi farkı etken öğelerdir,
- Havalandırma talebe göre yapılarak ortalama havalandırma oranı azaltılabilir,
- Kirlilik mekana yayılması kontrol edilebilen havalandırma sistemi sayesinde en aza indirilebilir ve ekonomi sağlar,
- İlk yatırım maliyetini azaltmak amacıyla havalandırma sistemi ısıtma / soğutma klima sistemine bütünleştirilebilir,
- Havalandırma ve ısıtma/soğutma sistemlerinin bağımsız çalıştırılabilmesi ile fanın ve mekanik soğutmanın enerji gereksinimleri azaltılabilir,
- Isı geri kazanım sistemleri uygulaması ekonomik şartlarda yapılabilir,
- İnfiltrasyonu önlemek amacıyla hava kaçağı daha az olan binalar uygun olur,
- Hava sirkülasyonu kriterleri belirlenerek uygulanabilir,
- Gece havalandırması yapılarak mekanik soğutma yükü azaltılabilir,
- İç hava kalite kontrollü havalandırma (demand controlled ventilation) ile iç hava kalitesi ve enerji ekonomisi garanti edilebilir.

Konut dışı binalarda havalandırma oranları

Uygulamada belirlenen havalandırma oranları hava kirliliği yaratan nedenlerden bağımsız olup, bina yapısında kullanılan ve emisyona sebep olabilecek uygulamaları da içermemektedir. Konut dışı ticari binalarda hesaplanan tasarım havalandırma oranı iki öğeyi kapsamaktadır. Bunlar şu şekilde ifade edilebilir;

a) İnsan kullanımından doğan kirlilik,

b) Binanın kendisinin sebep olduğu kirlilik yüzünden gereken havalandırma. Toplam havalandırma gereksinimi bu nedenlerden doğan havalandırma ihtiyacının toplamı olarak ifade edilebilir. Bu yeni havalandırma prensibi ASHRAE Standard 62.1-2007 ve EN 15251 havalandırma standartlarında yer almıştır. Bu prensibin ana fikri binalarda daha az kirliliğe neden olacak materyaller kullanılması ve dolayısıyla gereken havalandırma miktarının da azaltılarak enerji tasarrufu yapılabilmesini sağlamak şeklinde ifade edilebilir. Bu bağlamda sadece kullanıcılar baz alındığında gereken havalandırma oranları şöyledir;

Kategori A: 10 L/s, kişi

Kategori B: 7 L/s, kişi

Kategori C: 4 L/s, kişi

Bina (materyali) emisyonunun sebep olduğu havalandırma gereksinimi (qb) aşağıdaki gibidir.

Tablo 43: Bina emisyonunun sebep olduğu havalandırma gereksinimi

	Az Kirliliğe Sebep Olan Bina	**Çok Kirliliğe Sebep Olan Bina**
Kategori A	1,0 L/s, m^2	2,0 L/s, m^2
Kategori B	0,7 L/s, m^2	1,7 L/s, m^2
Kategori C	0,4 L/s, m^2	0,8 L/s, m^2

Toplam havalandırma gereksinimi aşağıdaki eşitlik kullanılarak bulunabilir.

$$q_{tot} = n^* q_p + A^* q_B \quad (7.16)$$

q_{tot} = mekan toplam havalandırma oranı, L/s

n = mekanda bulunan kişi sayısı bazlı tasarım değeri

q_p = kişi başı havalandırma oranı, L/s-kişi

A = mekan alanı, m^2

q_B = binanın sebep olduğu kirlilik için havalandırma oranı, L/s- m^2

Güvenilir şekilde ispat edilebildiği takdirde, havalandırma verimliliği performansının karışım havası baz alınarak belirlenenden daha yüksek olabileceği durumlarda havalandırma oranı yeniden belirlenebilir. Sigara içimi konusu ile ilgili olarak da insanların %20'sinin saatte 1,2 adet sigara içtiği varsayımı öngörülmüştür. Daha yüksek sigara tüketiminin olduğu durumlarda havalandırma miktarı da mekanda konforu sağlayacak oranda arttırılmalıdır. Binanın iç yüzeyinde kullanılan malzeme ulusal ve/veya uluslararası standartlara göre kirliliğe sebep olmayan malzeme sınıfına giriyorsa bu durumda yapı az kirliliğe sebep olan bina olarak tanımlanabilir. Tablo 44'de bina veya mekan tipine göre tavsiye edilen havalandırma değerleri ve kirlilik katsayıları bulunmaktadır.

Tablo 44: Konut dışı binalar için tavsiye edilen havalandırma değerleri

Bina veya Mekan Tipi	Kategori	Döşeme Alanı m^2/ kişi	Az Kirleten Bina Yap ısı l/s-m^2	Kirleten Bina Ya l/s-m^2pısı	Az Kirleten Bina için Toplam Değer l/s-m^2	Kirleten Bina İçin Toplam Değer l/s-m^2	Sigara İçilen Binalar İçin Elenecek Değer l/s-m^2	Sigara İçilen Binalar İçin Elenecek Değer l/s-m^2
Ofis	A	10	1	1	2,0	2,0	3,0	0,7
	B	10	0,7	0,7	1,4	1,4	2,1	0,5
	C	10	0,4	0,4	0,8	0,8	1,2	0,3
Bahçeli ofis	A	15	0,7	1	2,0	1,7	2,7	0,7
	B	15	0,5	0,7	1,4	1,2	1,9	0,5
	C	15	0,3	0,4	0,8	0,7	1,1	0,3
Konferans salonu	A	2	5	1	2,0	6,0	7,0	5,0
	B	2	3,5	0,7	1,4	4,2	4,9	3,6
	C	2	2,0	0,4	0,8	2,4	2,8	2,0
Konser salonu	A	0,75	15	1	2,0	16	17	
	B	0,75	10,5	0,7	1,4	11,2	11,9	
	C	0,75	6	0,4	0,8	6,4	6,8	
Restoran	A	1,5	7	1	2,0	8,0	9,0	
	B	1,5	4,9	0,7	1,4	5,6	6,3	5,0
	C	1,5	2,8	0,4	0,8	3,2	3,6	2,8
Sınıf	A	2	5	1	2,0	6,0	7,0	
	B	2	3,5	0,7	1,4	4,2	4,9	
	C	2	2	0,4	0,8	2,4	2,8	
Çocuk yuvası	A	2	6	1	2,0	7,0	8,0	
	B	2	4,2	0,7	1,4	4,9	5,8	
	C	2	2,4	0,4	0,8	2,8	3,2	
Alışveriş merkezi	A	7	2,1	2	3,0	4,1	5,1	
	B	7	1,5	1,4	2,1	2,9	3,6	
	C	7	0,9	0,8	1,2	1,7	2,1	

Konut dışı binaların havalandırma oranları konut olarak kullanılan binalardan genellikle daha yüksektir. Bu tip binalarda yerleşim daha karmaşık olduğundan, tüm mekanlara gerekli havalandırmayı sağlayabilmek için mekanik havalandırma sistemlerine ihtiyaç duyulur. Genel uygulama, havanın klima santralinde şartlandırmasından sonra kanal sistemi vasıtası ile mekana ulaştırılması ile yapılır. Havanın şartlandırılması filtreleme, ısıtma, soğutma, nemlendirme veya nem alma gürültü önleme şeklinde olabilir. Havalandırma şekilleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Sabit debili havalandırma

Klima sisteminde filtreden geçip ısıtılan hava odalara iletilmektedir. Isı geri kazanım sistemi de olan bu uygulamada mekandan çıkarılan havanın ısısı da değerlendirilmektedir. Sulu radyatörler, fancoil, TABS gibi sistemleri ile odalarda ısıtma yapılmaktadır. Soğutma da benzer sistemler ile yapılabilmektedir. Sıcak su bölgesel veya başka bir kaynaktan sağlanmakta olup kontrol ise termostatik radyatör vanaları, termostatlar ile sağlanmaktadır. Bu sistemde her odaya verilen hava miktarı sabit olup soğutma yapılmamakta sadece filtreleme ve ısıtma yapılmaktadır.

Besleme havası sadece iç hava kalitesini artırmak için değil gerektiği takdirde odaları soğutma amaçlı da kullanılabilir. Ayrıca bu sistemle ısıtma yapabilmek de mümkün olmakla birlikte özellikle soğuk bölgelerde radyatör kullanmak daha yaygındır. Soğutma, serpantinlerde direkt genleşme metodu ile veya daha verimli ve

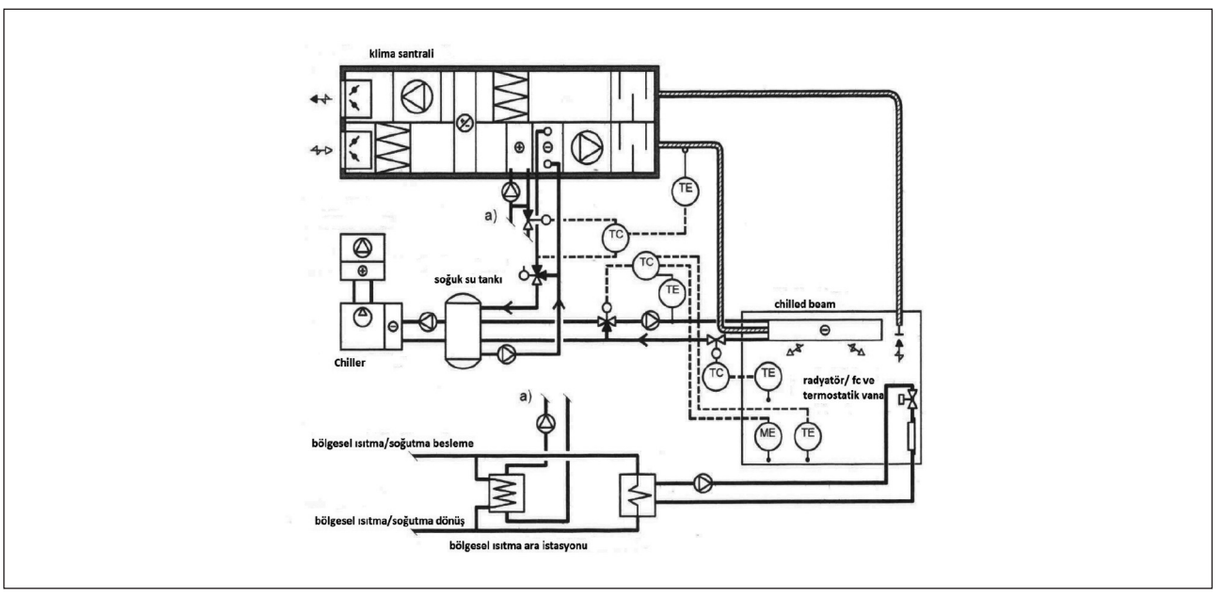
aynı zamanda depolama kapasitesi de olan sulu soğutma grupları ile yapılabilir. Bu sistemlerde sirküle edilen hava yoktur ama enerji tasarrufuna yönelik ısı geri kazanım sistemleri entegre edilebilir.

Sabit debili havalandırmada enerji verimliliği zayıftır. Bu nedenle konferans salonları gibi seyrek kullanılan yerler için uygundur. Gün boyu çalışacak sistemlerde sıcaklık ve/veya iç hava kalitesi kontrollü değişken debili sistemler kullanılmalıdır. Aşağıda havalandırma sistemleri ile entegre biçimde kullanılabilecek ısıtma/soğutma sistemlerine ilişkin bilgiler verilmiştir.

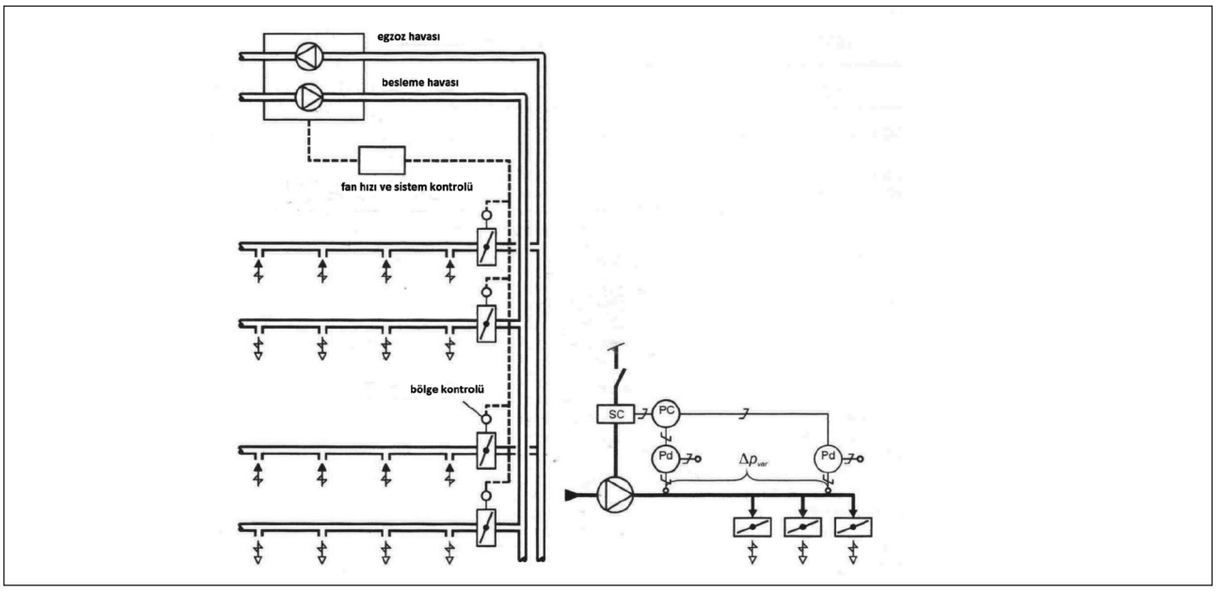
Fan Coil, TABS, Chilled Beam Sistemleri ve Havalandırma: Ticari binaların havalandırma gereksinimlerinde hesaplanan değerler genellikle ısıtma veya soğutma amaçlı debilerden daha azdırlar. Bu gibi durumlarda mekanlar sadece taze hava ihtiyacı kadar kendi özel ısıtıcı/soğutucuları ile ihtiyacı karşılayabilirler. Burada oda termostatı ve ısıtma/soğutma 2 yollu vanalar ile yapılmaktadır. Soğutma grupları ve kazanlar, klima santraline ve chilled beam sistemine sıcak/soğuk su sağlayabilirler.

Değişken Debili Sistemler (VAV)

Mekâna sağlanan ısıtma/soğutma veya iç hava kalitesi amaçlı hava debisi oda termostatı ile kontrol edilir. Bu sistemler ofislerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Termostat veya CO_2 talebine göre ayarlanan hava miktarının gerekli havalandırma debisinden daha az olmamasına dikkat edilmelidir. Her odaya gerektiği miktarda havalandırma amaçlı akım sağlanmalıdır. Bu tip sistemlerde havanın şartlandırılması ve iletilmesi için harcanan enerji miktarı sabit debili havalandırma sistemlerine göre çok daha (% 50' den fazla) azdır. Fan hızı ve VAV damperi kontrolü yapılarak kanal sistemindeki basıncın sabit kalması sağlanmaktadır. Kanal sisteminde oluşan basınç ile fan hızı kontrol edilerek gereken hava akımı ve enerji tasarrufu elde edilmektedir. Bu sistemlerin sağlayacağı hava debisi talebe göre azalacağından dolayı fanın enerji tüketimi sabit debili sistemlere göre daha az olacaktır.



Şekil 131: *Değişken debili havalandırma sistemi*



Şekil 132: *VAV Sistemlerinde kanal basınç kontrolü ve fan enerji tüketiminden tasarruf*

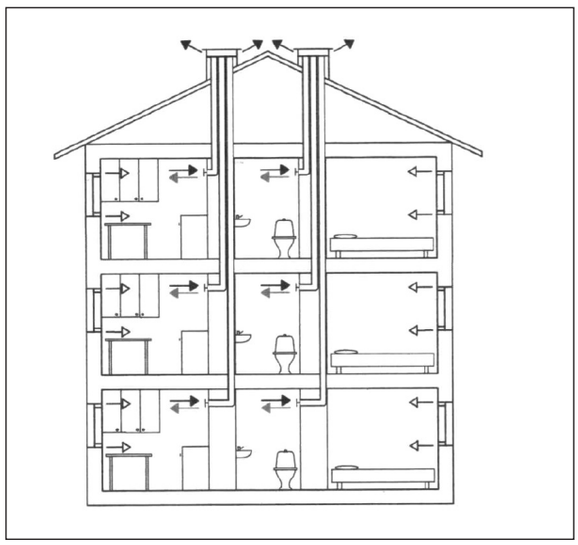
7.6.1.2.2 Konutlarda Mekanik Havalandırma

Günümüzde konutlarda ısı yalıtım özelliklerinin artması, rezidans adı altında yüksek katlı binalarda konutlara yer verilmesi, bina sızdırmazlıklarının artması gibi nedenlerle konutlarda da havalandırma ve soğutma yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Burada enerji verimliliği konusu ve konutlarda havalandırma sistemleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

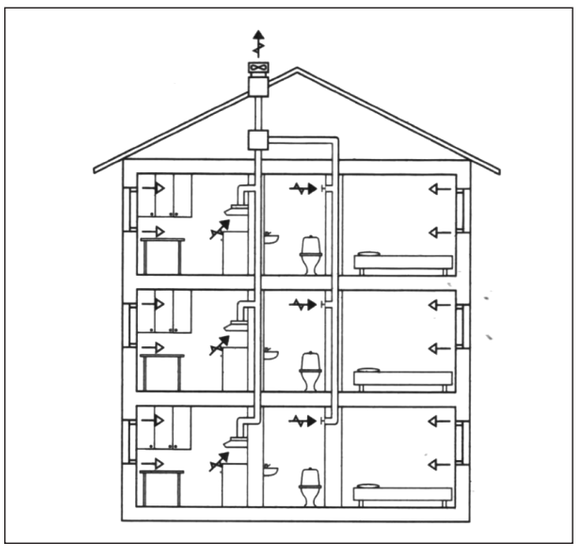
- Havalandırma oranı kontrol edilerek talebe göre azaltılabilir,
- Hava akımı gerektiği gibi kontrol edilerek kirliliğin yayılması önlenebilir ve ayrıca havalandırma verimi arttırılabilir,
- Egzozdan ısı geri kazanımı yapılabilir,
- Bina cepheleri infiltrasyonu azaltacak şekilde tasarlanıp bununla beraber gerekli havalandırma sağlanabilir,
- Sürekli havalandırma yapılarak nemin sebep olabileceği zararlar engellenebilir,
- Mekanik havalandırma iyi tasarlanmadığı ve uygulanmadığı takdirde, doğal havalandırma engellenmesine rağmen, başka problemlerle karşılaşma olasılığı mevcuttur,
- Doğru seçilmiş havalandırma oranları ile çok yüksek hava debilerinin önüne geçilmiş olur,
- Enerji verimli sistemler ile bir veya daha fazla konuta hizmet verilebilir.

Mekanik havalandırmanın yapıldığı durumlarda bina cephesinden kaçaklar en aza indirilerek infiltrasyon veya exfiltrasyonun etkileri de azaltılabilir. Ayrıca havalandırma sisteminde düzgün yapılmış bir yalıtım aynı zamanda dış gürültüyü de engelleyecektir. Isı geri kazanım sistemi olan ve ayrıca iç hava kalitesi, nem veya kullanım bazlı taleplere cevap verebilecek kontrollerle donatılmış olan havalandırma sistemi enerjiyi daha verimli kullanacaktır. Bu tip sistemlerde bulunan filtreler ve serpantinler ile daha temiz besleme havası elde edilecek ve ayrıca ısıtma ve soğutma yapılabilecektir. Bunun dışında basınç farkları da kontrol edilebileceği için nemin bina cephesine verebileceği zarar da kontrol altında tutulabilecektir. Şekil 143'de doğal havalandır-

manın sebep olabileceği bazı problemler verilmiştir. Şekil 143'de gösterildiği gibi doğal havalandırma sonucu(ısı farkından doğan) basınç farkı oluşması ile birlikte bazı durumlarda rüzgarın da etkisiyle ters akımların oluşmasına ve havanın istenmeyen bölgelere ulaşmasına sebep olabilmektedir. .



Şekil 133: *Doğal havalandırmada oluşabilecek ters hava akımları*



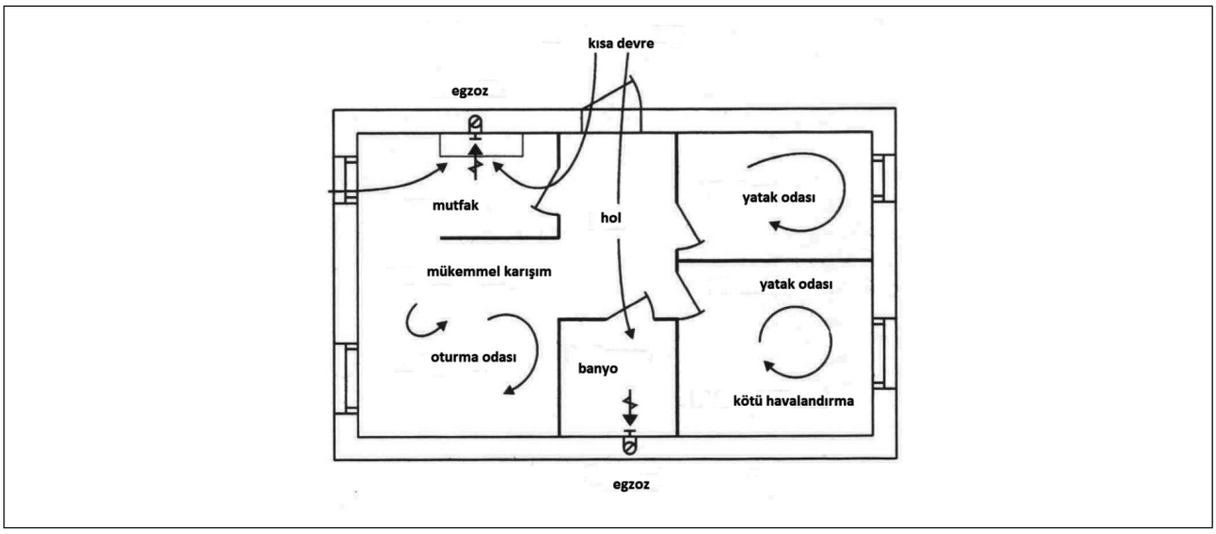
Şekil 134: *Mekanik egzoz havalandırma sistemi uygulaması*

Mekanik egzoz havalandırması

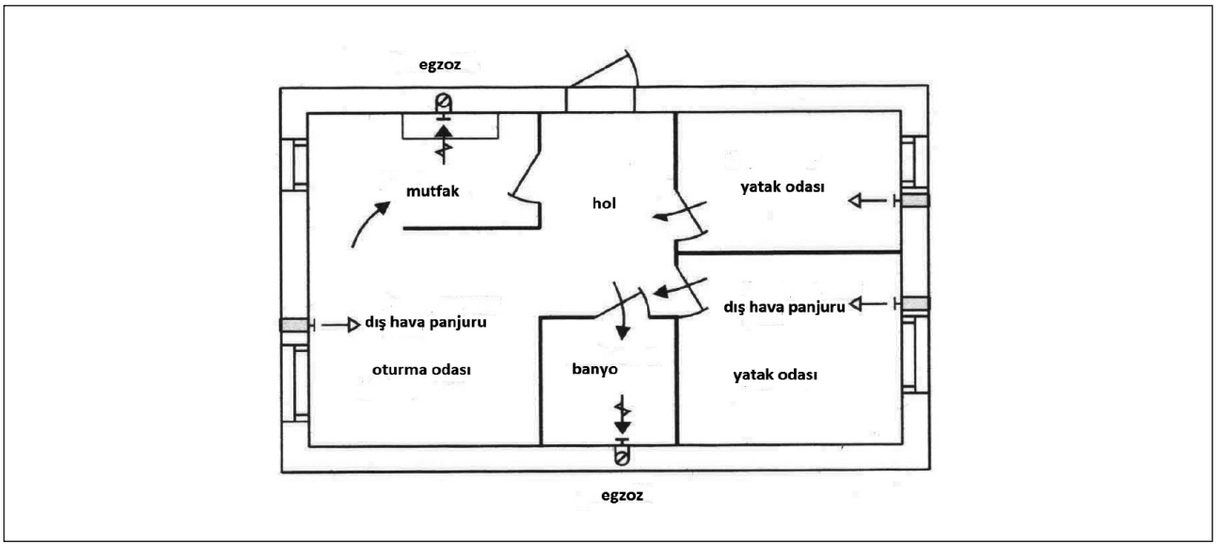
Mekanik egzoz havalandırma sistemleri olan konut binalarında, hava kirliliği fazla olan ve iç hava kalitesi de düşük olan odalardan kirli hava dışarı atılır. Dış hava infiltrasyon şeklinde bina kabuğundan sızarak havalandırma formunda içeri girer. Şekil 133'de görüldüğü gibi binalardaki katlardan aynı bacaya egzoz girişi yapılabilir. Bunun için egzoz ızgara girişlerinde yeteri kadar basınç kaybı olmalıdır aksi takdirde ters akımlar oluşabilir. Bacada bulunan ve merkezi konumdaki fan tüm dairelere bu amaçla hizmet verir. Odalardan olan hava akımı; nem, CO_2 veya benzeri sensörlerin ayarlanabilir damperleri kontrol etmesiyle sağlanabilir.

Bu sistemlerin avantajları arasında sabit bir havalandırma oranı ve sağlanan düşük bir basınç farkı sayesinde nemin dış duvarlara zarar vermesinin önlenmesi ile küf oluşumunun engellenmesi sayılabilir. Sistemin dezavantajları ise; özellikle soğuk iklimlerde infiltrasyonun sebep olduğu soğuk esintinin, egzozdan ısı geri kazanım ile kontrolsüz olan (infiltrasyon) taze dış havayı ısıtamama, egzozun tuvalet, banyo ve mutfak gibi yerlerden olması dolayısıyla besleme havasının yatak ve oturma odalarına eşit bir şekilde dağıtılamaması ve havalandırma amaçlı dış havanın dağılımının da bina kabuğuna kaçaklar şeklinde özetlenebilir.

Yukarıda belirtilen problemler Şekil 135 ve Şekil 136'de gösterilmiştir. Bunlar arasında infiltrasyon olan bazı yerlerden direkt olarak egzoza kaçış yer almaktadır. Yatak ve oturma odalarına bina cephesinden kaçak hava girişi olamaması durumunda, içeri giren hava bu odalar yerine çıkış olan mutfak veya banyoya yönelir. Bir çeşit kısa devre olarak vasıflandırılabilecek bu durum, havalandırma verimliliğinin düşmesine sebep olduğundan, önlenmelidir. Özellikle geceleri yatak odası kapısının kapalı konumda olması halinde buradaki hava kalitesi sağlık açısından zararlı olabilecek seviyeye düşebilir. Bu istenmeyen durum her yatak odasına besleme menfezleri konularak önlenmelidir.



Şekil 135: *Mekanik egzoz havalandırması olan bir apartmanda kısa devre örneği.*

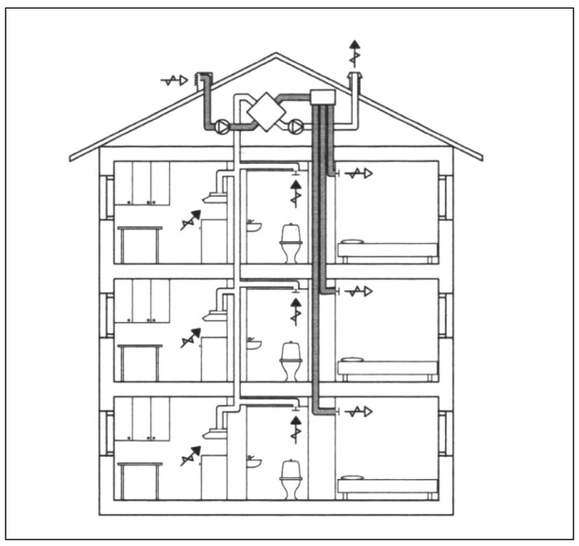


Şekil 136: *Yatak ve oturma odasında dış hava ızgarası (menfez) uygulaması*

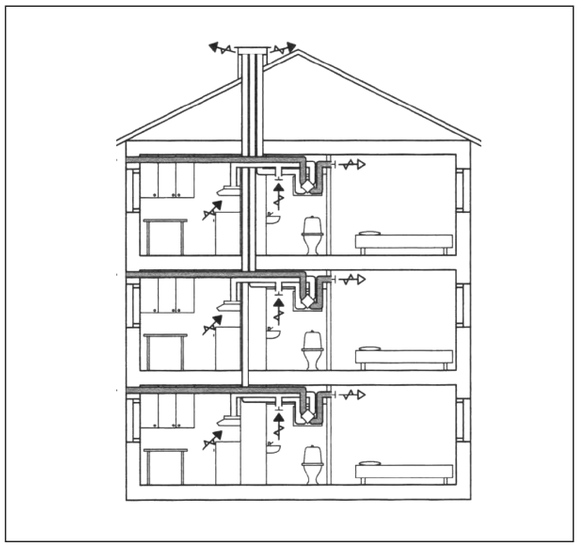
Mekanik besleme ve egzoz havalandırması

Bu sistemlerde besleme havası kanallarla yatak ve oturma odalarına ulaştırılır. Egzoz ise mutfak, banyo ve tuvaletten yapılarak havanın atılması sağlanır. Atılan hava ısı eşanjöründen geçirilerek ısı geri kazanımı gerçekleştirilerek taze dış havanın ön ısıtılması sağlanır. Bu şekilde ekonomik olarak kazanç sağlamak da mümkündür. Bir diğer alternatif de bu atık ısı ile kullanım sıcak suyunun ön ısıtılması şeklinde düşünülebilir.

Şekil 137 ve Şekil 138'de gösterildiği gibi bu sistemler merkezi olabildiği gibi merkezi olmayan şekilde de uygulanabilir. Merkezi sistemlerde yapılan ısı geri kazanımı daha verimli olmakla birlikte, bu sistemlerde kullanılan kontroller daha fazladır. Merkezi olmayan sistemlerde ise bakım onarım giderleri daha yüksek olmakla birlikte, talebe göre yapılacak olan kontrol daha kolay bir şekilde gerçekleştirilebilir.



Şekil 137: *Merkezi besleme ve egzoz sistemi olan binada ısı geri kazanım uygulaması.*



Şekil 138: Merkezi olmayan besleme ve egzoz sistemli binada ısı geri kazanım uygulaması.

Konutlarda havalandırma oranları

Konutların iç hava kalitesi sigara kullanımı, yoğun yemek pişirme, mobilya ve halıların kullanımı ile hobi amaçlı kullanılan boya, yapıştırıcı gibi etkinlik malzemesi bulunması gibi pekçok parametreye bağlıdır. Ancak bu parametreler genellikle bina tasarımcılarını etkileyebilecek nitelikte değildirler. Havalandırma oranlarında ortalama kullanım dikkate alınır. Bu süreçte bazı yerler daha fazla havalandırmaya ihtiyaç duyabildiği gibi, bazı yerlerde daha az gereksinim olabilir. Ulusal yönetmelikler ile uluslararası standartlarda verilen değerler tasarımcıya doğru değerler tanımlamada yardımcı olurlar. EN 15251'e göre havalandırma gereksinimleri ile ilgili detaylar Tablo 45'de verilmiştir. Yatak ve oturma odaları için verilen havalandırma değerleri bu odalara verilmesi gereken dış hava miktarları olarak tanımlanmıştır. Mutfak, banyo ve tuvalete sağlanacak olan besleme havası ise bu odalardan transfer edilebilecek hava olarak kabul edilebilir.

Tablo 45: EN 15251'e göre konutlarda havalandırma ihtiyacı, kullanım saatlerinde sürekli gerekli olan havalandırma

Kategori	Hava Değişim Oranı(1)		Yatak ve Oturma Odası (Dış Hava)		Egzoz Havası (L/s)		
	L / s, m^2	ach	L / s, kişi	L / s / m^2	Mutfak	Banyo	Tuvalet
A	0,49	0,7	10	1,4	28	20	14
B	0,42	0,6	7	1	20	15	10
C	0,35	0,5	4	0,4	10	10	7

(*) Hava değişim Oranı tavan yüksekliği 2,52 metre olduğunda L/s, m^2 ve ach olarak verilen değerler aynıdır.

Tabloda verilen değerlerden anlaşılabileceği gibi havalandırma oranı; hava değişim oranı, kullanıcı sayısı, kullanım alanı veya tuvalet, banyo ve mutfak gibi mekan gruplarına ve sayısına göre farklılık gösterebilir. Konutlardaki havalandırma ihtiyacı için takip edilmesi gereken prensipler şöyledir:

1-Konut tasarım havalandırma değeri: a) tüm konut bazında saatlik hava değişim değeri, b) kişi başı havalandırma miktarı, c) kullanım alanı bazında verilen değerlerin arasında en yüksek olan şeklindedir.

2-Egzoz havası mutfak, banyo veya tuvaletten atılan hava miktarı büyük metrekareye sahip evlerde en büyük değer, küçük metrekareye sahip evlerde ise en küçük değer baz alınarak belirlenmelidir.

3- Oturma ve yatak odası havasına sağlanan hava öncelikli olarak dış hava olmalıdır.

Ayrıca yukarıda tablo değerleri havada tam bir karışım olduğu kabulüne dayanır. Tablo 40'da verilen tasarım değerleri mekanın kullanım sürecinde mekanik egzoz gibi havalandırma sistemlerinin sürekli çalışır durumda olduğunu baz alır. Bina içinde bulunan materyallerden oluşabilecek emisyonları temizlemek amacıyla kullanıcı olmayan zamanlarda dahi asgari miktarda havalandırma yapılmalıdır. Bu durumda gereken havalandırma, binanın veya yerel şartların sebep olabileceği duruma göre belirlenir. Baz alınabilecek bir varsayım olmadığı takdirde 0,1 L/s,m^2 değeri bu amaçla kullanılabilir. Diğer yandan talep esaslı havalandırmada hava debisinin % 50'den daha aşağı çekilmesi enerji verimliliği açısından fazla bir yarar getirmez. Havalandırmanın iç hava kalitesi veya neme göre kontrol edildiği uygulamalarda, tasarım azami havalandırma oranı hesaplanan en fazla kirlilik oranı veya nemi karşılayabilecek miktarda olmalıdır.

Havalandırma oranı değişken olmakla birlikte her durumda Tablo 40'da verilen kişi başı miktarını her zaman sağlamalı ve en az 0,1 L/s,m^2 olmalıdır.

Mekanik havalandırma sistem bileşenleri

1. Hava kanalları

Hava kanallarının enerji verimliliği ile olan ilgili kısmı aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Kanallarda oluşan basınç kaybı, hava hızı ve fan basıncı ile ilgilidir,
- Kanal ebadı binada bulunan yer durumuyla bağlantılıdır. En ideali daire, sonra kare, sonra 1/2, 1/3, 1/4 oranlarında dikdörtgen yapıda olabilmektedir.
- Hız, dönüşler ve diğer bağlantı elemanları dikkate alınarak sistemdeki basınç kaybı azaltılabilir. Basınç kaybı için optimum değerler ASHRAE Temel Bilgiler Elkitabında verilmektedir,
- Kanallardaki hava akımının balansı önemlidir,
- Kanallar yalıtılmalıdır,
- Kanalların içinin temiz olması besleme havası ile sağlanan iç hava kalitesini artırarak gerekli havalandırma oranının azalmasını sağlayabilir.

2. Kanal sistemi

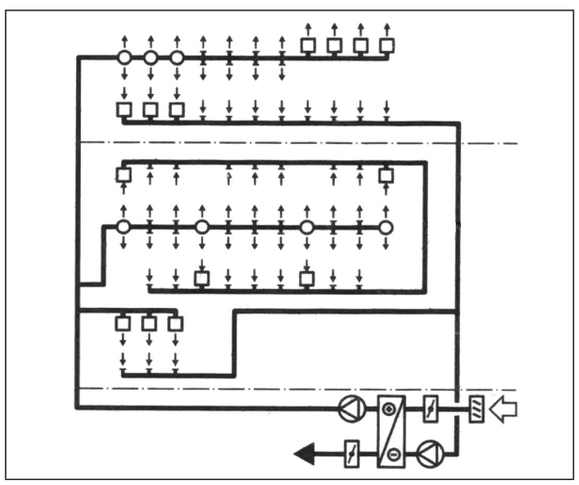
- Kanal sisteminin görevi enerji verimli ve hijyeni sağlayacak şekilde mekana havayı ulaştırmak, mekandan döndürmek/çıkarmak veya transfer etmektir. İyi bir tasarım yaparak kanal basınç kaybını en aza indirmek, kaçakları önlemek ve doğru montaj ile enerji kaybı önlenmelidir. Kanal sistemi yuvarlak veya dikdörtgen gibi düz parçalar, dönüşler, T parçaları gibi elemanlar, akım kontrolü amaçlı damperler, terminal üniteleri, inceleme amaçlı kapılar, ölçüm aparatları ve ses damperlerinden oluşmaktadır.
- Kanalların kesiti bina yapısından etkilenmektedir. Yatay ana kanallar genellikle koridor tavanlarına monte edilirler. Odaların beslemesi ve egzoz ise ana kanallara bağlantı ile gerçekleştirilir. Açık ve geniş ofisler gibi mekanlarda asma tavanlar yardımıyla hava kanallarının uygulaması gerçekleştirilebilir.

3. Hava akımının balansı

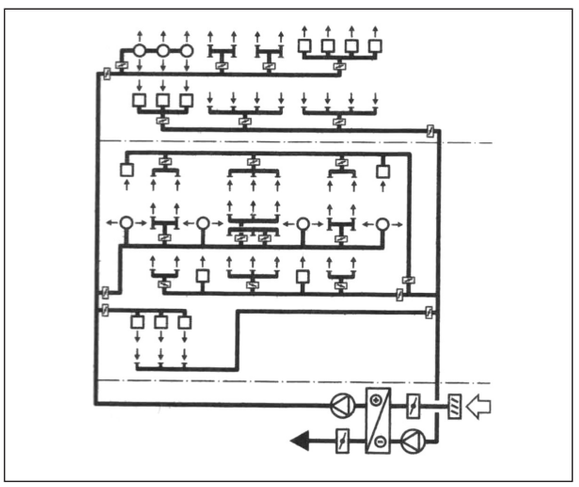
- Ofis binaları gibi binalarda kişi veya alan bazında belirlenen havalandırma debileri oldukça değişkendir.

Avrupa etüd projelerinde alan bazında dış hava gereksinimi 0 ile 5 L/s-m2 arasında olabilmektedir. Doğal havalandırma olan binaların % 80' inde bu miktar 1 L/s-m2'nin altındadır. Mekanik havalandırma olan yerlerin % 80' inde ise bu değer 1 L/s-m2'nin üzerindedir. Ortalama dış hava gereksinimi kişi başı 25 L/s olarak alınır. Binanın dış hava ihtiyacı doğru temin edilse bile bu hava uygun olmayan balans sorunları nedeniyle eşit bir şekilde dağıtılamamaktadır. Bu balans sorununun oluşmasında, tekrar sirküle edilen dönüş havası da etkendir.

- Helsinki'de yapılan çevre ve sağlık saha araştırması kapsamında gelişigüzel seçilen 33 binadaki 1782 kişinin çalışma odalarının havalandırma değerleri ölçülmüş ve ortalama değer kişi başı 17,2 L/s olarak bulunmuştur. Kanal sisteminin yerleşim şekli hava balansı yapılmasında önemli bir etkendir. Şekil 147'de verilen sistemde ana kanaldan ilk çıkış ve son çıkış noktaları arasındaki büyük basınç farkı dolayısıyla balans yapmak oldukça zordur. Ayrıca, bu sistemde balans yapmak için kullanılabilecek damperler bulunmamaktadır. Şekil 148'de gösterilen sistemde ise kanalın yerleşimi daha simetrik yapılıp damperler eklenerek balans yapma daha kolaylaştırılmıştır. Bu sistemde, çıkış noktalarındaki basınç farkları azalmış ve balans yapabilmeye olanak sağlanmıştır.



Şekil 139: *Balansın zor olduğu kanal yerleşimi.*



Şekil 140: *Balansın yapılabilmesine olanak sağlayan simetrik ve damperli kanal yerleşimi.*

4. Hava kanalı ısı yalıtımı

Kanal sisteminden etrafa ısı transferini önlemek amacıyla yalıtım uygulaması yapılmalıdır. Talep edilen havanın istenilen şartlarda mekana iletilebilmesi için yalıtım önemli bir faktördür. Ekonomik yalıtım kalınlığı sıcaklık farkıyla orantılı olarak artar. Aşağıda belirtilen kanal bölümlerinde yalıtım yapılmalıdır:

Soğuk bölgelerde yoğuşmayı önlemek amacıyla klima santraline giriş yapan dış hava kanallarında,

Soğutma veya ısıtma amaçlı kullanılan besleme kanallarında,

Bina içinden geçen ve dönüş havası için kullanılan kanalların içindeki sıcaklığın yüksek olması durumunda.

Yapılacak olan uygulamada aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmelidir:

Kanal içinde veya yüzeyinde yoğuşma olmasının engellenmesi,

Yapılan yalıtımın oluşabilecek bir problem nedeniyle zarar görmemesi,

Mümkünse kanal içlerinin temizlenebilmesinin sağlanması,

Kullanım veya imha süreçlerinde çevreye zarar vermeme.

Genel bir kaide olarak, dış hava, sirkülasyon havası ve klimatize edilen mahallerden geçen dönüş havası kanallarında yalıtım yapılmasına gerek yoktur. Kanal içlerinde temizlik yapmanın zorluğu ve yalıtım malzemesinden liflerin ayrılabilme olasılığı da içten yalıtım uygulanmamasının başlıca sebepleridir.

5. Fanlar ve klima santralleri

Kanal sistemin de bulunan fanların çalışma prensiplerinin enerji verimliliği ile ilgili kısmı aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Fanların güç ve enerji gereksinimleri,
- Fan sistemlerinin toplam enerji verimliliği (fan, motor, sürücü, enerji kaynağı),
- Fan seçimi,
- Statik ve dinamik basınç ve debi,
- Enerji kullanımı ve hava akımının kontrolü (hız kontrolü, akım kontrolü),
- Spesifik fan gücü (SFP) ve müsaade edilen maksimum değerler,
- Ekstra kayıpları önlemek için fanın uygun montajı,
- Klima santralinin enerji verimliliği-yüzey/giriş hızı, fanlar, kanal sistemindeki besleme havası,
- Klima santralinde ısı geri kazanım ünitesi,
- Soğutma/ısıtma talebini azaltma amaçlı hava giriş/emiş yerlerinin belirlenmesi,
- Havalandırmada olabilecek kirliliği azaltma amaçlı olarak hava giriş/emiş yerlerinin belirlenmesi.

Spesifik fan gücü, her fan için tanımlanan ve kullanılan bir özellik olup hava hareketini sağlayan sistemin toplam verimliliği ile ilişkilidir.

$$N_{SFP} = \frac{N_{FAN}}{q_v} = \frac{\Delta P}{\eta_{tit}} \qquad (7.17)$$

N_{SFP} spesifik fan gücü, W/m^{3}s

N_{FAN} fan motoru güç gereksinimi, W

q_v fandan geçen nominal hava debisi, m^3/s

Δp fanın oluşturduğu basınç farkı, Pa

η_{tot} fan, motor ve sürücü beraber monte edilmiş durumda toplam verimlilik

Klima santrallerinde, temiz filtreli ve by pass'ların kapalı olduğu nominal hava akışlarında katsayı geçerlidir. Bu katsayı hava yoğunluğunun 1.2 kg/m^3 olduğu durumla bağlantılıdır. SFP değerlerinin santral dışı ve santral içi kayıplar gibi kayıpların toplamının güç tüketimine oranı şeklinde hesaplandığı görülmektedir. Kayıplar ise Darcy-Veissbach eşitliği gereğince hava hızının karesi ile artar. Bu nedenle santral alın hızları çok önemli olup, 1,5-2,0 m/s civarında alınması önerilir.

Tablo 46: EN 13779-2007'de verilen SFP değerleri

Kategori	P_{SFP}, W/(m³/s)
SFP 1	<500
SFP 2	500-750
SFP 3	750-1250
SFP 4	1250-2000
SFP 5	2000-3000
SFP 6	3000-4500
SFP 7	>4500

6. Filtreler

Filtrelerin çalışma prensiplerinin enerji verimliliği konusu ileilgili kısmı aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Sistemdeki basınç kaybını çok fazla arttırmadan yapılabilecek olan hava temizliğine olanak sağlayacak filtre ihtiyacı,
- Filtre seçimi,
- Filtre limitleri,
- Alın hızının 1,5 m/s' yi geçmemesi uygun olacak şekilde filtrelerde basınç kayıplarının düzenlenmesi .

Tablo 47: EN 779'a göre her filtreleme grubu için tavsiye edilen 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

7. Isı geri kazanım sistemleri

Isı geri kazanım prensiplerinin enerji verimliliği konusu ile ilgili kısmı aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Havalandırma ile yapılan ısıtmanın tükettiği enerji ısı geri kazanım sistemi ile azaltılabilir,
- Isı geri kazanımı yapılması (her zaman değerlendirilmelidir),
- Isı geri kazanım ile ilgili özellikleri ve sistem çeşitleri,
- Yıllık ısı geri kazanımı hesabı yapılması,

- Isı geri kazanımının ısıtma talebine olan katkısı,
- Aşırı ısınma veya donmaya karşı ısı geri kazanım kontrolü,
- Besleme havasına olası egzoz havası sızıntısının önlenmesi.

8. Hava değişim verimliliği

Tasarım aşamasında mekanın ne amaçla kullanılacağı bilinse bile, o binanın veya mekanların daha sonraki zamanlarda hangi işlemler için kullanılacağı bilinmeyebilir. Dolayısıyla tasarım mekanda hızlı hava değişimi yapılmasına olanak verecek şekilde yapılmalı ve hava değişim verimliliği de bunun ölçütü olarak kabul edilmelidir. Verimlilik hava değişimi yapılabilen gerçek süre ile bu değişimin yapılabildiği en kısa süre dikkate alınarak bulunabilir. En kısa süre, piston tip hava akımının odanın bir tarafından girip düz bir yol takip ederek odanın diğer tarafından çıkması ile oluşu, $e^a=1$. Mümkün olan en kısa zaman, t^n, odanın hacmi ile havalandırma debisine bağlıdır.

$$t^n = \frac{V}{q_v} \tag{7.18}$$

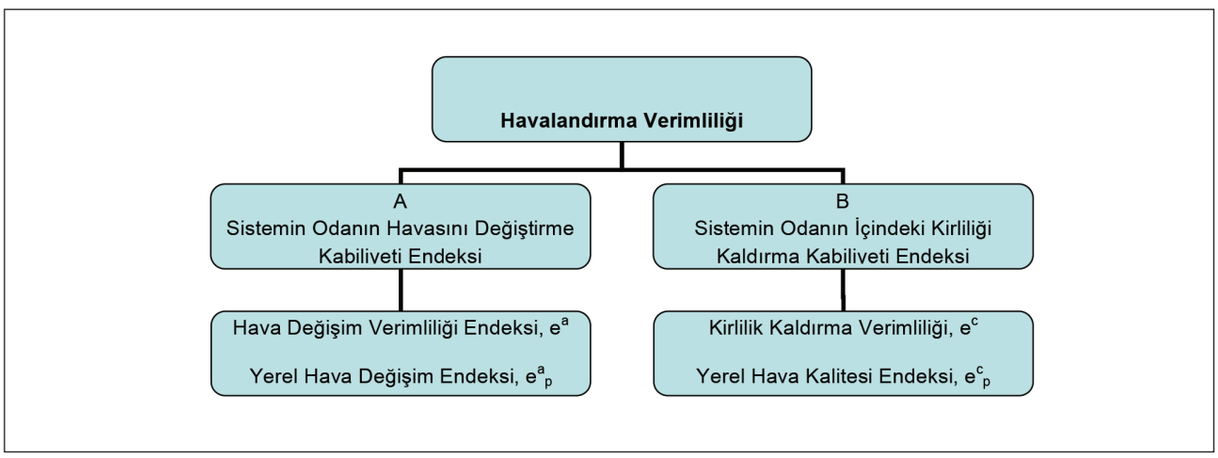
t^n = odada hava değişimi için gereken en kısa süre, saat

V = odanın hacmi, m^3

q_v = besleme havası debisi, m^3/h

$$\text{Hava değişim verimliliği} = \frac{\text{Hava değişimi için gereken en kısa süre}}{\text{Gerçek hava değişim süresi}}$$

Eğer oda havası tam olarak karışım havası ise bu durumda $e^a=0,5$ olup deplasmanlı havalandırmada bu değer $e^a=0,5 – 1$ arasında olabilir. Verimlilik değeri hiçbir zaman 1' den büyük olamaz. Bu yüzden verimlilik genellikle yüzde olarak ifade edilir (maksimum değer %100). Yerel hava değişim endeksi de çoğunlukla yüzde olarak ifade edilir ama bu endeks %100' den büyük olabilir. CRE ve yerel hava kalitesi endeksi çok küçük değerler olabildiği gibi oldukça büyük değerlerde de olabileceği için yüzde olarak ifade edilmezler.



Şekil 141: *Havalandırma verimliliği ile ilgili terimler.*

9. Havalandırma ve klima sistemlerinde kontrol

Besleme havasının sıcaklığının kontrolü ile ilgili enerji verimliliği hususları aşağıdaki gibidir;

- Talebe göre havalandırma ile tasarruf yapılmasını sağlayan sıcaklık, CO_2 sensörleri, VAV kutuları ve frekans invertörleri gibi kontrol prensipleri,
- Havalandırmada hava kalitesi kontrolü,
- Klima sistemlerinde havalandırma ve kontrol prensipleri,
- Değişik sistemlerde bulunan sensörlerin montaj yerleri.

Havalandırma, klima ve benzeri sistemlerin çalışması kontrol edilerek oda içinde tasarlanan ısı, nem ve iç hava kalitesinin sağlanması esas amaç olarak kabul edilmelidir. Bu iç mekan şartlarının sağlanabilmesi için belli bir yatırımın yapılması, cihazlara yer temin edilmesi ve çalışma masraflarının karşılanabilmesi gerekir. Dolayısıyla tanımlanan şartları sağlayabilecek en uygun sistemin seçilmesine azami dikkat gösterilmelidir.

Havalandırma sistemlerinde, besleme havası ve dönen hava sistemlerinin yanı sıra filtre, ısıtıcı ve ısı geri kazanım cihazları bulunur. Besleme havası sistemi olmadan sadece dönen hava sistemi ile taleplerin karşılanması mümkün değildir. Buna karşın dönen hava olmayan sadece besleme havası olan sistemlerde ısı geri kazanım uygulaması yapmak mümkün olmayacağı gibi oluşabilecek aşırı basınçlandırma da bazı bina elemanlarına zarar verebilir.

Sistem tipine bağlı olarak, kontrol mekanizmaları iç hava kalitesi ile oda için tanımlanmış olan termodinamik özelliklerin oluşabilmesine olanak sağlarlar. Odanın içindeki termal konfor yalnız havalandırma sistemi ile kontrol edilebileceği gibi odanın içinde bulunabilecek ısıtma/soğutma amaçlı diğer cihazların katkı ve kontrol edilmesiyle de yapılabilir.

Sıcaklık ve nem miktarı kontrolü yapabilecek temel sistem tipleri karşılaştırmalı olarak Tablo 48'de verilmiştir. Şekil 142'de besleme havası sıcaklığı ayar noktasının belirlenmesinde egzoz havası sıcaklığının etkisini gösteren örnek uygulama dahil olmak üzere alternatif termometre yerlerini de gösteren şema gösterilmiştir. Besleme havasının (TE-A) ayar noktası, serbest soğutma yapılmasını sağlamak amacıyla, dönen hava (TE-BC) ve dış hava (TE-D) sıcaklıklarıyla ilişkilendirilmiştir. İnsanların kullandığı mekanlarda oluşabilecek istenmeyen esintiyi önlemek amacıyla, serbest soğutma yapılabilecek olan en düşük besleme havası sıcaklığı 15°C olarak belirlenmiştir.

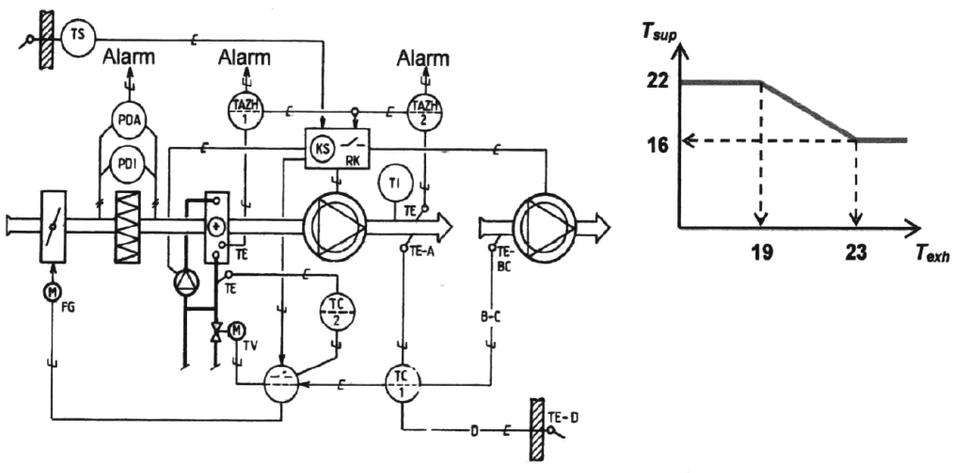
Tablo 48: CEN 13779'a göre kontrol sistemlerinin sınıflandırılması

Sistemin Kontrol Ettiği Fonksiyon					Sistem Adı
Havalandırma	Isıtma	Soğutma	Nemlendirme	Nem Alma	
E	X	X	X	X	Sadece havalandırma sistemi
E	E	X	X	X	Isıtma olan havalandırma sistemi veya (havalı) ısıtma sistemi
E	E	X	E	X	Nemlendirme ile Kısmi Oda Şartlandırılması
E	E	E	X	(E)	Soğutma ile kısmi oda şartlandırılması
E	E	E	E	(E)	Soğutma ve nemlendirme ile kısmi oda şartlandırılması
E	E	E	E	E	Tam oda şartlandırılması

Açıklama : X sistemden etkilenmez

E sistem kontrolünde ve oda etkinliği kesin

(E) sistem etkili ama oda etkinliği kesin değil.



Şekil 142: *Klima santrali kontrol noktaları*

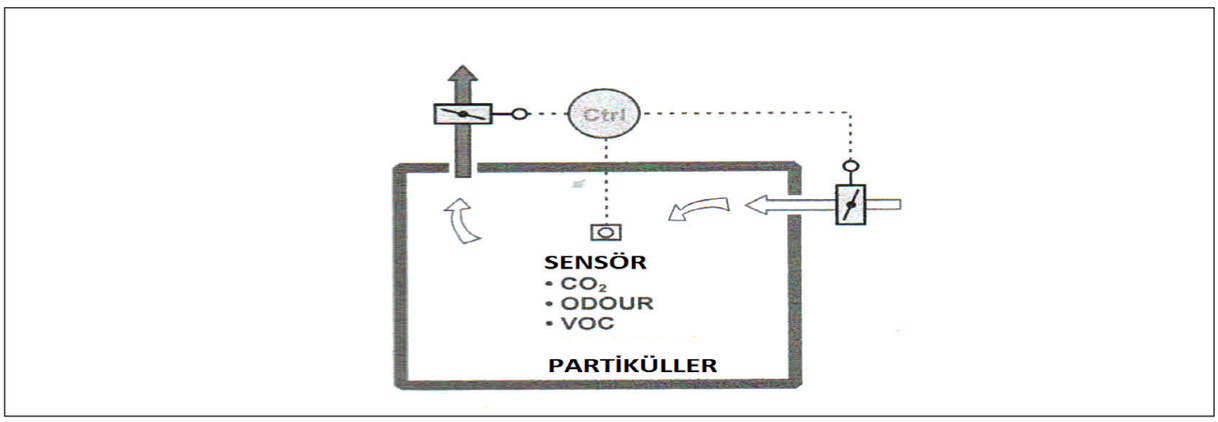
Tüm çalışma saatleri süresince, tipik bir havalandırma sistemi sabit dış hava debisi ile çalışır. Odanın kullanım amacının değişmesi ile besleme havası debisi değişmez. Genellikle iç mekanlarda oluşan havalandırma yükü zaman içinde değişir. Dolayısıyla, havalandırma debisi de yüke göre ayarlanabilmelidir. Pratikte kazanılan tecrübeler havalandırma debisinin gerçek yüke göre belirlenmesi ile havalandırma sistemi enerji tüketiminin azaldığını göstermiştir. Bunu yapmanın en kolay yolu havalandırma debisinin talebe göre ayarlanabilmesidir.

Tablo 49: Talep kontrollü havalandırma tipleri

Kategori	Kontrol Tipi	Açıklama
IDA - C1	Yok	Kontrol yok. Sistem devamlı çalışır durumda.
IDA - C2	İnsan kontrolünde	Sistem insan eli ile yapılan ayar ile çalışır.
IDA - C3	Zaman kontrollü	Sistem tanımlanan zaman programına göre çalışır.
IDA - C4	Kullanım kontrollü	Sistem insan mevcudiyeti algısı ile çalışır (elektrik düğmesi, infrared sensör vb.).
IDA - C5	İnsan sayısı kontrollü	Sistem tanımlanmış insan sayısı bazında çalışır (sayım yapan sensör vb.).
IDA - C6	Otomatik kontrollü	Sistem, ölçüm yapan sensör sinyalleri veya tanımlanmış olan kriterlere göre çalışır örneğin sıcaklık, CO_2, VOC (uçucu organik bileşik) sensörü ve benzerleri gibi. Kullanılan parametreler odada/mekanda olan aktivite ile uyumlu olmalıdır.

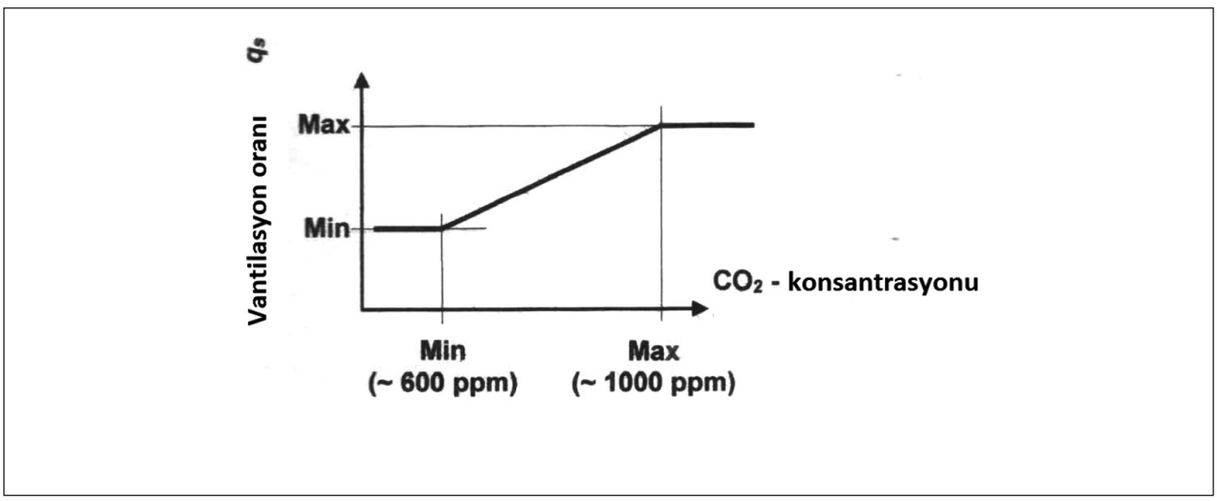
Hava Kalitesi Kontrolü ile Havalandırma

Değişken yük taleplerinin olabilmesi durumunda dahi, havalandırma sistemi oda için tanımlanmış olan kriterleri sağlayacak şekilde çalışmalıdır. Emisyon (kirlilik) olduğu bilinen mahallerde en kritik olan (konsantrasyonu en yüksek olan) kirleticiden alınan sinyal esas alınarak kontrol yapılmalıdır. Örnek olarak kapalı otoparklardan alınan CO değerinin esas alınması verilebilir. Hava kalitesi kontrollü olan havalandırma sistemlerinde (AQCV), kontrol odada bulunan hava akımının kirlilik yüküne/değerine veya konsantrasyonuna göre yapılır. AQCV çalışması geçici kirlilik konsantrasyonu bazında ve tanımlanmış havalandırma şartlarını sağlayacak şekilde olmalıdır. Bu şartları sağlarken, sabit hava debili havalandırma sistemleri enerji israfına neden olabilirler. Buna karşın daha iyi sistem olan değişken debili havalandırma sistemleri ile hem hava kirliliğinin önlenmesi hem de enerji tasarrufu yapılabilmesi mümkündür. Bina elemanları veya bina içinde bulunan insan, mobilya, dekorasyon amaçlı materyaller ve benzerleri hava kirliliğine sebep olabilirler. AQCV'nin çalışma şartları açısından en kritik unsurlar karbon dioksit, uçucu organik bileşenler, tütün içimi ve nem değerleri olarak ifade edilebilir. Dolayısıyla, bu sistemlerin düzgün çalışabilmesi için uygun hava kalitesi sensörlerine ihtiyaç vardır. Oda içinde CO_2, Karışım-Gazı, birleşik CO_2/Karışım Gazı, birleşik CO_2/CO veya insan varlığına duyarlı sensörlerinden bir veya daha fazlasının olması gerekebilir.



Şekil 143: *Hava kalitesi kontrolü ile yapılan havalandırma prensipleri (AQCV).*

Kirlilik kaynağı sebebinin insan odaklı olması durumunda, CO_2 değeri en önemli kontrol parametresidir. Şekil 152a'da verilen grafikte kontrol mantığını gösteren eğri yer almaktadır. Hava kalitesi ile ilgili limitlerde (minimum ve maksimum) bu şemada ayrıca gösterilmiştir. Tasarım da seçilecek hedef değerler ise uygulama bazında belirlenmelidir.



Şekil 144: *CO_2 Konsantrasyonu bazında yapılan hava kalitesi kontrolü ve havalandırma gereksinimi.*

Bina kullanım yoğunluğunun da bir çeşit göstergesi olan CO_2 sensörü ile iç mekan havasındaki yanıcı gazların varlığını ölçen karışım gazı sensörü yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Hava kalitesi kontrolü ile çalışan havalandırma sistemleri sabit hava debili sistemlere göre daha az enerji tüketerek, tasarruf yapılmasına olanak sağlarlar. Bazı uygulamalarda yıllık bazda %50' ye varan enerji tasarrufu sağlandığı rapor edilmitir.

Tablo 50: Talep kontrollü havalandırma ile sağlanabilecek enerji tasarrufu yüzdeleri.

Uygulama Yeri Adı	Enerji Tasarrufu Miktarı(%)
Restoran, Kantin	20 - 50
Amfiler	20 - 50
Açık Ofisler	
%40 doluluk halinde	20 - 30
% 90 doluluk halinde	3 - 5
Giriş Holleri, Havaalanı Check-in Yerleri	20 - 60
Sergi, fuar ve kapalı spor alanları	40 - 70
Toplantı, Sinema ve Tiyatro Salonları	20 - 60

Hava kalitesi kontrol sisteminin klima santrali ana kontrol sistemine entegre edilmesi durumunda en iyi verim alınabilir. Besleme havası debisinin yüksek ve çalışma saatlerinin uzun olması durumunda talep kontrollü havalandırma sisteminin geri ödeme süresi kısalacaktır.

7.6.1.3 Hibrid Havalandırma

Durgun ve sıcak havalarda doğal havalandırmada hava sirkülasyonu için basınç farkının oluşamaması gibi çekiş problemleri meydana gelebilmektedir. Bu gibi olumsuz etkiler taze hava tarafında veya egzoz tarafında fanlar kullanılarak azaltılabilir. Bu tür uygulamalarda taze hava için fan kullanılırken egzoz doğal yoldan yapılabilir. Bu seçenek insanların bulunduğu tüm bölümlerin havalandırılmasına ihtiyaç duyulan, ancak doğal yollardan bunun mümkün olmadığı derin mekanlar için daha uygundur. Mekanik havalandırma genellikle döşeme altında taze havanın dağıtıldığı yer değiştirmeli havalandırma sistemi ile daha iyi sağlanır. Mekana giren hava baca veya atrium üst kotuna kadar yükselir ve buralardan egzoz edilir. Bu seçenek binayı dış gürültü ve kirlilikten de korur. Mekanik egzoz ve doğal hava girişine sahip sistemler mahalde boya, mürekkep, sigara gibi kirlilik oluşturacak unsurlar varsa uygun çözümdür.

Karışık havalandırma: Doğal havalandırmada her bina için değişik stratejiler uygulanabilir. Doğal havalandırmanın mekanik sistemlerle kombine edilmesi bunlardan birisidir. Bu durum karışık mod olarak adlandırılır ve bu sistemler daha fazla esneklik sağlayabilirler.

Gece havalandırması: Gece havalandırması bir havalandırma tekniği olmayıp yalnızca bina kütlesinin doğal olarak soğutulmasını sağlayan bir stratejidir. Gece havalandırması günlük sıcaklık farklarının fazla olduğu sıcak ve kurak iklimlerde önemli bir avantaj sağlar. Gece havalandırmasının avantajları ve dezavantajları aşağıda verilmiştir:

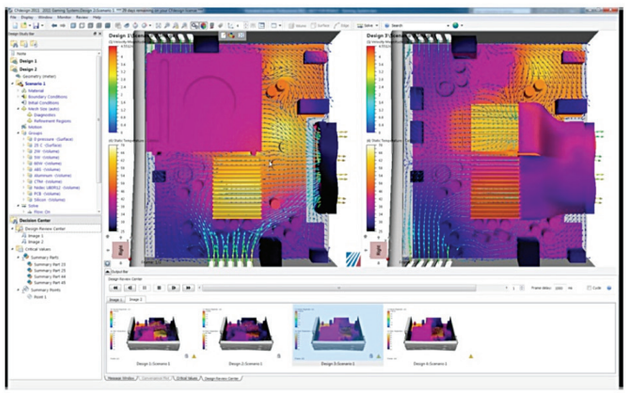
Avantajları:

- Gece, düşük dış sıcaklıklar nedeniyle iç ve dış mekanlar arasındaki sıcaklık farkları fazladır. Bu durumda baca etkisi ile dış hava mekanlara girer ve soğuk depolama yapılır. Böylece gündüz mekan duvarlarında depolanmış olan ısı alınır.
- Gece havalandırması ile havalandırılan mekanların radyant sıcaklıkları düşer ve ertesi günkü konforu artırır.
- Gece havalandırması insanların bulunmadığı zamanlarda yapıldığından hava akımı (cereyan) ve gürültü gibi problemler ortadan kalkar.

Dezavantajları;

- Bina cephesindeki açıklıklar güvenlik problemi doğurabilir.
- Ertesi gün konforsuzluk yaratacak derecede aşırı soğuma meydana gelebilir.
- Bina yüzeyleri ile ve dış hava arasında yüksek ısı transferi miktarları gerekebilir.
- İyi bir işletme için bina otomasyon sistemine ihtiyaç vardır.
- Gece havalandırması yüksek ısıl depolama kapasitesine sahip binalar için daha uygun olup ertesi gün mekan sıcaklıklar 3-4°C aşağı çekilebilir.

7.6.2 Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Oluşturulması



Şekil 145: *Autodesk® Simülasyon Karma Tasarımı kullanılarak bina performansının tahmin edilmesi, tasarım stratejisinin optimize edilmesi ve inşaat öncesinde bina ve sistemlerin davranışının doğrulanması*

Akışkan Akış ve Isı Transferi

CFD kodları, her parametre seçeneğine ait ayrı bir çözüm oluşturmak üzere çalıştırılır. Bir bilgisayarda yapılan uygulamayla bir günde, belirli bir tasarım parametresi için en iyi proje seçeneğini bulmak üzere altı ile sekiz arasında alternatif durum değerlendirmesi yapılabilir. CFD kullanımı, tasarımcılara bir çok yarar sağlar. Belirli bir mühendislik problemi için çözümler, bir prototip ya da rüzgar tüneli modeli üretmekten çok daha düşük maliyette elde edilebilir. Sonuçların ayrıntılı olması daha doğru kararların verilmesine neden olur ve akış davranışının ilgililere açıklanmasını kolaylaştırır. Günümüzdeki yaygın ticari programlar FLUENT, FLOW3D, FLOEFD, PHOENICS, STAR-CD gibi programlardır.

Binalarda CFD hesaplamalarının kullanımında bazı zorluklar bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde özetlenebilir:

- "Endüstriyel" CFD kullanımların ticari CFD yazılımlarına dayandırılması gerekliliği,
- CFD'yi kullanan mühendisin değişik alternatif senaryoları denemek için fazla zamana sahip olamaması,
- Programların tasarımcıların satın alamayacağı kadar pahalı olması,
- Bina tasarım firmalarındaki mühendislerin bu konuda eğitimlerinin olmaması.

CFD programlarının bina aplikasyonlarında kısa proje süreleri için geometriyi ve tarama çizgilerini (grid) kısa sürede oluşturması gerekir. İnce ayarla gerekli değişikliklerin yapılması gerekir. Bilindiği gibi AutoCad ve katı modelleme programları kullanımı yoluyla geometri oluşturulabilir. Etkili bir ticari CFD yazılımı, bir CAD dosya formatını okuma ve kullanıcının çok küçük müdahalesi ile çizgisel yapı kalitesini değerlendirme yeteneğine ve yazılımın işletimi, başlangıç çözümleme ayarlarında (default) ve olabildiğince otomatik nitelikte olmalıdır. Çözüm bir kez elde edildikten sonra, kullanıcı, CFD tahminleri ile görsel bir etkileşime gerek duyacak ve sonuçları müşteriye sunabileceği görsel bir çıktıya gerek duyacaktır. Bu nedenle CFD'nin mühendislik kullanımı için, ilk ve son işlemleme yetenekleri, araştırma kullanımına oranla çok daha ön planda olmaktadır.

Görsel çıktı, bir müşteriye karmaşık bir akış olgusunu açıklamakta son derece yararlı bir araçtır. Bilgisayardaki CFD çözümlerinin, mal sahibinin sorularına yanıt vermek üzere, akışla ilgili değişik olanakların power point sunum dosyası olarak hazırlanmış görsel çıktılarının kullanılması son derece yararlı bir işlemdir.

Kullanıcının, grafik gösterimden, çözümleyici bir sürece kesintisiz geçebileceği ve tekrar geri dönebileceği bir gösterim biçimi, müşteriye özel olanakların açıklanması ve müşterinin sorularına cevap vermesi yönünden önemli olanak sağlar. Danışma hizmetlerini iyileştirmek üzere, çıktı dosyalarını özel bir yazılıma göndererek bir video görüntüsü elde etmek ya da diğer medya olanaklarıyla bütünleştirmek olanaklıdır. Birim maliyet başına hesaplama gücü arttıkça, örneğin bir bölümde çıkan yangının önceden nasıl olabileceğinin tahmini gibi geçici bir ortamın benzeştirilmesi (simulation) artık uygulanabilir niteliktedir.

CFD'nin işletimi ve etkili kullanımı için gerekli kaynaklar aşağıdaki gibidir.

- Isı transferi ve akışkanlar mekaniğinde yetişmiş bir mühendis
- Ticari bir yazılım paketi
- Yeterli kapasite özelliklerine sahip bilgisayar.

Buradaki en önemli bileşen, akışkanlar mekaniği, ısı transfer ve HVAC konularında temel bilgilere sahip bir mühendistir. Bu konuda bilgi sahibi bir mühendis için ürünü tanımak için gerekli olan eğitim süresi yaklaşık bir haftadır. Bunu izleyen dönemde uzmanlık gerektiren bir mühendislik problemini çözebilmek için 2~3 ay gibi bir süre gerekebilir. Buna karşılık, CFD yazılımını yaparak öğrenme olanağı olan mühendisler için bu eğitim süresi daha kısa olabilir. Bu öğrenme hızı, CFD'nin dışarıdan danışmanlar kullanmak yerine, işin sahibi olan firma bünyesinde kullanılmasını daha cazip kılmaktadır. Örneğin hızlı bir teklif verme için belirli bir özelliğin analizinde kaba bir yapıdaki CFD işletilirken, deneyimli bir mühendisin hazırlanmış tasarım ilkelerine göre doğrulamasına gerek görülebilir. CFD çözümlerinin elde edilme kolaylığı ve sonuçların duyarlılığı ve doğruluğunun, bina kodları ve yönetim düzenlemelerinde önemli bir etki yapması beklenmektedir. Eskiden, bina kodlarının basit hesaplama işlemleri olmasına, fakat önemli miktarlarda geniş emniyet katsayılarının kullanılmasına izin verilirdi. Günümüzde ise CFD analizinin güvenilirlik ve bütünlüğünden kuşku duyulmayan alanlarda daha düşük emniyet katsayılarının kullanılması daha uygun görülür.

7.6.3 Isıtma ve Havalandırma Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Havalandırma sistemlerinin konfor gereksinimleri ile bütçe olanakları bir birinden farklı olan konutlar, okullar, hastaneler, ofis binaları gibi farklı yapı grupları esas alınarak yapılması doğru olur.

Konutlar: Türkiye'de konutlarda havalandırma yapılması geleneği bulunmamakta, hatta rezidans olarak adlandırılan lüks konutlarda bile havalandırma sistemleri çok az kullanılmaktadır.

Okullar: İlkokul, ortaokul, lise, üniversite gibi eğitimin her kademesindeki okullarda havalandırma yapılmaktadır. Ancak özellikle sınıflarda 25-50 veya daha fazla öğrenci aynı ortamda 45 dakika civarında kaldığında iç ortam kalitesi kötüleşmektedir. Bu durumun sağlık sorunları ve öğrenme kapasitesinin düşmesine neden olduğu yönünde araştırmalar vardır. Bu nedenle yeni yapılan binalarda sınıflarda havalandırma yapılması zorunlu tutulmalıdır. Burada maliyetleri artırmamak için hibrid veya doğal havalandırma yapılması en uygun yöntem olarak görülmektedir. Öğrenci başına 15-20 m^3/h taze hava hesabı ile minimum düzeyde de olsa bu şekilde havalandırma yapmak mümkündür.

Hastaneler: Hastanelerin büyük bir bölümü 24 saat çalışan ve enerji tüketimleri fazla olan yerlerdir. Bu nedenle enerji verimli sistemler kurulması işletmede enerji tüketimlerinin azalması ve iç konfor şartlarının yükseltilmesi açısından yararlı olacaktır.

Ofis Binaları: Diğer yandan Türkiyede havalandırma yapılan ofis binalardaki sistemler genellikle fan coil+primer havalı sistemler ile günümüzde giderek yaygınlaşan VRV+primer havalı sistemlerdir. Burada kul-

lanılan primer hava sistemleri genellikle sabit debilidir ve bu enerji verimliliği yönünden uygun değildir. Değişken debili (demand controlled ventilation) sistemler kullanılmalıdır. Ancak enerji verimliliği için TABS Sistemleri+primer hava, Chilled Beam Sistemleri+primer hava gibi sistemlerin de yaygınlaşması gerekmektedir. Ayrıca yine enerji verimliliği için hava alanları gibi yüksek tavanlı mekana sahip binalarda "displacement ventilation" sistemleri kullanılması düşünülebilir. Ancak yap-sat, devlet yapıları gibi yapı stokunun çoğunu üreten kurumlar ilk yatırımı bir miktar arttıran bu gibi sistemlere genellikle sıcak bakmamaktadır. Ayrıca uygulama sonrasında da yeterli sayıda deneyimli işletmeci bulunmamaktadır. Büyük şehirlerdeki modern binaların haricindeki binalarda işletme konusu genellikle yeterli olmadığı için kurulan sistemler verimli biçimde ve düzenli işletilememektedir.

Yapıların enerji ihtiyacı azaltıldıktan sonra; kabuk iyileştirilmesi, havalandırmada enerji verimliliğinin sağlanması, gün ışığından yararlanma, iç yüklerin azaltılması için düşük enerjili bilgisayarlar, faks, printer gibi cihazlar tercih edilmesi gibi konularda ihtiyaç duyulan net enerjinin ne şekilde sağlanacağı önemli olmaktadır. Yüksek performanslı binalarda primer enerji tüketiminin ve CO_2 salımlarının azaltılması için ekonomik olanaklar elverdiği ölçüde yenilenebilir enerjinin kullanılması, seçilen HVAC ve aydınlatma cihazlarının yüksek verimli olması, sistem konfigürasyonunun bu cihazların etiket değerlerinde çalışmalarının sağlanması, test-ayar-dengeleme gibi işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Doğal havalandırma, serbest soğutma, gece havalandırması, ısı geri kazanımı, otomasyon sistemleri gibi yöntemlerle yıllık enerji kullanımımın azaltılması gerekmektedir. Bu azaltımdan sonraki enerjinin ise olabildiğince yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması hedeflenmelidir.

Uygulanması muhtemel yenilenebilir ve pasif enerji sistemleri; fotovoltaik sistemler, güneşten ısı geri kazanımlı sistemler, jeotermal enerji, yer altı ısısı, ısıl depolama, havalandırmada toprağın ısı geri kazanım aracı olarak kullanımı, Tromp duvarı, güneş duvarı sistemleri gibi sistemlerdir. Ancak bu sistem ve teknolojilerin hepsinin bir arada kullanılacağı düşünülmemelidir. Bütçe olanakları çerçevesinde uygun olabilecek sistemler kullanılabilecektir.

Isıtma ve soğutma yükleri için yüksek verimli, fosil yakıtlara dayalı sistem ve cihazların seçilmesi

Enerji verimliliği ve ilk yatırım maliyetleri dikkate alınarak tercih edilen sistemler, *"Thermally Active Building Systems (TABS)" (Isıl Bağlamda Etkin Bina Sistemleri)'dir.* Bu tür sistemler ısı pompası temelli sistemlerdir. . Şekil 146'de bu sistemin prensip şeması görülmektedir.

TABS sistemlerinin temel yararları aşağıdaki gibidir;

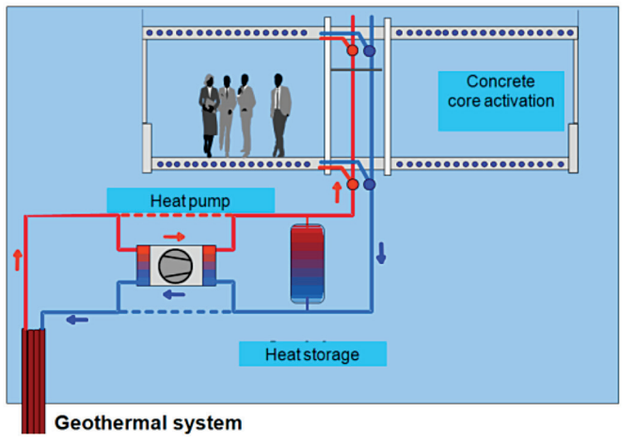
a) Düşük sıcaklıklı ısıtma ve yüksek sıcaklıklı soğutma dolayısıyla enerji kayıpları daha düşüktür. Sistem soğutmaya göre tasarlandığından ısıtmada debiler yüksek kalmaktadır. Bu nedenle daha düşük sıcaklıklarda ve düşük ΔT ile çalışma olanağı olmaktadır.

b) Bu sistemler enerjinin hazırlanması, iletim kayıpları gibi nedenlerle ısıtmada fan-coil veya tamamı havalı sistemlere göre %10-20 daha verimlidir. Şekil 147'de bu sistemler için enerji hazırlanması ve dağıtımındaki enerji tüketimi görülmektedir.

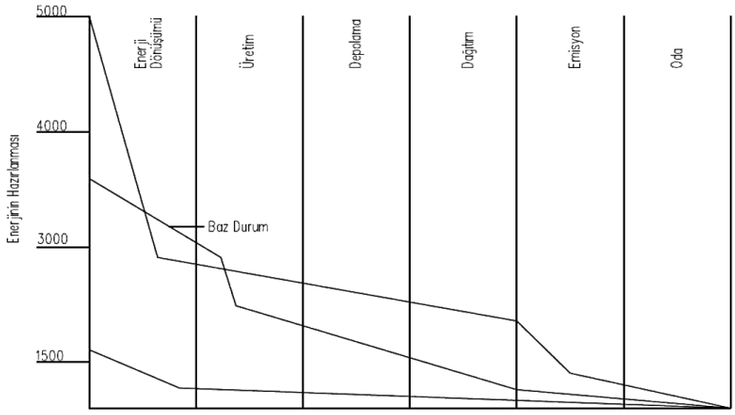
c) Binaların beton kütlesi iyi bir ısıl depolama malzemesidir. Isıl kütle, ısıtmada %5-10, soğutmada %12-23 civarında enerji tasarrufu sağlayabilmektedir. Özellikle yüksek tavanlı mekânlarda TABS sistemleri daha verimlidir. Çünkü insan yerleşik zonda, konfor sıcaklığını sağlamak yeterli olmakta, daha yu-

karıdaki hacimlerin iklimlendirilmesine gerek kalmamaktadır. Şekil 148'de bu sistemlerin uygulama şekilleri görülmektedir.

d) Fosil tabanlı enerji kaynakları tüketiminin azaltılmasına katkı sağlar. Yani CO_2 gibi sera gazlarının daha az salınması nedeniyle küresel ısınmaya katkısı düşük olur ve çevre dostudur.



Şekil 146: *TABS sistemine ait Jeotermal sistemli ısıtma ve soğutma ile ilgili prensip şema.*



Şekil 147: *Binalarda farklı sistemlerle ekserji akışı*





Şekil 148: *TABS Sistemlerinin Uygulamaları*

e) Yazın yoğuşma olmadığı için lejyoner hastalığı[13] riskine karşı biyosid kontrolü ve temizlik gibi konular söz konusu değildir. Bu durum işletmede avantaj sağlamaktadır.

f) Sistem çalışma süresi 24 saate yayılabilir. Bu durum gece tarifeleri kullanımı, gece soğutması, daha küçük ısıtma veya soğutma sistemi seçimi (%60-70 civarında değişkenlik) olanağı vermektedir.

g) TABS sistemlerinde zonlama ve iyi otomasyon enerji verimliliğini artırmaktadır.

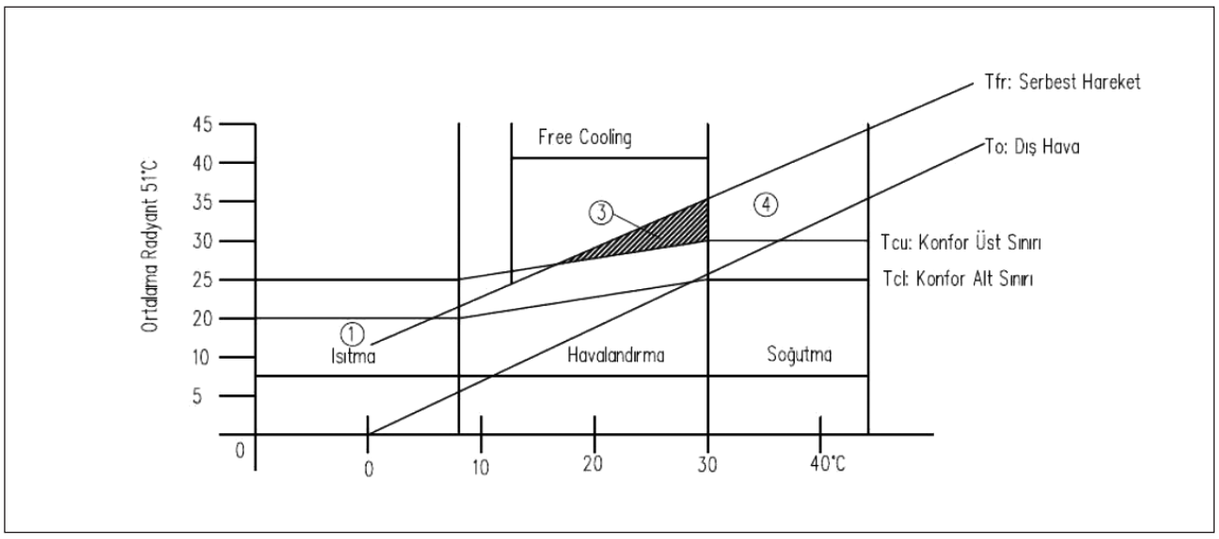
h) TABS sistemlerinin ısıl performansı dinamik modelleme sistemleri ile gösterilebilmektedir. İyi tasarlandığında bu sistemler insanlar için yüksek konfor imkanı sunmaktadır. Şekil 156'da dış hava sıcaklığına bağlı olarak bu sistemlerin işletme durumları görülmektedir.

i) TABS sistemleri dinamik sistemlerdir. Soğutma yükünün fazla olduğu iklimlerde sistem gece (daha serin hava koşullarında) çalıştırılıp betonda ısı depolaması yapılarak bu enerji gündüz kullanılabilir. Bankok Hava Alanında TABS sistemleri kullanılmıştır ve Bankok Şehri, sıcak ve nemli bir iklime sahip olmasına rağmen TABS sistemi başarılı biçimde çalışmaktadır. Bu sistemlerin Türkiye'de uygulanmamasının nedenleri sistemlerin yeterince bilinmemesi, yararlarının ortaya konulmuş olmaması, bina cephelerinin enerji performansına uygun durumda olmamasıdır.

j) Fan bulunmadığı için; tamamen sessiz çalışma, daha az enerji tüketimi, daha az yedek parça gereksinimi ve işletme personelinden tasarruf söz konusudur.

k) Tek tip cihaz yatırımı (örneğin ısı pompaları) ile ısıtma ve soğutma imkanı vardır. Yani bu sistemler toprak ve su kaynaklı ısı pompaları, yoğuşmalı kazanlar, yüksek COP değerine sahip chiller gibi ekipmanlarla birlikte verimli biçimde kullanılabilmektedir.

l) Güneş ısıl sistemler ile birlikte ısıtmada ve abs chiller destekli soğutmada verimli biçimde kullanılabilmektedir.



Şekil 149: *Dış sıcaklığa bağlı işletme formları (1) Isıtma, 2) Havalandırma, 3) Serbest soğutma (free cooling), 4) Mekanik soğutma*

[13] Lejyoner Hastalığı: Legionella preumophila adlı bakterinin neden olduğu hastalıktır. Akciğerlere yerleşip zatürreye yol açar. Bu hastalığın mikrobu özellikle split klimaların temizlenmeyen hava filtrelerinde bulunan, insanlarda pnömani gibi hastalıklara yola açan bir bakteri türüdür. Bakteri 0-63 derece arasında canlı kalabilir.

m) Isıtmada kazanda yoğuşmadan tüm sezon boyunca yararlanılabilir. Bu ise yanmada yaklaşık %11 daha yüksek verim sağlanması (gizli ısı kazancı) anlamına gelmektedir.

n) Fancoil ve VRV iç ünitelerinin aksine filtre bulunmadığı için filtrede basınç kayıpları, filtre değişimi gibi durumlar söz konusu değildir. Bu durum işletmede enerji, işletme ve bakım tasarrufu sağlamaktadır.

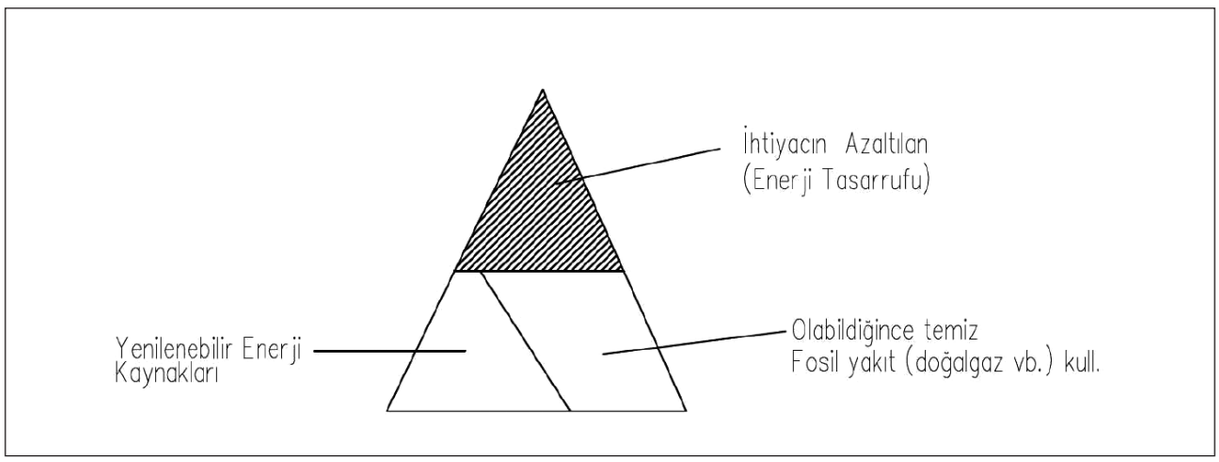
o) Mahallerde fan coil, VRV ünite, radyatör gibi görünür sistemler yoktur. Bu durum mimari açıdan bir avantajdır. Ayrıca daha az mekanik oda ve şaft gereksinimi söz konusudur.

p) Basit kontrol teknolojisi vardır, karmaşık bina otomasyon sistemine gerek bulunmamaktadır.

q) Mahalde hava akımları (cereyan) ve toz kalkması çok düşüktür. Dolayısıyla daha sağlıklıdır.

r) Binanın konfor standartları yüksektir.

Bir HVAC sistemi belirli bir mahalde istenen çevresel koşulların korunmasını sağlamayı hedefler. Binanın enerji ihtiyaçlarının azaltılması Şekil 50'deki gibi özetlenebilir. Burada görüldüğü üzere ilk hedef yapının enerji ihtiyacının azaltılmasıdır. Daha sonra ise azaltılan bu ihtiyacın ne şekilde karşılanabileceğinin araştırılması gerekir. Bu araştırmada ilk yatırım maliyetleri, enerjinin verimli kullanımı, enerji maliyetleri, işletme durumu gibi hususlar etken olmaktadır.



Şekil 150: *Fosil tabanlı enerji tüketiminin azaltılmasının şematik olarak gösterimi*

Bir ısıtma veya soğutma sisteminin doğal kaynaklardan yararlanma potansiyeli ekserji verimliliği tanımı ile belirlenebilir. Ekserji verimliliği aşağıdaki şekilde tanımlanabilir;

$$\varepsilon = \frac{T_{gidiş}}{T_{gidiş} - T_{ortam}} \tag{7.19}$$

Bu bağlamda örneğin 80/60ºC gibi bir ısıtma rejiminde çalışan 4 borulu fan coil+kazan sistemi (veya VAV sistemi) ile 30/40ºC arasında çalışan bir TABS+ısı pompası (veya yoğuşmalı kazan) sisteminin ekserji verimleri aşağıdaki gibi olacaktır. (Burada T_{ortam}, iç mekan sıcaklığının 21ºC olduğu kabul edilmiştir).

Fan coil+kazan: $$\varepsilon = \frac{T_{gidiş}}{T_{gidiş} - T_{ortam}} = \frac{(273+30)}{[(273+30)-(273+21)]} = 33{,}6 \tag{7.20}$$

TABS+ısı pompası: $$\varepsilon = \frac{T_{gidiş}}{T_{gidiş} - T_{ortam}} = \frac{(273+30)}{[(273+30)-(273+21)]} = 33{,}6 \quad (7.21)$$

Bunun anlamı, bir ısıtma sisteminde su sıcaklığı mahal sıcaklığına ne kadar yakın ise sistemin ekserjisinin de düşük olduğu veya sezonluk enerji veriminin yüksek olduğudur. Böylece düşük sıcaklıklı ısıtma alternatif enerji kaynaklarının verimli biçimde kullanılabilmesinin gereğidir.

Bu sistemlerdeki verimliliğin daha da arttırılması için aşağıdaki hususlar da dikkate alınabilir;

- Gerekirse aynı anda bazı mahallerde ısıtma, bazı mahallerde soğutma yapılabilmesi için zonlama yapılması ve bu zonların iyi biçimde kontrolü gerekir.
- Yeterli doğal kaynak bulunmayan yerlerde kazan, chiller gibi sistemlerle ısıtma ve soğutma suyu elde edilmesi durumunda; ısıl yüklere ve mevsime bağlı olarak bu sular önce klima santralları bataryalarına verilmesi, buralardan dönen suların gerekirse karıştırılarak TABS sistemlerine verilerek toplam verimlilik arttırılabilir.

TABS Sistemlerinin dezavantajları ise şöyle özetlenebilir;

a) Uygulama, deneyimi olan firmalarca yapılmalıdır. Uygulama firmasının çözümü uçtan uca paket olarak garantili biçimde sunması gerekir. Bu bağlamda işletmeciye ayrıca görev yüklenmemelidir.

b) Konfor için dinamik simülasyonlar yapılması gerekebilir.

c) Chilled beam sistemlerindeki gibi soğutmada yoğuşma kontrolü gerekir.

d) Yazın yüzeylerde yoğuşma olmaması için yoğuşma kontrolünün böyle bir durum algılaması halinde gidiş suyu sıcaklığının 1 oC yükseltilmesi, akışın kesilmesi, havalandırma gibi işlemler yapılabilir.

e) Bu sistemlerin uygulanabilmelerinin ön şartı; bina kabuğunun iyileştirilerek ısıtma ihtiyacının 40-70 W/m^2 civarına indirilmesidir. Buna karşın Bankok Hava alanı örneğinde görüleceği üzere bu değerler 100 W/m^2'ye de yükselebilmektedir. Bina ısıl ihtiyacı bu değerlerden fazla olursa ek sisteme ihtiyaç olabilir. Örneğin bu yapı grubunda insan yoğunluğunun fazla olduğu mekanlarda havalandırma ile destek ihtiyacı ortaya çıkabilir.

f) Borular betona gömülüp, bina ömrü boyunca kalacağı için su kaçağı gibi beklenmedik bir durum olması halinde geri dönülemez sorunlar olabilir. Bu nedenle uygulamada borular kalıp yapıldıktan sonra demirlerin arasına düzgün döşenmeli, zonlamalar çok iyi olmalı, testleri çok iyi yapılmalı ve beton bundan sonra dökülmelidir.

g) İlk yatırım maliyetleri fan coil sistemlerine göre duruma göre daha pahalıdır.

7.6.3.1 Öncül Isıtma Sistemlerinin Seçimi

Konut dışı binalarda soğutma sistemi olarak aşağıdaki sistem ve ekipmanların birisi veya kombinasyonu kullanılabilir;

a) Kazanlar,

b) Güneş kollektörleri desteği,

c) Trijenerasyon sistemi,

d) Jeotermal enerji,

e) Isıl depolama (sıcak su),

f) Isı pompaları (hava, su toprak kaynaklı),

g) Bina içi ekipmanları olarak

- Radyatör sistemleri,
- Fan coil sistemleri,
- Hava veya su soğutmalı VRV sistemleri,
- TABS sistemleri gibi.

7.6.3.2 Öncül Soğutma Sistem Seçimi

Konut dışı binalarda soğutma sistemi olarak aşağıdaki gibi sistem ve ekipmanlar kullanılabilir;

a) Chillerler (hava veya su soğutmalı),

b) Isı pompaları (hava, su, toprak kaynaklı),

c) Absorbsiyonlu chiller (solar termal ısı, kojenerayon atık ısı, jeotermal ısı kaynakları ile beslenebilir),

d) Isıl depolama (buz ve/veya sıcak su),

h) Bina içi ekipmanları olarak

- Fan coil sistemleri,
- Hava veya su soğutmalı VRV sistemleri,
- TABS sistemleri gibi.

Genel olarak ısıtma ve soğutma sistemleri için elektrik sağlayıcı sistemler aşağıda verilmiştir.

a) Şehir şebekesi,

b) Fotovoltaik sistemleri,

c) Doğalgaz, jeotermal enerji gibi kaynaktan beslenen kojenerasyon cihazları

Binanın tipi, iklim şartları, binanın kullanım amacı, ilk yatırım maliyetleri ve işletmede sağlanması hedeflenen verimlilik durumuna göre bu sistemlerin birisi veya bir kaçının kombinasyonu seçilebilir.

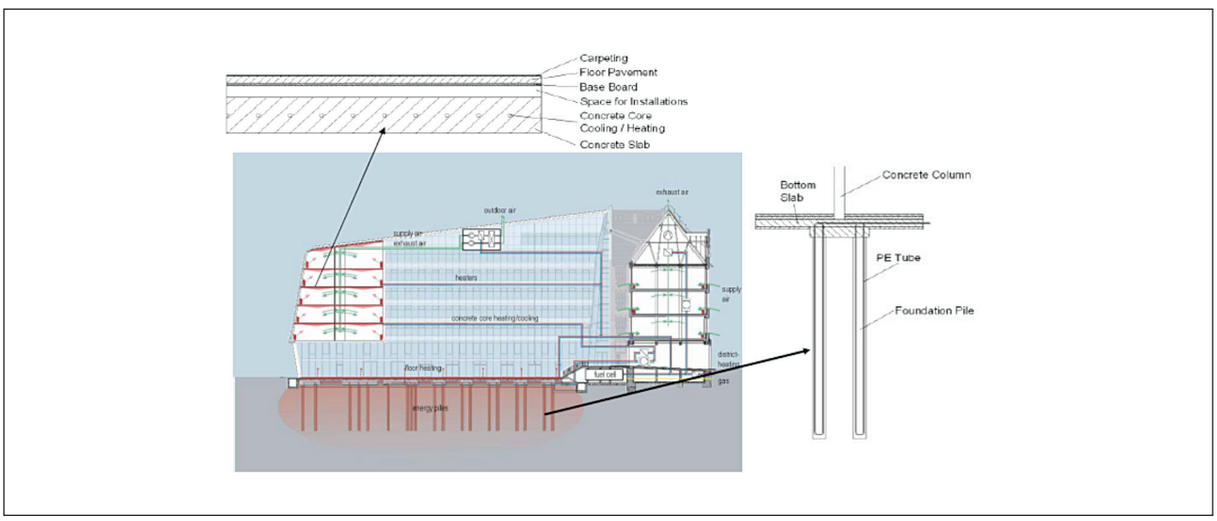
7.6.3.3 Uygun Koşullarda Soğutma Amaçlı Havalandırma Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Soğutma amaçlı havalandırma uzun yıllardan beri özellikle sıcak iklim bölgelerinde uygulanan bir yöntemdir. Temelinde gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkının oluşturduğu gerçek bulunmaktadır. Bu fark ortalama 15°C olmakla beraber hava durumuna veya bölgeye göre değişkenlik gösterebilir. Gece oluşan serin hava binaların içini serinletmek amacıyla kullanılabilir. Bu soğutma bina içinde oluşan (mobilyalar dahil) ısı birikiminin atılmasını sağlayarak, gündüz oluşacak soğutma yükünün azalmasını sağlar. Gece havalandırması gündüz oluşacak soğutma yükünü (dolayısıyla enerji tüketimini) azaltacak olmakla beraber gece fanların çalışması da göz ardı edilmemelidir. Bu durumu dengelemek için bina otomasyon sistemleri ile optimizasyon yapılabilir. Gece havalandırmasının maliyet etkinliği hesabı gündüz gerekecek soğutma kapasitesinin azalması yönünden ele alınmalı ama fanın gece harcayacağı enerji de göz ardı edilmemelidir. Örneğin çalışma esnasında fanlarda tüketilen enerji ile sağlanan ısıl kazanç anlık olarak hesaplanıp avantaj olduğu sürece örneğin yaz

mevsiminde gece 02:00-06:00 arası sistem çalıştırılır. Ayrıca yağmur var ise sistem çalıştırılır. Bununla beraber genel anlamda verimlilik artışı da değerlendirilmelidir.

7.6.3.4 Toprak veya Suyun Isıl Depo Olarak Değerlendirilmesi.

Toprak sıcaklığı 2 m derinlikten sonra yaklaşık 10ºC'dir. Eğer dışarıdan alınan hava yeterli bir zamanda ve yeterli bir yüzey alanı ile topraktan geçirilebilirse kışın bu sıcaklığa yakın bir değere kadar ön ısıtma yapılabilir veya yazın yine bu sıcaklığa yakın ön soğutma yapılarak enerji tasarrufu sağlanabilir. Toprak/hava ısı eşanjörleri Avrupada "*earth cooling tubes or earth warming tubes*", Amerika'da "*earth-air heat exchangers (EAHE veya EAHX)"* olarak adlandırılır. Bu sistemler soğuk iklimlerde hava kaynaklı ısı pompası kullanan müstakil binalar için ve uygun alan olması durumunda merkezi havalandırması olan binalar için uygundur. Topraktaki enerjiden yararlanmanın diğer bir yolu da toprak kaynaklı ısı pompalarıdır. Borular serpantin şeklinde toprağa serilir veya kuyularla derinlere indirilebilir. Yine temel kazısı yapılırken kazılan alana borular serilerek değerlendirilir ise veya iksa kazıkları söz konusu olursa bunlar için PE-X boruları döşenerek maliyetler düşürülebilir.



Şekil 151: *Toprak kaynaklı ısı pompası borulaması*



Şekil 152: *Toprak kaynaklı ısı pompası borulamasına birkaç örnek*

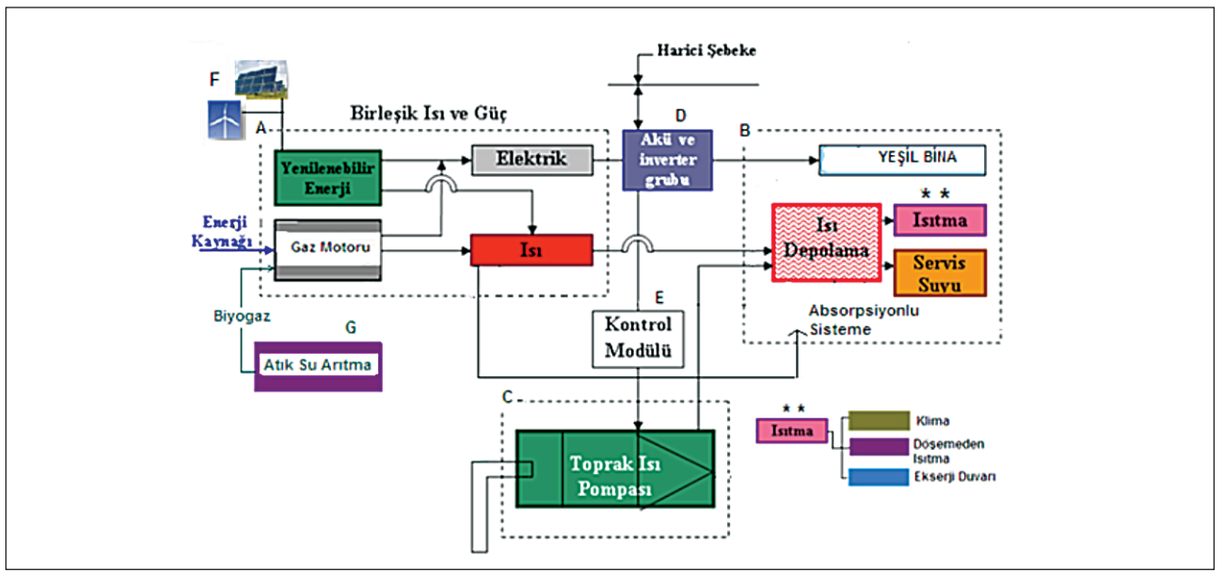
7.6.3.5 Soğutma Sistemlerinin Ön Tasarımı

Her şeyden önce soğutma yükleri edilgen (Pasif) önlemler, yalıtım, tasarruflu pencereler, enerji tasarruflu aydınlatma, doğal aydınlatma, tasarruflu cihazlar ve trafo yükünün pik yük tıraşlaması (cihaz eş zamansızlığı yaratılarak ve cihaz verimliliği arttırılarak) ve eşzamansızlık yaratılarak azaltılması sağlanmalıdır. Ayrıca soğuk depolaması da suda depolama, faz değişimli malzemede depolama, buzda-ki oda faz değişimli malzemedir- depolama olarak farklı şekillerde yapılabilir.

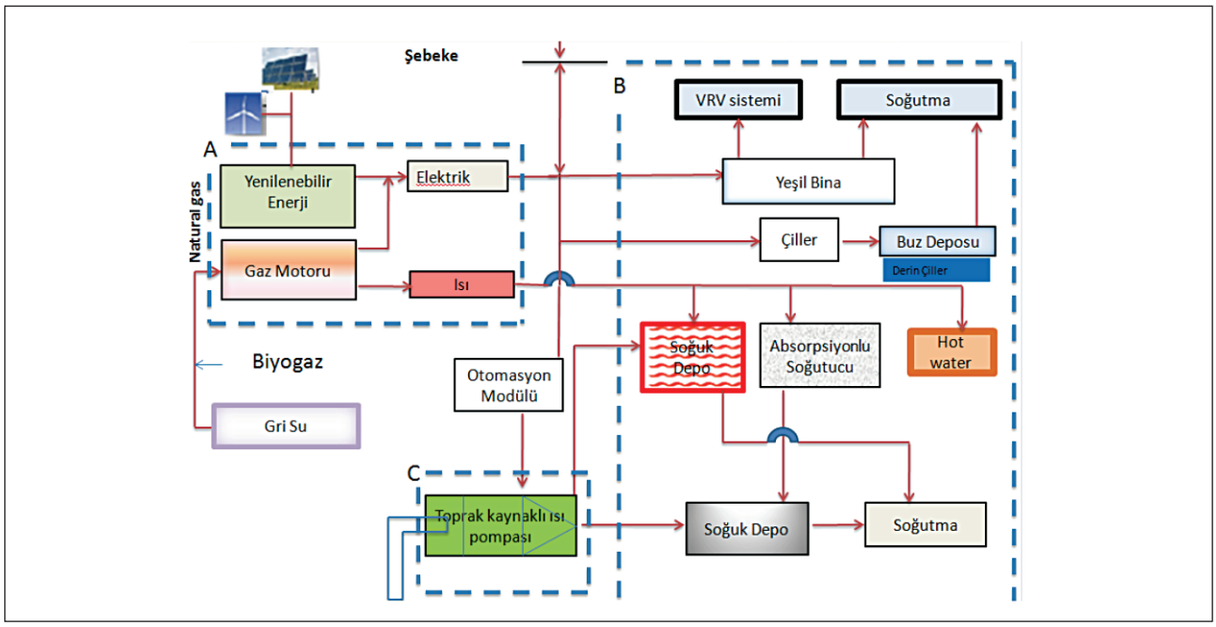
Böylelikle soğutma yükleri koşullandırıldıktan sonra soğutma yüklerinin yıl boyu saatlik değişimleri bina benzetimi ile veya hızlı kulvar (Fast Track) yöntemi ile hesaplanır. Amaç yıl boyunca her saat mümkün olduğunca elektro-mekanik ve ısıl tesisatın en yüksek verimde, en ekonomik koşullarda ve en az CO_2 salımı yapacak şekilde tasarlanmasıdır. Bu amaçla elektrik tahrikli soğutma grupları yerine birlikte ısı ve güç sistemi ile birlikte çalışan absorpsiyon ve/veya adsorpsiyonlu soğutma makineleri kullanılmalıdır. Sadece klima tasarımı yerine taze hava kanallarında gizli soğutma yükleri karşılanmalı hissedilir soğutma yükleri ise tavandan panel soğutma, döşemeden veya duvardan soğutma, soğutulmuş kiriş gibi uygulamalara öncelik verilerek kanal kesitleri ve ilgili enerji kayıpları büyük ölçüde azaltılır. Isı pompası kullanımına da öncelik verilmelidir. Hijyen-kritik kanallarda UV lambası ve gümüş iyonlu katman uygulaması yapılmalıdır.

7.6.3.6 Merkezi Havalandırma, Isıtma Sistemlerinin Ön Tasarımı

Havalandırma yükleri ilgili mevzuat çerçevesinde bina fonksiyonları, yerleşim ve işletme koşullarına bağlı olarak hesaplanır. Bu yüklerin de saatlik tabanda hesaplanması esastır. Isıtma yükleri ve sıcak su yükleri varsa buhar ve soğuk su yükleri hesaplanır. Bu yüklerin sadece miktarı değil talep sıcaklıkları da not edilir. Bu sıcaklıklara en uygun tesisat elemanları ve kapasiteleri, özellikleri seçilir. Sıcak su tasarımında Lejyoner hasatlığı riskine karşı sıcak su arzı en az 60 °C olmalıdır. Sistem ASHRAE 188 Standardına uygun olacak şekilde her hafta kontrolü yapılır ve saklanır. Şekil 153'de hibrit bir tesisat sistemin yaz modu akış şeması gösterilmiştir. Şekil 154'de ise hibrit bir tesisat sistemin kış modu akış şeması verilmiştir.



Şekil 153: *Hibrit bir elektromekanik tesisat uygulaması: Yaz Modunda*



Şekil 154: *Hibrit bir elektromekanik tesisat uygulaması. Kış modunda (Kılkış. B, 2005)*

7.6.4 Isıtma Soğutma Havalandırma Çözümlerine Enerji Sağlayacak Sistemlerin Belirlenmesi

Bina içi HVAC sistemlerine enerji temin edilmesi gerekecektir. Bu enerji ısıtma enerjisi, soğutma enerjisi ve elektrik enerjisi şeklinde olabilmektedir.

Isıtma Sistemleri aşağıdaki sistemlerden biri veya birkaçı olabilir;

a) Kazanlar,

b) Güneş kollektörleri,

c) Trijenerasyon sistemi,

d) Jeotermal enerji,

e) Hava veya su soğutmalı VRV sistemleri,

f) Isı pompaları (hava, su, toprak kaynaklı),

g) Isıl depolama (sıcak su).

Soğutma Sistemleri aşağıdaki sistemlerden biri veya birkaçı olabilir;

a) Chillerler (hava veya su soğutmalı),

b) Hava veya su soğutmalı VRV sistemleri,

c) Isı pompaları (hava, su, toprak kaynaklı),

d) Kojenerayon atık ısı, jeotermal ısı kaynakları ile beslenebilen absorpsiyonlu güneş ısıl chiller,

e) Isıl depolama (buz ve/veya sıcak su).

Elektrik enerjisi aşağıdaki sistemlerden biri veya birkaçı olabilir;

a) Şehir şebekesi,

b) Solar PV sistemleri,

c) Doğalgaz, jeotermal enerji gibi sistemlerden faydalanan kojenerasyon cihazları.

Binanın tipi, iklim şartları, binanın kullanım amacı, ilk yatırım maliyetleri ve işletmede sağlanması hedeflenen verimlilik durumuna göre bu sistemlerin birisi veya bir kaçının kombinasyonu seçilebilir. (Kılkış B. 2005)

7.6.5 Isıtma Soğutma Havalandırma Çözümleri için Kontrol Sistemlerinin Belirlenmesi

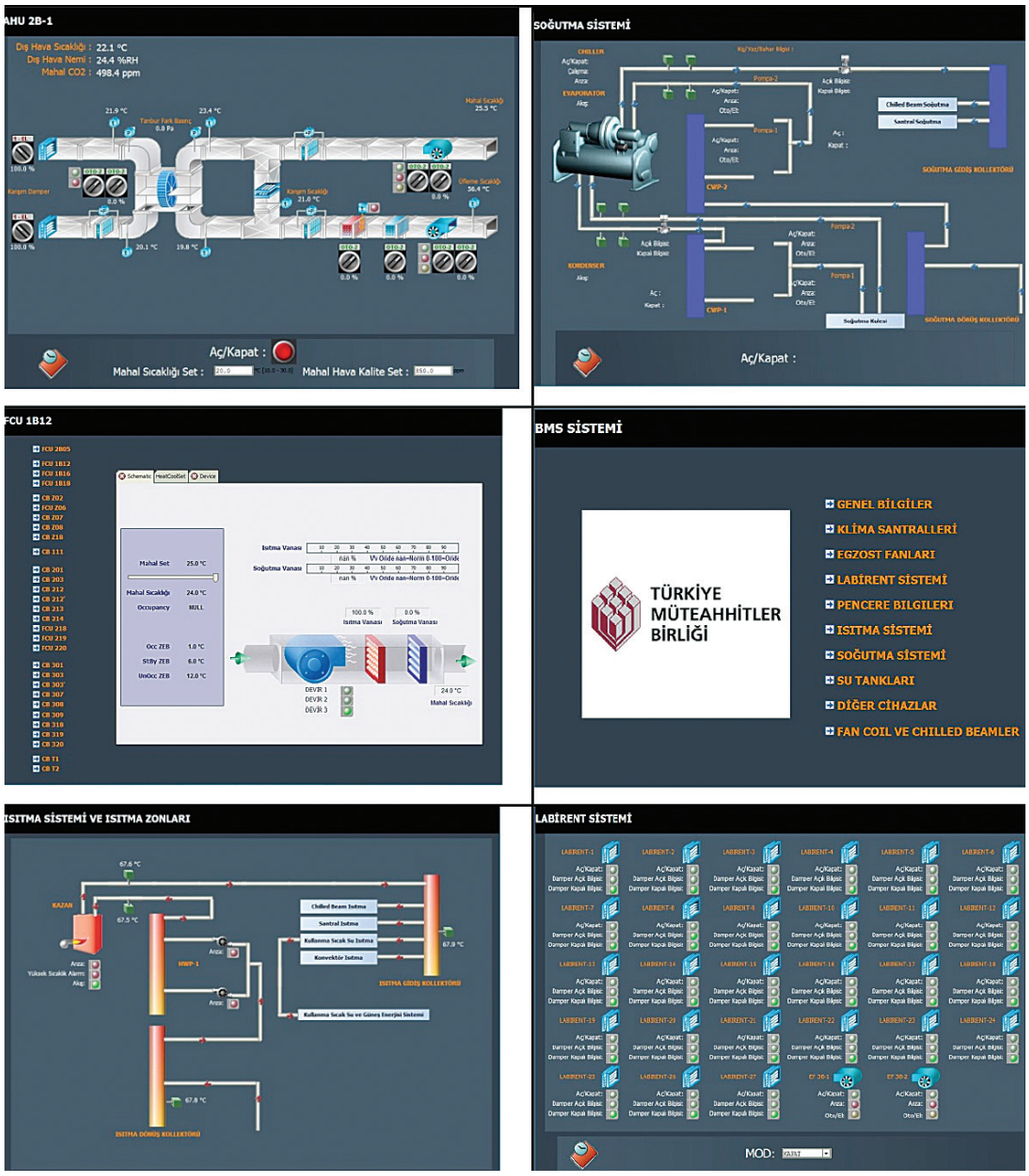
Tüm sistemleri verimli olarak yönetme konusunda Bina Otomasyon Sistemleri (BOS), önemli bir rol üstlenir. BOS sistemi, HVAC sistemlerini en uygun biçimde yönetir ve çeşitli algoritmalar ile isteklere cevap verir. BOS sistemleri orkestra şefine benzer. Bir orkestrada ne kadar yetenekli müzisyenler olursa olsun, orkestra şefi olmazsa uyumlu ve iyi bir müzik oluşamaz. Bu sistemler ile sürekli iyileştirme sağlama adına, HVAC, aydınlatma ve diğer sistemlerin harcadığı ve tasarruf ettiği enerji miktarları ölçülür, sistemlerin ve cihazların enerji verimlilikleri hesaplanır. ASHRAE verilerine göre iyi bir mantık üzerine kurulmuş bir BOS %20'ye kadar enerji tasarrufu sağlayabilmektedir. Bu husus özellikle hibrid sistemlerin kullanımında çok daha önemlidir. Isıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, kontrol, enerji izleme ve hesaplama işlemleri BOS ile optimum biçimde kontrol edilebildiği için kendisini çok kısa bir sürede amorti etmektedir. Aydınlatma, ısı kazanımına önemli etkiler yapabilir. Bu durum ısıtma durumunda bir avantaj iken, soğutma konusunda elektrik harcamasını arttırabilir. Bu etkiyi azaltmak amacı ile yüksek verimli elektronik balastlar, gündüz aydınlatması kontrol stratejileri, aydınlatma sistemini otomatik olarak kısma veya kapatma gibi önlemler alınmıştır. Su ve enerji harcama miktarları saatlik, günlük, haftalık, aylık ve yıllık olarak, BOS tarafından kaydedilir.

7.6.6 Bina Yönetimi Kontrol Sistemlerinin Belirlenmesi

Enerji denetimi ve ölçümü uygulamaları teknik özelliklerde belirtildiği gibi, enerji yönetimi ile ilgili kararların alınabilmesi için gerekli bilgileri sağlar. Enerji tasarrufunun geliştirilmesi adına temel yük miktarı hesaplanır ve bu bilgi kullanılarak yan harcamalar azaltılabilir. Bu amaçla enerji analizörleri, sıcaklık ve basınç sensörleri, elektronik kalorimetreler, elektronik gaz ve su ölçüm cihazları ve hava kalitesi ölçüm cihazları kurulur ve BMS'ye bağlanır. Bu cihazlardan gelen bilgiler ile cihaz ve sistem verimlilikleri, enerji sarfiyatı ve su sarfiyat miktarları hesaplanır. Bu şekilde, sistemlerden gelen tüm bilgiler incelenerek tasarruf potansiyelleri belirlenir ve buna yönelik önlemler alınabilir.

HVAC sistemlerinin enerji verimliliğini arttırma amacı ile BOS sistemi belli zamanlarda bu sistemleri devreye alır veya devreden çıkarır. Bu yaklaşım enerji etkinliği sağlarken aynı zamanda personelin konforunu ve üretkenliğini de arttırır. Sorun giderme, izleme, enerji ölçümü, verimlilik hesaplamaları, tesisin optimizasyonu BOS tarafından yapılır ve gerekli personel sayısı da bu sayede minimumda tutulur. HVAC sistemindeki cihazları BOS ile kontrol edebilmek için bu cihazlar kullanılan BOS protokolüne uygun olarak seçilmelidir (BacNet, Lonwork, MBus gibi).

Sıcaklık sensörleri, CO_2 sensörleri, CO sensörleri (Otopark için) veya meşguliyet sensörü gibi HVAC kontrolü için kullanılan sensörler, düzenli olarak arızalara karşı kontrol edilmelidirler. Isıtma veya soğutma sistemlerinin yanlış zamanlarda açılıp kapanmasına sebebiyet veren sensörler hem binanın genel konfor derecesini düşürür hem de enerji israfına yol açarlar. Çalışmakta olan fakat kullanıcıların ihtiyaçlarına göre ayarlanmamış olan kontrol sistemleri, kullanıcılar tarafından devre dışı bırakılabilirler. Bu durumda bu sistemler işlerini yapamadıkları için enerji israfı olur.



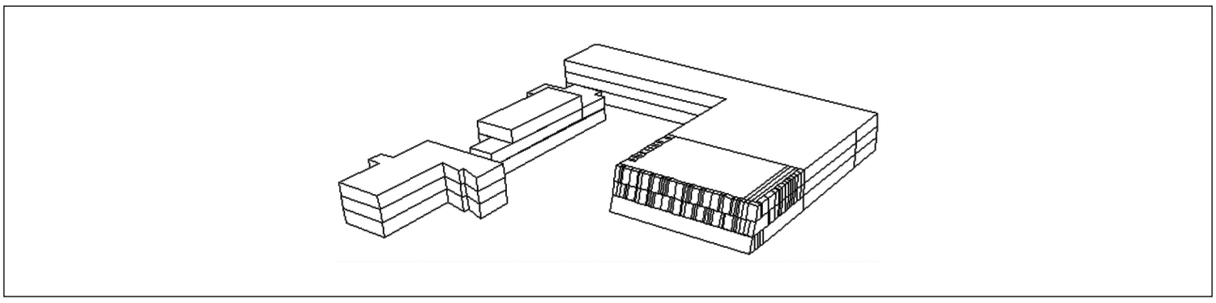
Şekil 155: *Bina otomasyon sistemi ekran görüntü örnekleri*

Sensörlerin kalibre edilmesi konusunda hem sensörün kendisinin hem de kontrolcü ile arasındaki iletişimin kalibre edilmesi büyük önem taşır. Örnek olarak, bir sıcaklık sensöründen gelen sıcaklık bilgisi birkaç derece bile yanlış olsa, HVAC sisteminin boşa enerji harcamasına ve böylece gereksiz yere masrafların artmasına sebep olur. Sensörlerin senede bir defa kalibre edilmeleri tavsiye edilir. Sensör kalibrasyonu konusunda kılavuzları olan veya kalibrasyon konusunda eğitim veren organizasyonlar vardır. Ayrıca TESTO Laboratuvarı gibi sensör kalibrasyonu yapan özel laboratuvarlar da bulunmaktadır.

7.6.7 Detaylı Enerji Simülasyonların Yapılması

Adım 1: Geometri

Yeni veya mevcut bir binada, iç mahal konforunu sağlamak, ekipman boyutlandırması yapmak ve enerji talebi belirlemek için bina simülasyonu, meslek adamlarının değişik ısıtma/soğutma alternatiflerini karşılaştırma

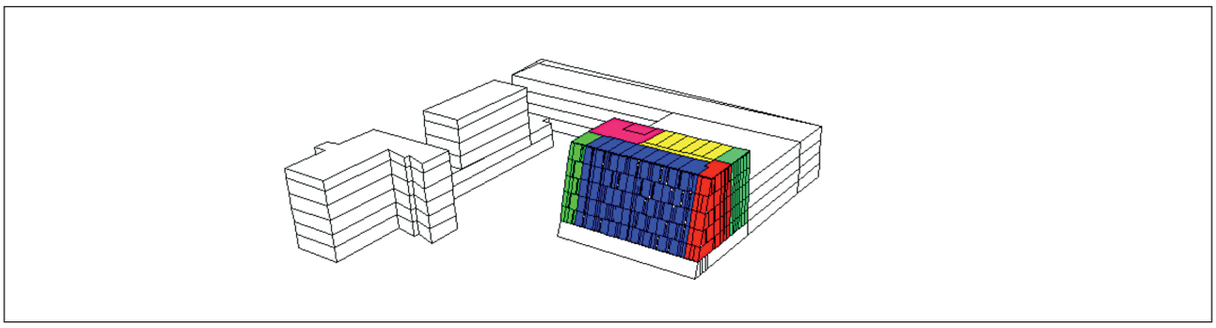


Şekil 156: *Binanın üç boyutlu modelinin oluşturulması*

olanağı veren ve değişik cephe tasarımı yapmaya olanak sağlayan bir süreçtir. Öncelikle gerek duyulan; bir 3D modelleme yapabilmek veya bir CAD dosyası import edebilmek için binanın planlarıdır.

Adım 2: Zonlar

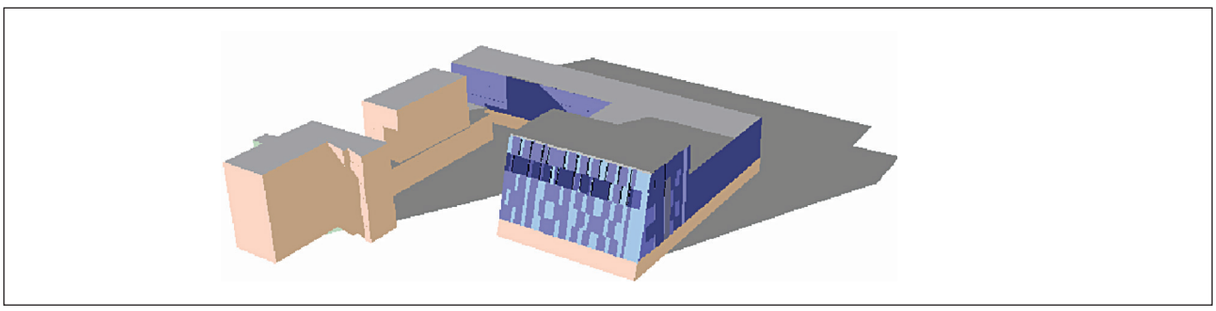
Binanın 3D modelini yarattıktan sonra zonları grafik olarak oluştururuz. Bir zon, bir ofis, bir daire, bir giriş holü, ya da bir alışveriş alanı olabilir ve buraların iç koşulları, mekanların kullanım saatleri ve büyüklükleri ile kulllanım hava değişimleri belirlenmelidir.



Şekil 157: *Üç boyutlu modele göre zonlamaların yapılması*

Adım 3: 3D Model ve gögeleme durumu

Bundan sonra, doğrudan ve dağınık radyasyonun hesaplanması için yılın her saatine göre bina yerleşimi, çevredeki binalar ve ufuk çizgisi dikkate alınarak binanın bir gölgeleme simülasyonu yapılır.

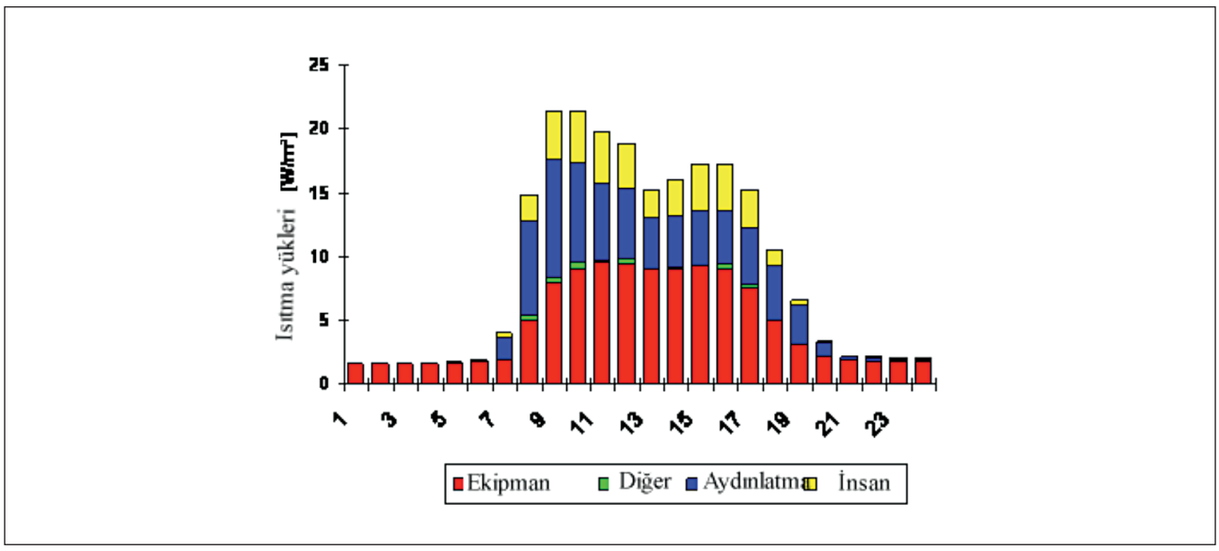


Şekil 158: *Gölgeleme simülasyonu*

3D simülasyon modelimiz, gerçekçi biçimde fiziksel dünyayı temsil eder. Doğal hava akışını ve bina yapısından gün ışığı geçişini tahmin edebilir binanın dinamik tepkisini belirleyebiliriz. Isıl kütlenin etkin kullanımı, güneşten korunma ve doğal ya da karışık mod havalandırma rejimlerinin hepsi, bütüncül bir simülasyonda görülebilir. Pencerelerin açılması, güneş kontrollerinin kullanımı, meskun mahal ve dış iklime göre bir dizi performans parametresine göre programlanabilir.

Adım 4: İç koşullar/Isıtma yükleri

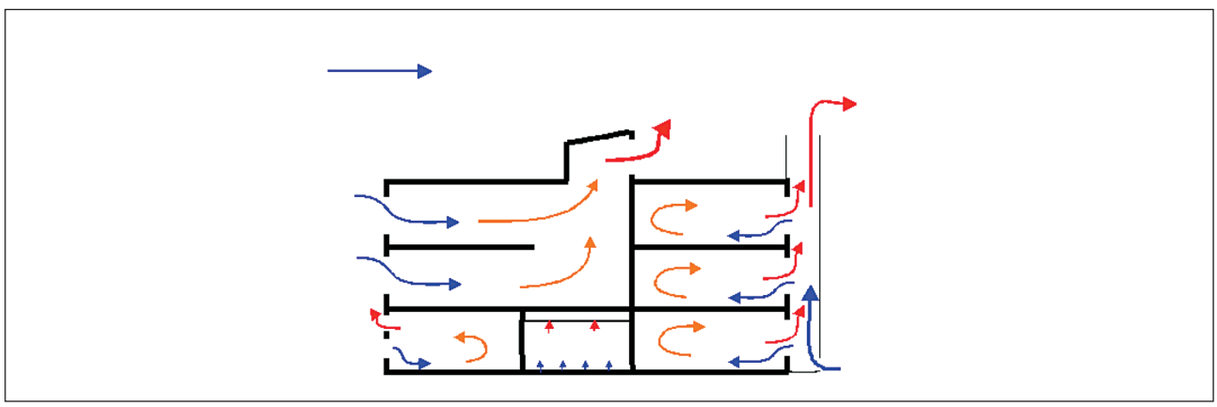
Bir binayı etkileyen iç koşullar belirlenir ve bir binadaki insan sayısı, değişik günler, kullanım saatleri, mekanlar gibi farklı durumlara göre bir takvim oluşturulur.



Şekil 159: *İç koşullardan kaynaklanan ısıtma yükleri*

Adım 5: Pencereler, çatı pencereleri ve çift camlı cepheden doğal havalandırma

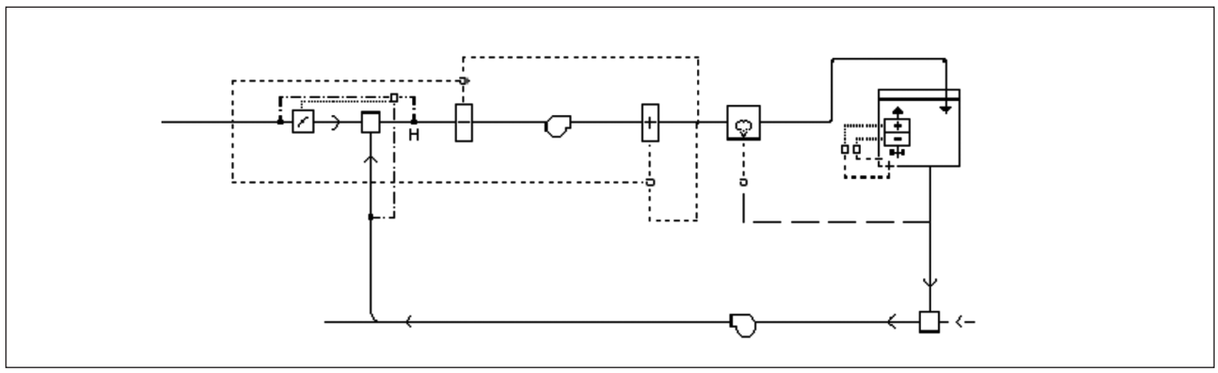
Dünya genelinde 2500'den fazla kayıtlı hava durumunu belirlemeye yarayan istasyona ulaşılmış durumdadır. Bunlardan elde edilen veriler güneş radyasyonu saatlik değerleri, sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve yönüdür.



Şekil 160: *Genel doğal havalandırma grafiği*

Adım 6: Bir havalandırma sistem şeması

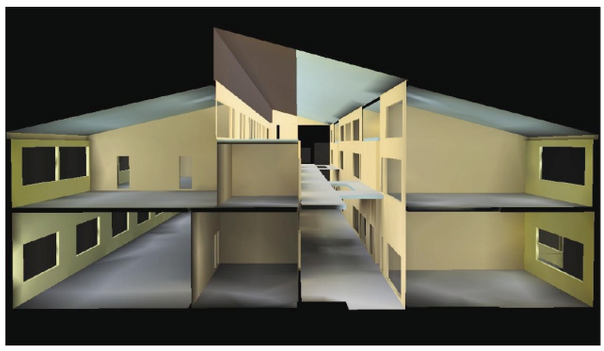
Bileşen kütüphanesinden seçilen simgelerle bir sistem diyagramı oluşturulur. Bu basit süreç, sistem ve kontroller için bir simülasyon modeli oluşturur. Binanın ve tesisin birleşik simülasyonu ekipman büyüklüklerini, hava debilerini, ekipman ve tesis bağlamında enerji tüketimini otomatik olarak verir. Fanlar, chillerler, kazanlar gibi kısmi yük karakteristiklerinin açıklamaları yapılabilir.



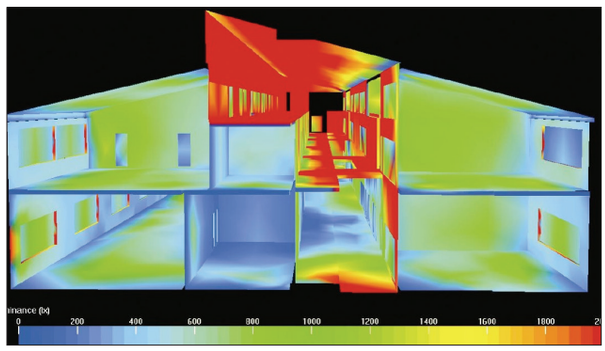
Şekil 161: *Havalandırma sistem diyagramı*

Adım 7: Aydınlatma

Simülasyon modeli günışığı analizine de uygulanır. Radyasyon hesapları için hazırlanmış üçgen haldeki ızgara yapısına sahip değişik konstrüksiyon ve cam türleri de eksport edilebilir. Gökyüzü koşulları belirlenerek, bina herhangi bir tarih ve zamanda dünyanın herhangi bir yerine yerleştirilir.



Şekil 162: *Bir aydınlatmna simülasyonu model fotoğraf örneği*



Şekil 163: Yüzeylerdeki günışığı düzeylerini gösteren aydınlatma modeli

Aydınlatma simülasyonu bittiğinde sadece bir görünüş değil bütün binaya ait fotoğraf kalitesinde bir model oluşturulur. Bu model, her hangi bir konumdan görüntülenebilir. Günışığı analizi, her hangi bir iç yüzeydeki gün ışığı düzeylerini belirlemek üzere mahallere göre de yapılabilir.

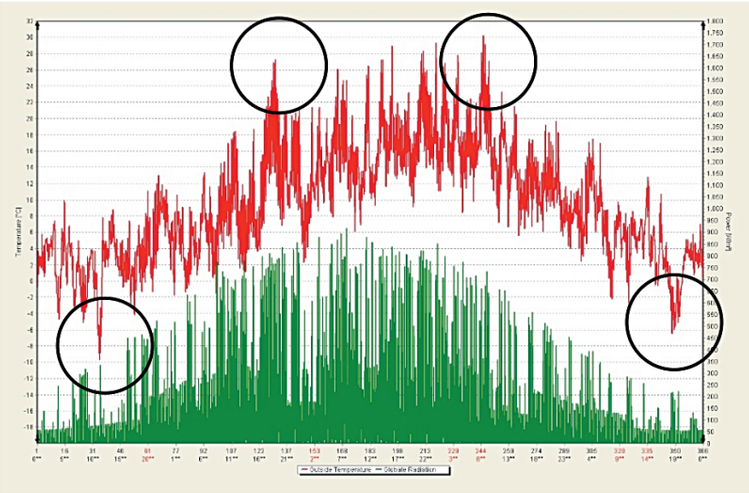
Aydınlatma lüks düzeyleri sınır çizgileri veya renkli harita görünümü ile verilebilir.

Sonuçlar

Isıtma ve soğutma yüklerinin belirlenmesi mühendisin önemli görevlerindendir. Değişik ısıtma ve soğutma stratejilerinin yararlarını karşılaştırmak için simülasyon kullanılır. Simülasyon ile fan-coil veya VAV sistemleri de dahil olmak üzere yer değiştirme havalandırması, soğuk tavanlı mahallerde taze havanın döşemeden verildiği daha yeni sistemler de analiz edilebilmektedir.

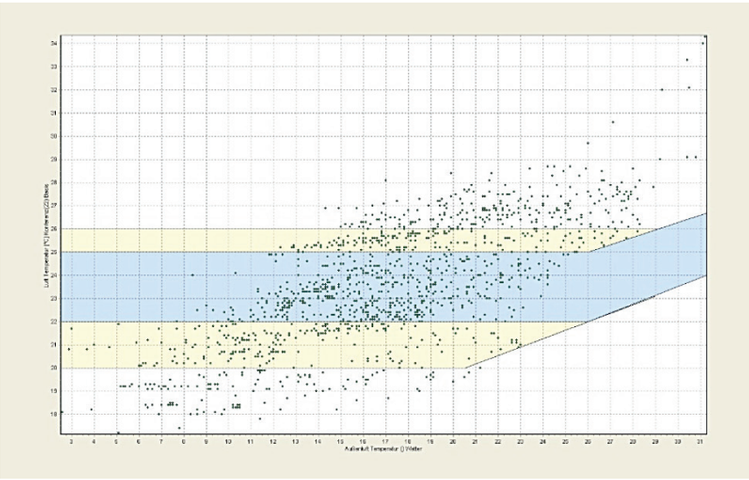
Öncelikle aşırı yaz ve kış performanslarını belirlemek için tipik hava koşulları araştırılır.

Adım 1: Tipik yaz ve kış durumlarını gösteren diyagram T



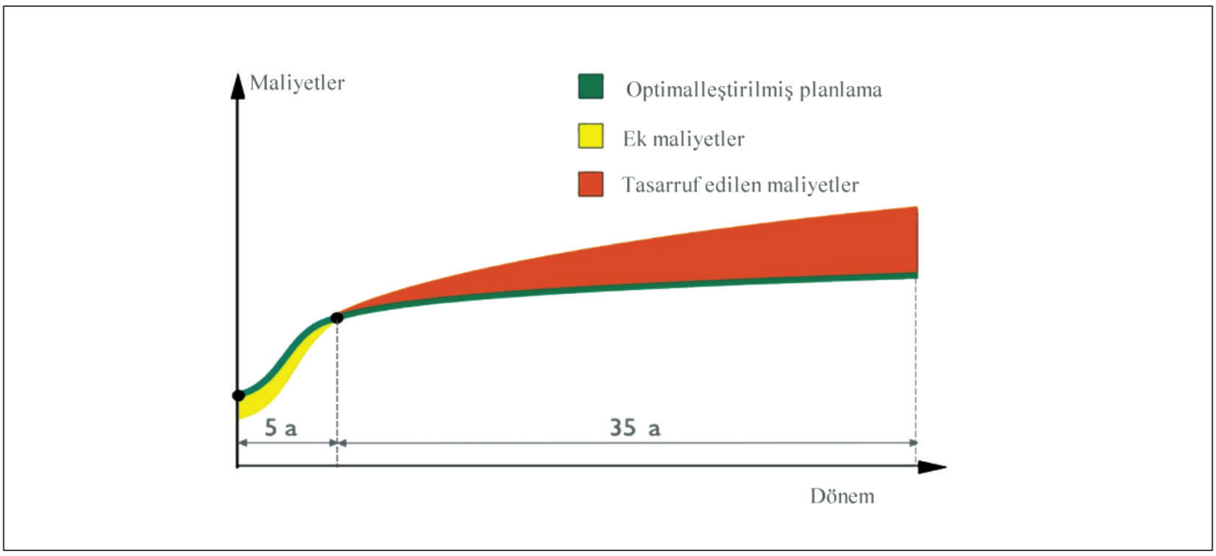
Şekil 164: *Yeşil çizgiler: Güneş radyasyonu (W/m²)*
Kırmızı çizgiler: Dış sıcaklık (°C)

Adım 2: Konfor aralığını gösteren grafik



Şekil 165: *Mavi bölgenin içinde en iyi konfor olduğu garanti edilir. Sarı bölgenin içinde konfor oldukça iyi durumdadır. Renkli bölgenin dışında sıcaklıklar çok yüksek veya çok düşüktür.*

Konfor dış (x ekseni) ve iç (y ekseni) sıcaklığa bağlıdır. Her işaret ölçülen bir değeri ifade eder. Bu diyagram, yılda 250 saatten fazla konfor zonunda kalışı göstermektedir. Birçok gün boyunca, sıcaklık dış mahal sıcaklığından 8 °C'ye kadar yüksektir. Burada gölgelemenin yeterli olup olmadığı fazladan, soğutma sistemine gerek olup olmadığı kontrol edilir.



Şekil 166: *Konfor dış (x ekseni) ve iç (y ekseni) sıcaklığa bağlıdır*

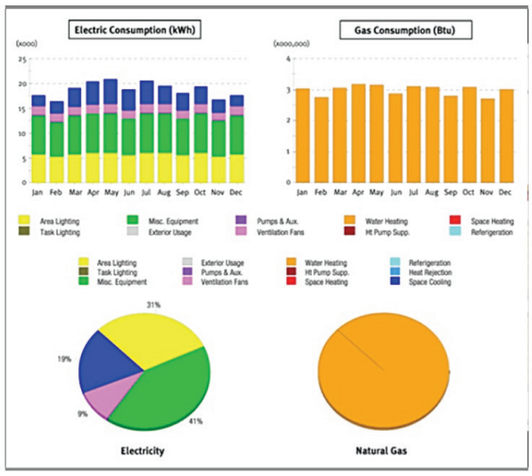
Adım 3: Simülasyon sonrasında maliyet ve zaman aralığını gösteren grafik

Bütüncül planlamanın yararları parasal tasarruf sağlamak üzere son derece geniştir. Simülasyon için harcanan ek bedeller, elde edilen tasarruflarla ortalama 1-3 yıl gibi kısa sürede karşılanır.

Komple bina seviyesinde enerji performansına bakarken, esas ilgi konusu ısıl performanstır. Isıl performans tipik olarak şu iki nedenden birisi için hesaplanır: Bunlar mekanik ekipman büyüklüklerini belirlemek ve seçmek veya bir yapının yıllık enerji tüketimini tahmin etmektir. Tasarımcıların kararları, genellikle performans standartları tarafından oluşturulan prosedürler ve algoritmalara dayalı olarak, gerekli HVAC ekipmanını belirleyen tepe ısıtma ve soğutma sezonu yüklerini hesaplayan boyutlandırma programlarına dayanır. Binanın enerji performansını değerlendirirken tasarımcılar, yıllık bina enerji tüketimini enerji birimleri (örneğin btu, kWh gibi), mali gider veya çevresel etki cinsinden tahmin eden enerji modelleme yazılımı kullanırlar. Bu iki hesaplama türü birbirini dışlamaz. Yıllık enerji tüketiminin belirlenmesi için mevsimlik, bina yüklerinin (ısıtma-soğutma) bilinmesini gerektirir.

Binanın enerji modeli, fiziksel olarak binanın kendisi gibi, aynı anda birbiriyle etkileşim içinde olan çok sayıda fiziksel süreci içeren karmaşık bir sistemdir. Bu süreçlerin benzer ısı gerekleri doğuracak biçimde hareket etmesi halinde, oluşan bölgeye "ısıl bölge" denir. Bir binadaki bölge sayısı, bina büyüklüğü, biçimi, yönelimi, kullanımı, sakinlerinin programları dahil olmak üzere çeşitli faktörler tarafından belirlenir. Bu faktörler aynı zamanda ve fiilen her bölgenin yükünün hesaplanmasına katılabilecek enerji kaynaklarını, binayı konforlu tutmak için gereken saatlik ısı giderme (veya arz) oranını da kapsar. Her bölge için saatlik pik ısıtma ve soğutma yüklerine dayalı olarak ve aynı zamanda programın karmaşıklığı ile bölgeler arasındaki etkileşimlere bağlı olarak, binanın mekanik ekipmanı seçilir. Seçilen ekipman tarafından bina yüklerini desteklemek için gerek duyulan enerji miktarı hesaplanır. Yerel elektrik şirketi ve yakıt tarife bilgileri kullanılarak saatlik maliyetler hesaplanır. Bir yıllık süre için toplam değer ortaya çıkarılarak, yıllık performansa ilişkin rakamlar elde edilir.

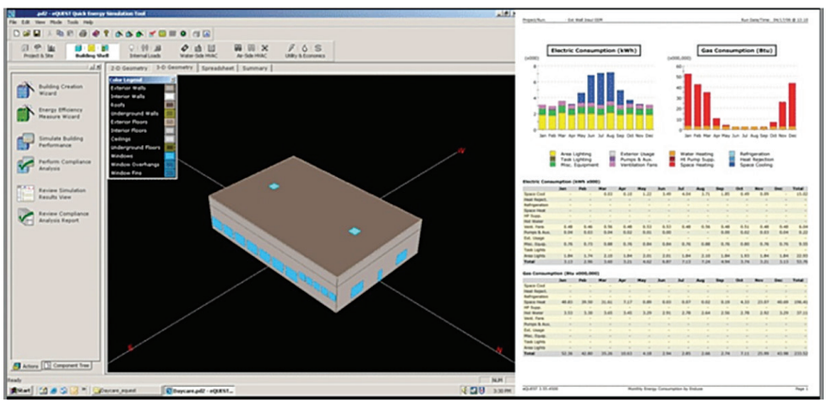
Şekil 174'de yer alan çizelgelerde bina enerji modelleme yazılımı girdilerine dayalı olarak verilerin bir örneklemini sağlar. Elektrik (kWh) ve gaz (btu) tüketimini ortaya koyar. İlave olarak her tüketim kaynağını aydınlatma, ekipman, ısıtma ve soğutmaya göre dökümlendirir.



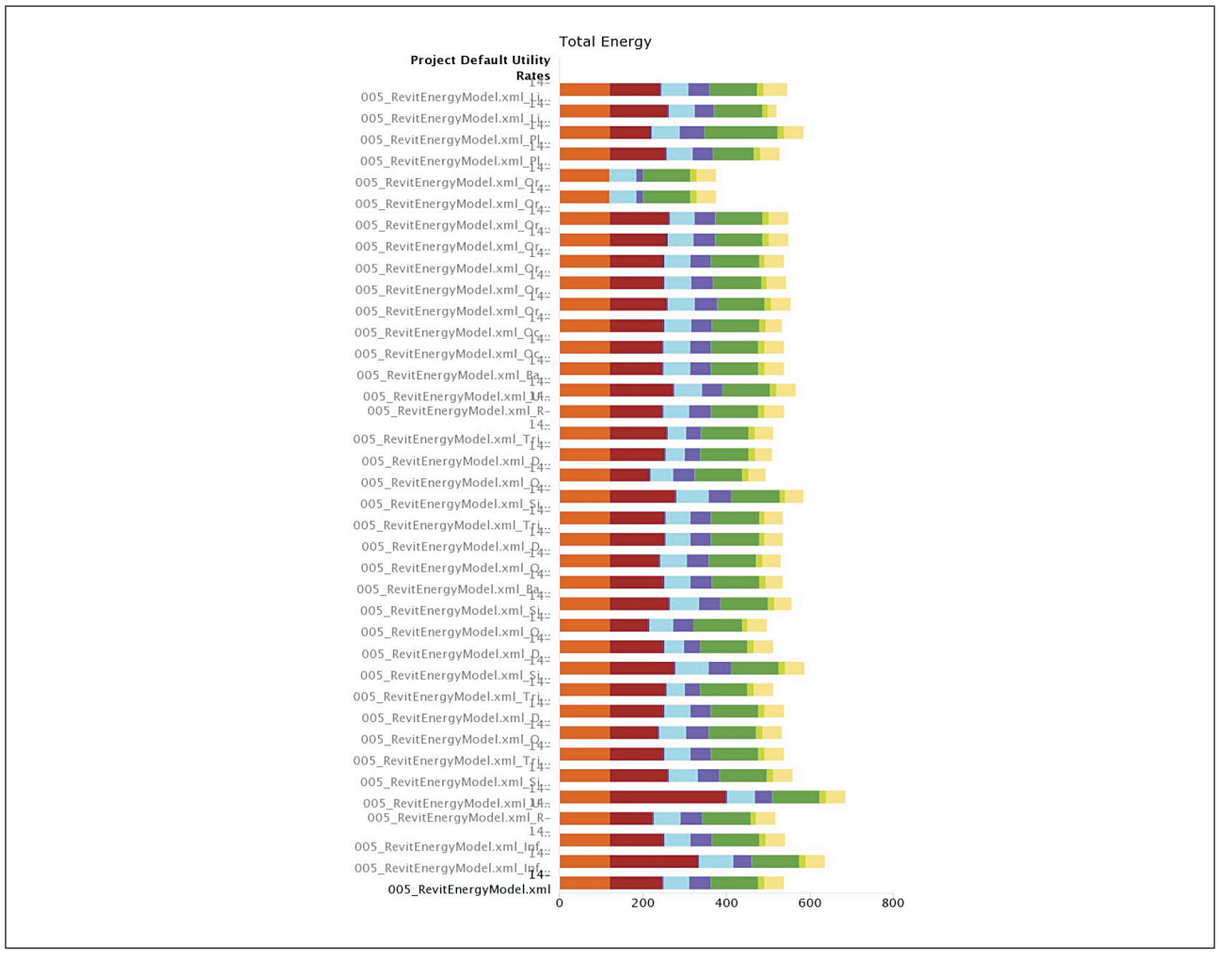
Şekil 167: *Bina enerji modelleme yazılımı girdilerine dayalı olarak verilerin bir örneklemi*

Adım 4: Toplam Enerji

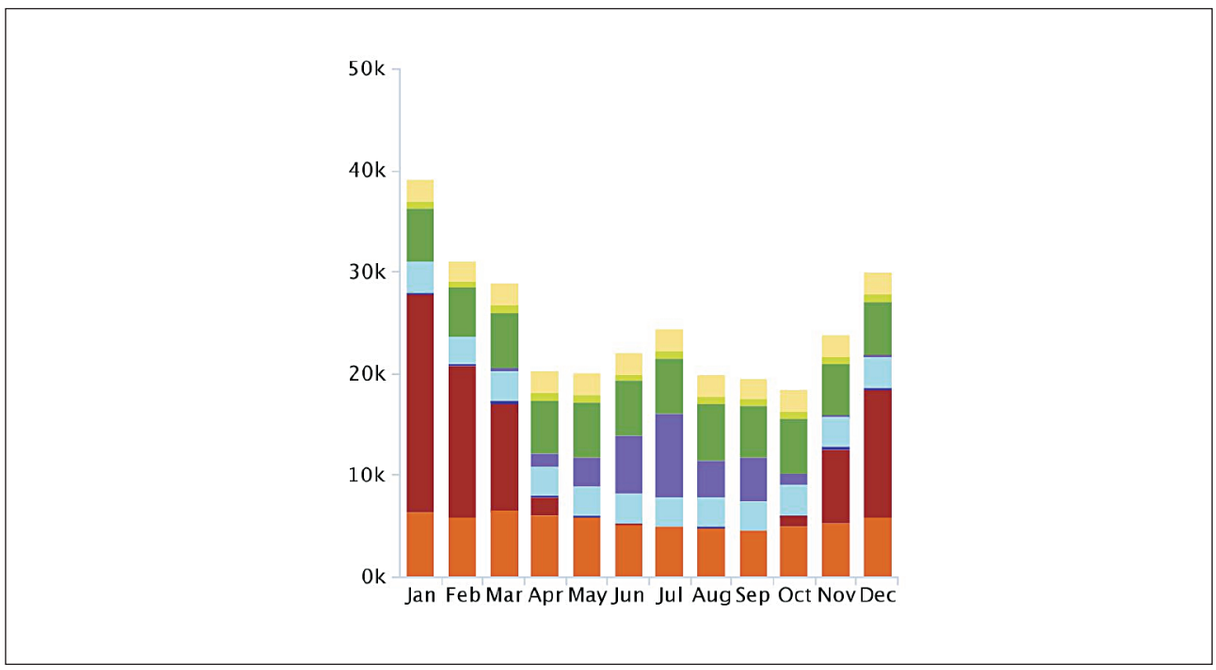
Enerji simülasyonu tamamlandığında yapılan hesaplamalar sonucunda binanın enerji tüketimlerine ve maliyetine dayalı istatistiksel, grafiksel veriler ortaya koyabilmektedir. Şekil 169'a göre örnek olarak Maliyet, Enerji ve Enerji kullanımı endeksinde yıllık veriler yer almaktadır.



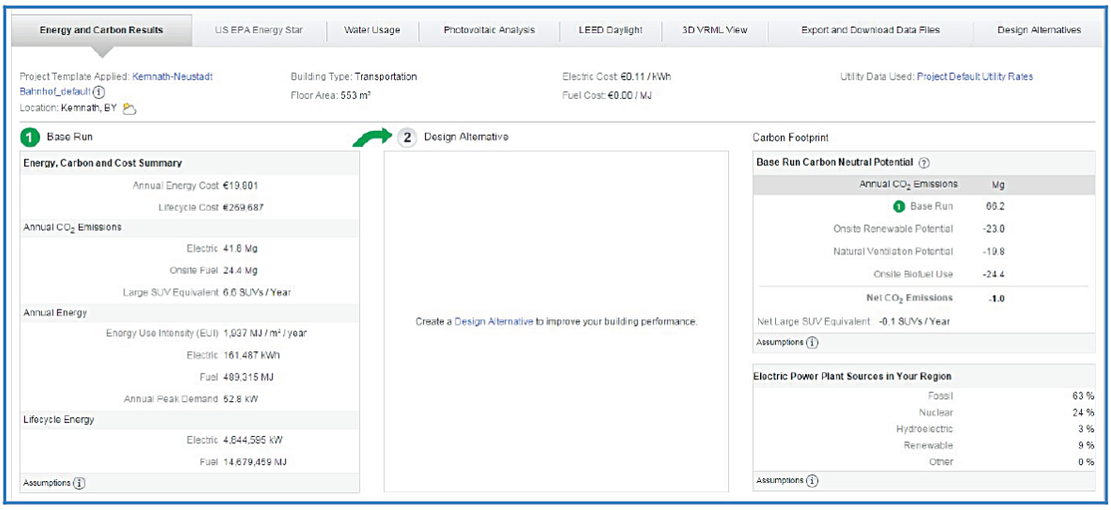
Şekil 168: *Binanın genel aydınlatması, bina kabuğu, ekipman, mekan soğutma/ısıtma, havalandırma fanları, yardımcı pompalar ve sıcak suyuna dayalı olarak toplam enerji, elektrik ve yakıta (doğal gaz) dayalı olarak Maliyet ve enerji üzerine yıllık veri, & EUI (Energy Utilization Index)*



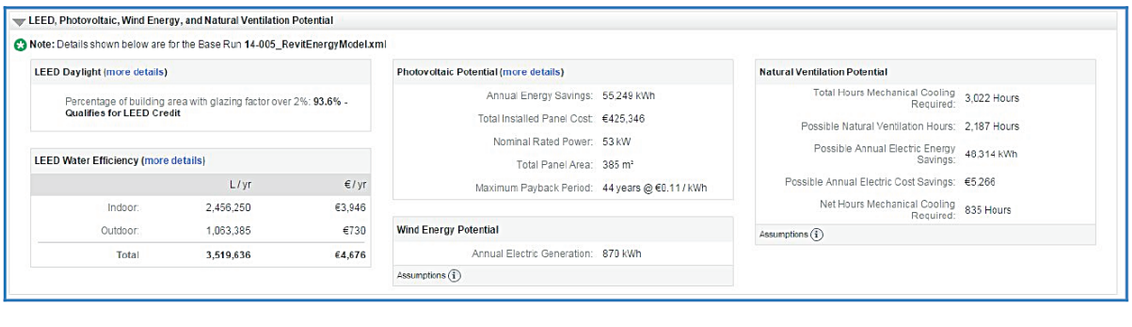
Şekil 169: *Toplam Enerji: Toplam enerji; elektrik ve yakıt (doğal gaz), bina alanı, dış kabuk, teçhizatlar, ısıtma-soğutma, havalandırma fanları, yedek pompalara ve sıcak suya dayanır.*



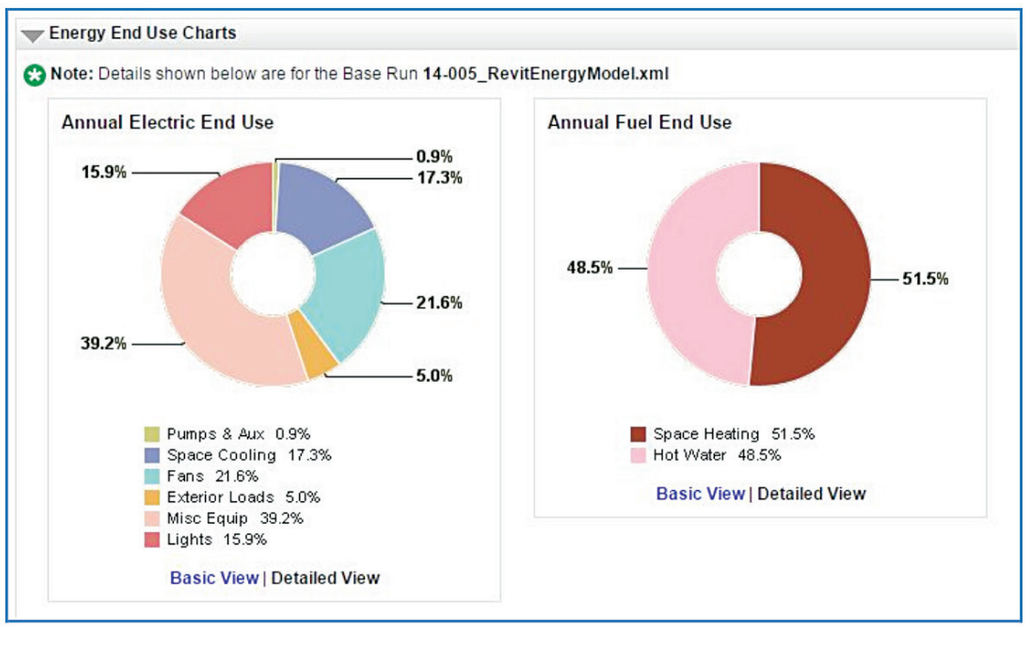
Şekil 170: *Aylık Elektrik Kullanımı*



Şekil 171: *Energy, Carbon, & Costs Summary*



Şekil 172: *PV, Rüzgar enerjisi ve doğal havalandırma potansiyeli*



Şekil 173: *Energy End Use Charts*

7. Bölüm Kaynaklar

Davis Langdon LLP (2009). Designing out waste: a design team guide for buildings. Oxon: WRAP

Ecofys (2009), Methodology for the free allocation of emission allowances in the EU ETS post 2012: Sector report for the mineral wool industry, http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/allocation/docs/bm_study-mineral_wool_en.pdf

EPD Türkiye (2014), Yapı malzemeleri EPD belgeleri, www.epdturkey.org

Filiatrault, A. (2014), http://mceer.buffalo.edu/research/Nonstructural_Components/

Metsims Sustainability Consulting (2014), Türkiye Yaşam Döngüsü Envanter Veri Tabanı: Yapı malzemeleri, gömülü enerji ve karbon verileri, Yayınlanmamış.

Pargana, N. G. S. C. (2012) Environmental impacts of the life cycle of thermal insulation materials of buildings, Masters Thesis, Technico Lisboa

Sürdürülebilir Üretim ArGe ve Tasarım Merkezi (2014), Türkiye EPD Veri Tabanı, EN 15804 uyumlu EPD belgeli yapı malzemeleri

The International EPD System, (February 2014). PCR for Buildings, http://environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=5950#.U2Z7o16bqao

Thormark, C. (2002). A low energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. Building and environment, 37(4), 429–435

Laying of recycled aggregates: crushed concrete, 2015, http://www.maydencroft.co.uk

Enviroblock, produced from secondary and recycled materials 2015, http://www.aggregate.com

Natural Ventilation in Non-domestic Buildings, CIBSE Guide, Applications Manual, AM10, 1997.

Brelih, N., Seppanen O., vd.,2013, “Design of energy efficient ventilation and air conditioning system”, Romania.

Seppanen O., Wargocki, P., 2006, “Indoor Climate and Productivity in Offices”, Rehva Guidebook no 6: , Brussels.

ASHRAE Green Guide, 2006, “The Design, Construction, and Oeration of Sustainable Buildings”, Elsevier, New York.

Kraus, W.D., 1989, “Die Auswand; Eine Bauphysikalische Analyse, Karl Kramer Verlag, Stutgart/Zürich.

Stoecker, F. W. and Jones, W. J., 1982, “Refrigration and Air Conditioning”,

Mc. Graw Hill Book Co., Singapore.

ASHRAE Fundamentals Handbook 1997, Air Flow Around Buildings, Chapter 15.

Çakmanus, İ.., Özbalta, T., 2009, “Binalarda Sürdürülebilirlik”, Doğa Yayınları,İstanbul

Anon (2010), IEA, Daylight in Buildings, Report IEA SHC Task 21, Washington.

ASHRAE Fundamentals Handbook 1997, Air Flow Around Buildings, Chapter 15.

ASHRAE Green Guide, 2006, “The Design, Construction, and Oeration of Sustainable Buildings”, Elsevier, New York.

BEP-TR (2010), Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemi, Ek 05-Aydınlatma, 07 Aralık 2010 Perşembe, Resmi Gazete, Sayı: 27778, 201.

Brelih, N., Seppanen O., vd.,2013, "Design of energy efficient ventilation and air conditioning system", Romania.

Çakmanus, İ.., Özbalta, T., 2009, "Binalarda Sürdürülebilirlik", Doğa Yayınları,İstanbul

Davis Langdon LLP (2009). Designing out waste: a design team guide for buildings. Oxon: WRAP

Ecofys (2009), Methodology for the free allocation of emission allowances in the EU ETS post 2012: Sector report for the mineral wool industry, http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/allocation/docs/bm_study-mineral_wool_en.pdf

EN 12464 (2013), Light and Lighting of Workplaces: Part1-Indoor Workplaces., CEN/TC 169, European Committee for Standardisation, 2013.

Enviroblock, produced from secondary and recycled materials 2015, http://www.aggregate.com

EPD Türkiye (2014), Yapı malzemeleri EPD belgeleri, www.epdturkey.org

Filiatrault, A. (2014), http://mceer.buffalo.edu/research/Nonstructural_Components/

Kraus, W.D., 1989, "Die Auswand; Eine Bauphysikalische Analyse, Karl Kramer Verlag, Stutgart/Zürich.

Laying of recycled aggregates: crushed concrete, 2015, http://www.maydencroft.co.uk

Mc. Graw Hill Book Co., Singapore.

Metsims Sustainability Consulting (2014), Türkiye Yaşam Döngüsü Envanter Veri Tabanı: Yapı malzemeleri, gömülü enerji ve karbon verileri, Yayınlanmamış.

Natural Ventilation in Non-domestic Buildings, CIBSE Guide, Applications Manual, AM10, 1997.

Özkaya, M. (2004), Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi, 2004.

Pargana, N. G. S. C. (2012) Environmental impacts of the life cycle of thermal insulation materials of buildings, Masters Thesis, Technico Lisboa

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

SLL (2012), The SLL lighting handbook, Society of Lighting and Lighting (SLL), London: Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE).

Stoecker, F. W. and Jones, W. J., 1982, "Refrigration and Air Conditioning",

Sürdürülebilir Üretim ArGe ve Tasarım Merkezi (2014), Türkiye EPD Veri Tabanı, EN 15804 uyumlu EPD belgeli yapı malzemeleri

The International EPD System, (February 2014). PCR for Buildings, http://environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=5950#.U2Z7o16bqao

Thormark, C. (2002). A low energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. Building and environment, 37(4), 429–435

TS-EN 12464, (2013), Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları, Türk Standartarı Enstitüsü.

Url-1 < http://www.dial.de/DIAL/en/dialux.html>, alındığı tarih: 19.10.2014.

Yener A. K. (2007), Binalarda Günışığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler, 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, pp: 231- 241

Yener A. K. , Uyan F. (2011), Yeşil Binalarda Aydınlatma, Yeşil Bina Dergisi, Sayı: 9.

Yılmaz F.Ş., Yener A.K. (2013), Aydınlatma Tasarımında Görsel Konfor, Enerji Performansı ve Çevresel Etki Değerlendirmesi, 2013, 7. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir.

Yılmaz, F. Ş. (2014). Sürdürülebilir Çevre için Mimari Aydınlatma Sistemi Tasarımında Kullanılabilecek bir Yaklaşım. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Günel, M.H., Ilgın, H.E. ve Sorguç, A.G., 2007, Rüzgar enerjisi ve bina tasarımı, Odtü Mimarlık Fakültesi Basım İşbirliği, 1.baskı, 45-66 s.

Erengezgin, Ç., 2001. Enerji, Yayınlanmamış Notlar <www.erengezgin.net>.

Utkutuğ, G., 2000, Yeni binyıla girerken sürdürülebilir bir gelecek için ekolojik ve enerji etken hedefler ile bina tasarımı ve işletimi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Verimliliği Kongresi Bildiri Kitabı, 148 s.

Roaf, S., 2007, Ecohouse:a design guide, 3.edition, Elsevier Press, 37;175-192 p.

Yeang, K., 2009a, Ken Yeang: Eco masterplanning, John Wiley&Sons Published, 171-185 p.

Yeang, K., 2009b, Ken Yeang: Eco skyscrapers, I.Richards (Ed.), İmages Publishing, 136-139 p.

URL-8, http://virtualtour.nlb.gov.sg/static/abt_archi.htm (15.08.2010)

URL-9, www.greencleaningideas.com/2009/08/eco-architecture-triangular-skyscraper-designed-with-vegetated-mini-atriums/ (16.07.2010)

URL-10, www.billythekidney.org/pics/lightshaftbattlo.jpg (16.07.2010)

URL-13, www.architecture.uwaterloo.ca (15.07.2010)

URL-17, www.epia.org/solar-pv/how-does-pv-work.html (04.07.2010)

Roberts, S. and Guariento, N., 2009, Building integrated photovoltaics: a handbook, Birkhäuser Verlag AG, 11-12, 45 p.

Çelebi, G., 2002, Bina düşey kabuğunda fotovoltaik panellerin kullanım ilkeleri, Gazi üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 17, No 3, 17-33 s.

Öztürk, H., 2008a, Güneş enerjisi ve uygulamaları, Birsen Yayınevi, 4 s.

Öztürk, H., 2008b, Yenilenebilir enerji kaynakları ve kullanımı, Teknik Yayınevi, 14-23; 25-26; 162 s.

Probst, M.M. and Roecker, C., 2007, Towards an improved architectural quality of building integrated solar thermal systems (BIST), Solar Energy, 81, 1104-1116 p.

URL-20, www.nobesol.com/img/es6ta.jpg (06.07.2010)

URL-22, http://leso.epfl.ch/e/research_renew_im8.html (10.05.2010)

Britannica, 2008, Energy and movement, Illustrated Science Library Books, 50-51 p.

8. İNŞAAT ATIK YÖNETİMİ

8.1 Türkiye'de Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Verisi

Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde inşaat sektörüyle ilgili oluşan atık miktarı senelik 850 milyon ton (Eurostat, 2010) civarındadır. AB Komisyonu için hazırlanan bir çalışmada (EU Commission, 2011), AB'de toplam inşaat ve yıkıntı atığı miktarının senelik 309 ile 697 milyon ton arasında olduğu, ancak hafriyat toprağı da eklendiği zaman bu miktarların senelik 1.346 milyon ton ile 2.898 milyon ton aralığında olduğu varsayılmıştır. "Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı Uyarlama Raporu" başlıklı kitapta da açıklandığı gibi, Türkiye'de inşaat, yıkıntı atığı ve hafriyat toprağının yıllık oluşum miktarı hakkında resmi bir veri bulunmamaktadır. Ancak AB ülkelerinde oluşan toplam belediye atıklarının onda biri kadar bir miktarın Türkiye'de oluştuğu bilgisiyle (Eurostat, 2012), inşaat sektöründe oluşan atık miktarının da benzer oranda oluştuğu düşünülebilir. Bu varsayımla Türkiye'de inşaat sektöründe en az 85 milyon ton atığın oluştuğunu çıkarabiliriz. Ancak, Türkiye'de son yıllarda artan kentsel dönüşüm projeleri ve yeni inşaat projeleri göz önünde bulundurulduğunda bu miktarın minimum olarak düşünülmesinde fayda vardır. Ayrıca, yukarıda bahsedilen çalışmadaki (EU Commission, 2011) veriler göz önünde bulundurulduğu zaman hafriyat toprağının dahil edildiği bir hesaplamada miktarın 100 milyon tonu aşacağı açıkça görülmektedir.

2010-2011 İstanbul ili çevre durum raporunda belirtildiği üzere hafriyat toprağı depolama sahalarında bertaraf edilen hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atığı miktarı 2009 yılında 16 milyon ton iken, 2010 yılında 24 milyon ton seviyesine çıkmıştır (İstanbul Valiliği, 2011). İstanbul'un hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atığı verisi nüfusa oranla tüm Türkiye'ye yaygınlaştırıldığı zaman, Türkiye'de toplam hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atığı miktarının senelik 120 milyon ton seviyelerinde olduğu düşünülebilir. AB ülkelerinin birçoğunda inşaatla ilgili toplam atığın %75'ini hafriyat toprağı oluşturduğu ve geri kalan %25'lik miktarın da inşaat ve yıkıntı atıkları olduğu kabul edilmektedir (EU Commission, 2011). Aynı kabulü Türkiye için de kullanırsak senede 90 milyon ton hafriyat toprağı oluştuğu durumda, 30 milyon ton da inşaat ve yıkıntı atığı ortaya çıktığı varsayılabilir. Mevcut veri sıkıntısı daha kesin ve güvenilir sonuçlara ulaşmayı engellemektedir. Başka bir kaynakta (İzmir Ticaret Odası, 2012), "Türkiye'de yılda 125 milyon ton hafriyat bertaraf edilmektedir ve kentsel dönüşüm çalışmalarıyla birlikte bu miktarda büyük bir artış olacaktır", denilmektedir.

8.2 İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Azaltılması

Artan yeni konut-işyeri projeleri ve kentsel dönüşüm hamleleriyle atık depolama, yakın gelecek için İstanbul başta olmak üzere tüm büyükşehirlerde büyük bir sorun teşkil etmektedir. Özellikle İstanbul, Ankara ve İzmir'de kent merkezine yakın olan arazinin değerli olması yeni depolama sahalarının hizmete açılması önünde önemli bir ekonomik engeldir.

Ekonomik kaygılardan dolayı atık toplama alanlarının şehir merkezlerinden uzakta olması, çöplerin toplanması ve bu alanlara taşınmasıyla ilgili belediye hizmetlerinin layıkıyla yapılmasında yine zaman tüketimi söz konusu olmaktadır. Atık araçlarının yakıt masraflarını da arttırıcı bir neden olmaktadır. Ayrıca atık taşıma araçlarının kent içi trafiğine dahil olmasıyla; artan egzoz emisyonları, trafik problemi, taşıma maliyeti gibi yeni sorunlar ortaya çıkmaktadır. Tüm bu sebeplerden dolayı inşaat atıklarının azaltılması büyük önem arz etmektedir.

18 Mart 2004 tarih ve 25406 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Hafriyat Toprağı, İnşaat

ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği 5. Maddesi a) bendinde, *"Atıkların kaynağında en aza indirilmesi esastır*", denilmektedir.

İnşaat ve yıkıntı atıklarının azaltılmasında genel olarak aşağıdaki yöntemlere ve uygulamalara başvurulmaktadır:

8.2.1 İnşaat Atklarının Azaltılması

İnşaat atıklarının azaltılması için aşağıda yer alan konular dikkate alınmalıdır;

- Sürdürülebilir tasarım (Araştırmalara göre oluşan inşaat atığının üçte birlik kısmı tasarım aşamasında yapılan hatalardan kaynaklanmaktadır). Uyumlu, sökülebilir, modüler tasarımlar inşaat atığını en aza indirmek için başarılı uygulamalardır (Kubba, 2012),
- Tam zamanında (just-in-time) satın alma ve dağıtım (Stok tutmadan ya da en düşük stokla malzemelerin direkt olarak üretime katılmasının amaçlandığı bir uygulamadır),
- Düzenli stok kontrolü (İhtiyaçtan fazla malzeme siparişlerini önlemek için stokların düzenli olarak kontrol edilmesini kapsar),
- Kullanım aşamasında sık sık yenilmeye gerek duyulmaması için dayanıklı ve onarılabilir malzeme ve donanım kullanımı,
- Malzeme alımlarında, artan malzeme ve ürün ambalajlarını geri almayı kabul eden tedarikçilerin tercih edilmesi,
- Kötü hava şartlarına ve dolayısıyla malzemelerde oluşacak bozulmalara karşı inşaat sahasında tedbirler alınması,
- İnşaat aşamasında malzeme kayıplarını önlemek için standart modüllerin tercih edilmesi,
- İnşaat sahası atık yönetim planlarının hazırlanması, uygulanması ve izlenmesi,
- Tehlikeli madde içeriği olan malzemelerin mümkün olduğunca az miktarlarda satın alınıp kullanılması, mümkünse tehlikeli madde içermeyen malzemelerin tercih edilmesi,
- Barkod sistemi ile malzemelerin takibi (İnşaat sahasına gelen ve saha içindeki malzemelerin akışını takip etmek için kullanılır. Aynı zamanda malzeme miktarları ve oluşan atık miktarlarının ölçülmesiyle, işçilerin performanslarının değerlendirilmesine de yardımcı olur),
- Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanımıyla malzemelerin takibinin yapılması (Yönetimin, inşaat sahasına gelen malzemeyi takip etmesine ve gereken müdahaleleri zamanında yapmasına katkıda bulunmaktadır),
- İnşaat sahasında ayrıştırılan, yeniden kullanıma ve geri dönüşüme uygun malzemelerin sevk edileceği geri kazanım tesislerinin belirlenmesi ve gerekli ön anlaşmaların inşaatın başlamasından önce yapılması,
- Ambalaj atığını azaltmak için malzemelerin mümkün olduğunca toptan alınması,
- Atık azaltmayla ilgili iş yeri yönergelerinin/talimatlarının hazırlanması ve işçilere konuyla ilgili eğitim verilmesi,
- Alt taşeronların atık yönetim planıyla ilgili bilgilendirilmesi ve yapılan anlaşmalarda atık önleme konusunun dikkate alınması,
- Malzemelerin inşaat sahasına gelmeden montajının (Prefabrikasyon) sağlanması (Glavinich, 2008),

8.2.2 Yıkıntı Atıklarının Azaltılması

Yıkıntı atıklarının azaltılması için aşağıdaki yöntemler ve uygulamalar dikkate alınabilir;

- Binaların servis sürelerinin uzatılması, bunun için düzenli bina bakımlarının yaptırılması, değişen ihtiyaç-

lara uygun adapte edilebilir bina tasarımı yapılması ve yapım sırasında uzun ömürlü malzeme kullanılması (OECD, 2003),

- Yıkım işlemine oranla daha verimli olan, yeniden kullanım ve kaliteli geri dönüşüm potansiyeli barındıran, yapı söküm (dekonstrüksüyon) uygulamalarının teşvik edilmesi (Means, 2011),
- Yıkım öncesinde yeniden kullanılabilir sıhhi tesisat, elektrik tesisatı, kapılar, pencereler, parkeler, halılar, seramik, ahşap döşemeler gibi geri dönüştürülebilir malzemelerin belirlenmesi ,
- Yıkım öncesinde sökülecek malzemeler konusunda işçilerin bilgilendirilmesi,
- Sökülen malzemelerin sevk edileceği kullanıcı veya geri dönüştürücülerin önceden belirlenmesi,
- Tehlikeli bileşik içeren malzemeler (kurşun esaslı boyalar, asbest içeren yalıtım malzemeleri vb.) konusunda teknik destek alınması.

8.3 Atık Yönetim Planları

Atık yönetim planı, hafriyat, inşaat, yapı kullanım, tadilat ve yıkım aşamalarında oluşan atıkların tanımlanması, akışın kontrol edilmesi ve raporlanması amacıyla kullanılır. Atık yönetim planı daha iyi proje tasarımı yapılmasını, atık önlemeyi, kaynakta atık ayırmayı, yeniden kullanımı ve geri dönüşümü teşvik eder. Türlerine göre oluşan atık miktarları, toplama ve depolama yöntemleri, yeniden kullanılacak, geri dönüşümde değerlendirilecek atık miktarlarının tahmin edilmesi inşaat yüklenicisi için de önemli maliyet tasarrufları sağlayacaktır.

8.3.1 İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Yönetim Planları

Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nin 9. Maddesinde taahhüt firmaları yani hafriyat toprağı ve inşaat/yıkıntı atıkları üreticileri aşağıda yer alan uygulamaları yapmakla yükümlüdürler;

a) Atıkların çevre ve insan sağlığına yönelik olumsuz etkilerini, bu Yönetmelik hükümlerine uygun olarak en aza düşürecek şekilde atık yönetiminin sağlanması,

b) Atıkların oluşumu, taşınması ve depolanması aşamalarında gerekli izinlerin ve onaylarının alınması,

c) Faaliyetleri sırasında atıkları bileşenlerine göre ayrı toplamak, geri kazanmak, biriktirmek ve atığın içinde zararlı, tehlikeli ve yabancı madde bulundurulmaması,

d) Faaliyete başlamadan önce, atıkların taşınması ve depolanması ile ilgili olarak Atık Taşıma ve Kabul Belgesi'nin alınması,

e) Atıklarını belediyenin veya mülki amirin izin verdiği geri kazanım veya depolama tesisi dışındaki yerlere dökülmemesi,

f) Atıklarının yönetimi amacıyla yapılacak harcamaların karşılanması,

g) Atıkların oluşumu, taşınması ve depolanması aşamalarında meydana gelebilecek kazalarda oluşacak zararı tazmin edilmesi ve kaza sonucu oluşacak kirliliğin giderilmesi.

Tüm bu yükümlülüklerin yerine getirilmesinde inşaat atık yönetim planı hazırlanmasının büyük katkısı vardır. Ancak mevcut Yönetmelik detaylı bir atık yönetim planı önermemektedir. Halen Birleşik Krallık'ta uygulamada olan atık yönetim planları aşağıdaki aşamaları içermektedir (Ma, 2011), bu aşamalar Türkiye'deki inşaat projeleri için de uygulanabilir.

Tasarım ve inşaat öncesi:

- Görevli kişilerin ve rollerin/sorumlulukların belirlenmesi: İnşaat sahası atık yönetim planının sorumluluğu ilk olarak inşaatın sahibine aittir, daha sonra bu sorumluluk ana yükleniciye geçer. Ana yüklenici, inşaatın başlamasından sonuna kadar en az 1 uzmanı bu plandan sorumlu olarak görevlendirir. Bu kişi planın uygulanmasından, güncellenmesinden ve koordinasyonundan sorumlu olur. Ana yüklenici ve inşaat sahibi planın uygulanması konusunda bir taahhüt sözleşmesi imzalarlar. Alt taşeronlar da plandan haberdar edilir ve katkı sunmaya davet edilir.
- İnşaat, tadilat ya da yıkım işlemi başlamadan önce atık azaltmasına katkıda bulunabilecek işlemler irdelenmelidir. Atık yönetiminden sorumlu uzman aşağıdaki soruları cevaplamalı ve gerekli önlemlerin alınmasını sağlamalıdır:

• İnşaat aşamasında kullanılmayan fazla malzemeler tedarikçiler tarafından geri alınacak mı?

• Geri dönüştürülmüş malzemeler ya da bu malzemeler kullanılarak üretilmiş ürünler inşaatta kullanılabilir mi?

• İnşaatta kullanılacak malzemelerin ambalajları tekrar kullanılabilir nitelikte mi, tedarikçi ambalajları geri alacak mı? Ya da daha az ambalajı olan ürünler tercih edilebilir mi?

• İnşaat sahasında yeni gelecek malzemeler için güvenli ve dış etkilerden (su baskını, kötü hava şartları) etkilenmeyecek depolama alanı mevcut mu?

• İnşaat sahasında oluşacak atıklar için kaynağında ayırım yapılabilecek alan mevcut mu? Bu alanda farklı atık türleri için yerleştirilecek konteynırlar sağlanabilir mi? Bu konteynırlara gerekli etiketleme yapılabilir mi? Tedarikçiler bu konuda destek olabilirler mi?

• İnşaat ya da yıkım sırasında oluşacak atıkların önlenmesiyle ilgili kararlar alındı mı? Alındıysa bu kararlar kayda geçirildi mi? Atık azaltma için hedef belirlendi mi?

• Hafriyat ya da inşaat sırasında oluşan atıklar, tekrar sahada kullanılabilir mi? Örneğin hafriyat toprağının bir bölümüyle peyzaj çalışması yapılması uygun mu?

- Hazırlanacak atık yönetim planının sürdürülebilir olması için aşağıdaki hususlarda da ön çalışma yapmak faydalı olacaktır:

• İnşaat ya da yıkım sırasında oluşan maliyetler analiz edildi mi? İşçilik, nakliye ve atık bertaraf bedelleri bölge şartlarına göre belirlendi ve farklı atık yönetim seçeneklerine göre karşılaştırma yapıldı mı?

• İnşaat sahası atık yönetim planının uygulanması sırasında oluşabilecek riskler belirlendi mi? Bu riskler analiz edildi mi? Örneğin oluşması beklenen ya da beklenmedik şekilde oluşan tehlikeli atıklar için önlemler alındı mı?

- ***Atık türlerinin ve miktarlarının tahmin edilmesi:*** İnşaatın her aşaması önceden değerlendirilerek kullanılacak malzemeler türlerine ve miktarlarına göre tespit edilir. Yine her aşamada (sorumlu personel ismiyle beraber) oluşacak atık miktarları atık kodlarına göre tahmin edilir. Yıkım işlemleri için de, yıkımın aşmalarında oluşacak atık miktarları önceden tespit edilebilir. Atık veri formları planlama aşamasında kullanılmaya başlanmalıdır. Tüm inşaat ya da yıkım süresince bu formlar düzenli olarak (haftalık, aylık vb.) doldurulmalı ve dosyalanmalıdır.
- ***Atık yönetim seçeneklerinin tespit edilmesi (yeniden kullanım, geri dönüşüm, depolama):*** Oluşan atıklar

için şartlara göre en uygun seçeneğin yeniden kullanmak mı, geri dönüştürmek mi yoksa depolamak mı olduğu tespit edilir. Sahada mı yoksa saha dışında mı işleme tabi tutulacağı kararlaştırılır. Tehlikeli atıkların ayrıştırılması ve mevzuata uygun olarak yönetimi için planlama yapılır.

- ***Atık yönetimi sahalarının ve tesislerinin tespit edilmesi (İnşaat alanına uygun uzaklıkta):*** Oluşan atık türlerine ve seçilen atık yönetimi şekline göre inşaatın bulunduğu bölgedeki lisanslı/ruhsatlı (İlgili Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ve Belediye tarafından) atık taşıma ve yönetim firmaları tespit edilir. Firmalarla irtibata geçilir ve oluşması öngörülen atıklar için yeterli kapasitelerinin olup olmadığı öğrenilir. Plana, bu firmalarla ilgili lisans/kayıt numaraları ve irtibat bilgileri ilave edilir. Tespit edilen firmalarla ana yüklenici arasında sözleşmeler imzalanır ve atıkların sahada oluştuktan sonra düzenli olarak alınması ve lisanslı sahalara/tesislere sevk edilmesi için zaman çizelgesi belirlenir. Bölgedeki yerel yönetimler ve diğer paydaşlar da bu bölümde belirtilir ve irtibat bilgileri kaydedilir. Kaçak ve lisansız sahalardan ve atık taşıyıcılarından gelen talepler reddedilir.
- ***Eğitim verilmesi:*** Atık yönetim planı daima inşaat sahasında bulunmalıdır ve sahada görevli kişiler tarafından istenildiği zaman ulaşılabilir durumda olmalıdır. Ana yüklenici, ilgili personeline ve taşeronlara planın uygulanması ve atık önleme konusunda eğitim verir. Ayrıca personeli ve taşeronları iş başladıktan sonra izlemek için bir yöntem geliştirmelidir. Atıkların azaltılması ya da plana uygun bir şekilde yönetilmesi konusunda başarılı olan personelin ödüllendirilmesi gibi teşvik yöntemleri kullanılabilir.

İnşaat aşaması:

- Oluşan tüm atıklar, atık veri formlarına atık kodları ve miktarları (kg, ton, m3, kova sayısı) belirtilerek güncel olarak kaydedilir. Tehlikeli ve tehlikesiz atıklar mutlaka ayrı olarak değerlendirilir.
- Sahada ya da saha dışında yeniden kullanılan, geri dönüştürülen ya da depolama alanlarına sevk edilen atıklar türlerine ve miktarlarına göre atık veri formuna düzenli olarak kaydedilir. Saha dışına sevk edilen her atık için sevk irsaliyeleri atık yönetim planı dosyasına eklenir.
- Planlama aşamasındaki tahmini verilerle karşılaştırılıp yapılan planlamanın performansı belirlenir.
- Bertaraf bedeli, taşıma bedeli gibi atık yönetimi maliyetleri hesaplanır. Bu maliyetler toplam inşaat maliyetiyle, toplam inşaat alanı ve hacmiyle karşılaştırılır.
- Uygulama düzenli olarak güncellenen atık bilgi formlarıyla izlenir. Değişen koşullar olursa plan güncellenir.

İnşaat sonrası:

- İnşaat, tadilat yada yıkım sonunda atık yönetim planı, hedeflere ne kadar ulaşıldığı ve malzeme yönetimi ile atık yönetiminin ne kadar başarılı olduğu konusunda bir sonuç verir. Bu sonuç ile toplam maliyet tasarrufu ve çevreye olan olumlu etkiler hesaplanır.
- Gelecekteki projelerde de yararlanılmak üzere bu plan saklanır ve sonuçlar inşaat sahibine, ana yükleniciye ve ilgili paydaşlara iletilir.

8.3.2 Yapı Kullanımı Atık Yönetim Planı

Binalarda inşaat bittikten sonra oturum ve kullanım zamanlarında oluşan atıkların yönetimi için de plan hazırlanabilir. Bu planda aşağıdaki hususlar yer almaktadır.

- Ayrılan atık odasının yerleşim planı,
- Türlerine göre oluşan tahmini atık miktarları,
- Hacimlerine ve sıkıştırmalı, normal, bölmeli, kapaklı gibi türlerine göre yerleştirilecek atık toplama konteynırları bilgisi,
- Atık türlerine göre toplama yapan atık yönetim firmalarının ve ilgili yerel yönetimlerin isimleri ve irtibat bilgileri,

Atıkların türlerine göre toplama zamanları ve periyodları

Sürdürülebilir bina atık yönetim planının işlemesi için, tasarlanacak atık odasının bazı kriterlere uygun olması gereklidir. Bu kriterler aşağıdakileri kapsamaktadır;

- Bina sakinleri tarafından kolay ulaşılabilir olmalıdır
- Toplama araçlarının girişine uygun olmalıdır.
- Bina kullanım alanına ve amacına (konut, toplu konut, hastane, okul, ofis, ticari vb.) göre alanının hesaplanması (Örnek: Konutlarda ortalama her 1000 m^2 kullanım alanı için 2 m^2 atık odası düşünülebilir) gereklidir.
- Evsel atıklara, geri dönüşebilir atıklara ve tehlikeli atıklara ait toplama konteynırlarının net okunur tabelalarla sınıflandırılması yapılmalıdır.
- Ambalaj atıkları (cam, plastik, karton, metal, ahşap) ve geri dönüşebilen atıklar (kuru atıklar) tek bir konteynırda biriktirilir. Bazı atık toplama sistemlerinde cam ve kağıt- karton bu gruptan ayrı olarak biriktirilebilir. Binanın yer aldığı bölgedeki yerel yönetimle temasa geçerek atık toplama sistemi ile ilgili bilgi almak ve konteynır planını bu bilgiye göre düzenlemek gereklidir. Ayrıca bina kullanım amacına göre atık sınıflandırmalarında değişiklikler olabilir. Örneğin, okullarda ve ofislerde kağıt atıkları ayrı olarak biriktirilir.
- Mutfak ve bahçe atıkları (organik/ıslak atıklar) ve diğer evsel atıklar (tuvalet kağıdı, kullanılmış peçete, bebek bezi, vb.) ayrı bir konteynırda toplanır.
- Evsel tehlikeli atıklar (pil, kartuş, floresan, vb.) ayrı bir konteynırda biriktirilir.
- Binanın bulunduğu bölgede toplama sistemi olması halinde, atık yağlar ayrı bir konteynırda/varilde biriktirilir.
- İhtiyaca ve tercihe göre, binada oturum sırasında oluşabilecek tadilatlardan kaynaklanan inşaat atıkları için ayrı bir konteynır bulundurulabilir.
- Düzenli ambalaj atığı oluşan binalarda atık odasına sıkıştırmalı konteynır ya da balyalama makinesi yerleştirilmesi,
- Organik atıkları yüksek olan binalarda evsel kompost ünitelerinin yerleştirilmesi. Kompost yapımı için bahçe ve mutfak atıkları su ile karıştırılır. Burada, eğer mevcutsa binanın gri su (duştan, küvetten, lavabolardan gelen ancak fosseptik atığı içermeyen evsel atık su) şebekesinden gelen su kullanılabilir.
- Organik atık depolanan ya da kompost yapılan atık odalarında su gideri yapılabilir.

8. Bölüm Kaynakları

EU Commission (2011). Service Contract on Management of Construction and Demolition Waste Final Report. Retrieved September 5 2014, from ec.europa.eu/environment/waste/pdf/2011_CDW_Report.pdf

Glavinich, T.E. (2008). Contractors Guide to Green Building Construction: Management, Project Delivery, Documentation, and Risk Reduction. New Jersey: Wiley

İstanbul Valiliği. (2011). İstanbul Çevre Durum Raporu. İstanbul: İstanbul Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü

İzmir Ticaret Odası (İZTO). (2012). Ar-Ge Bülten, Aralık 2012. İzmir

Kubba, S. (2012). Handbook of Green Building Design and Construction. Amsterdam: Elsevier

Ma, U.,2011, No Waste, Managing Sustainability in Construction. Surrey: Gower

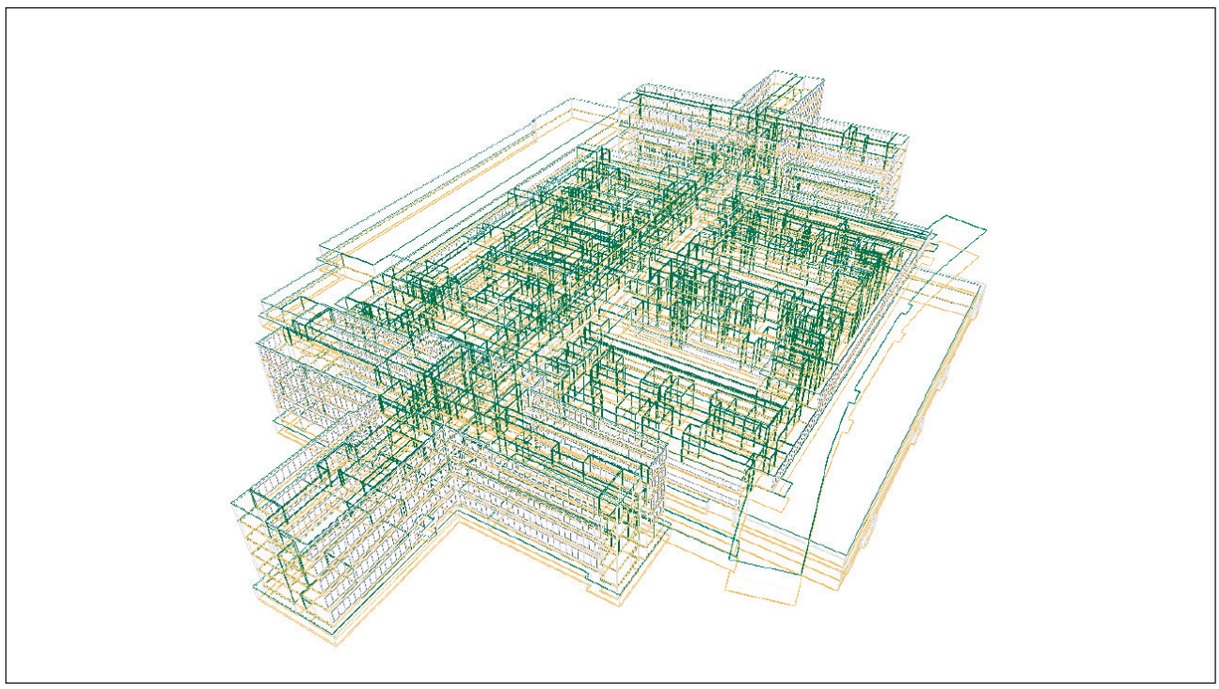
Means R.S. (2011). Green Building: Project Planning and Cost Estimating (3rded). Wiley

OECD, 2003, Environmentally Sustainable Buildings Challenges and Policies. Retrieved September 5 2014, from www.oecd.org/env/consumption-innovationenvironmentallysustainablebuildingschallengesandpolicies.htm

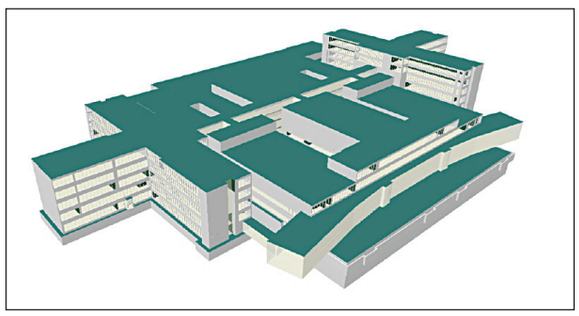
9. Binanın İnşa Edildiği Hali ile Enerji SimÜlasyonlarının Yapılması

Binanın 3 boyutlu mimari yapısı autocad mimari projelerinden yararlanılarak oluşturulur. Buna ilişkin görüntü örnekleri aşağıda verilmiştir.

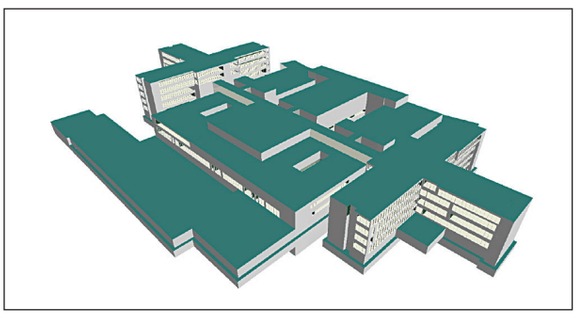
Isıl zonlamalar yapılması, malzeme fiziksel özelliklerinin atanması, binanın kullanım şekli, HVAC sistem



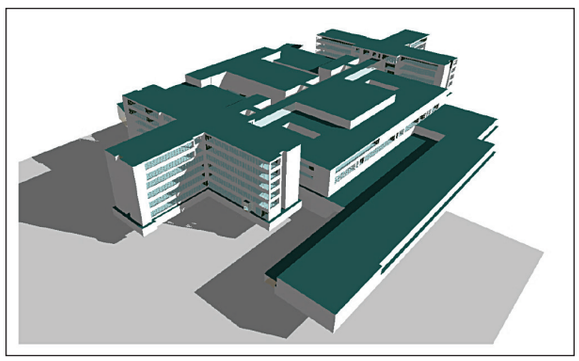
Şekil 174: *Binanın güney yönünden genel hatlarının görünüşü*



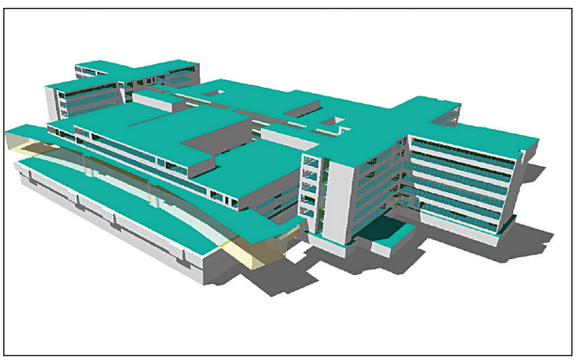
Şekil 175: *Binanın güney yönünden görünüşü*



Şekil 176: *Binanın batı yönünden görünüşü*



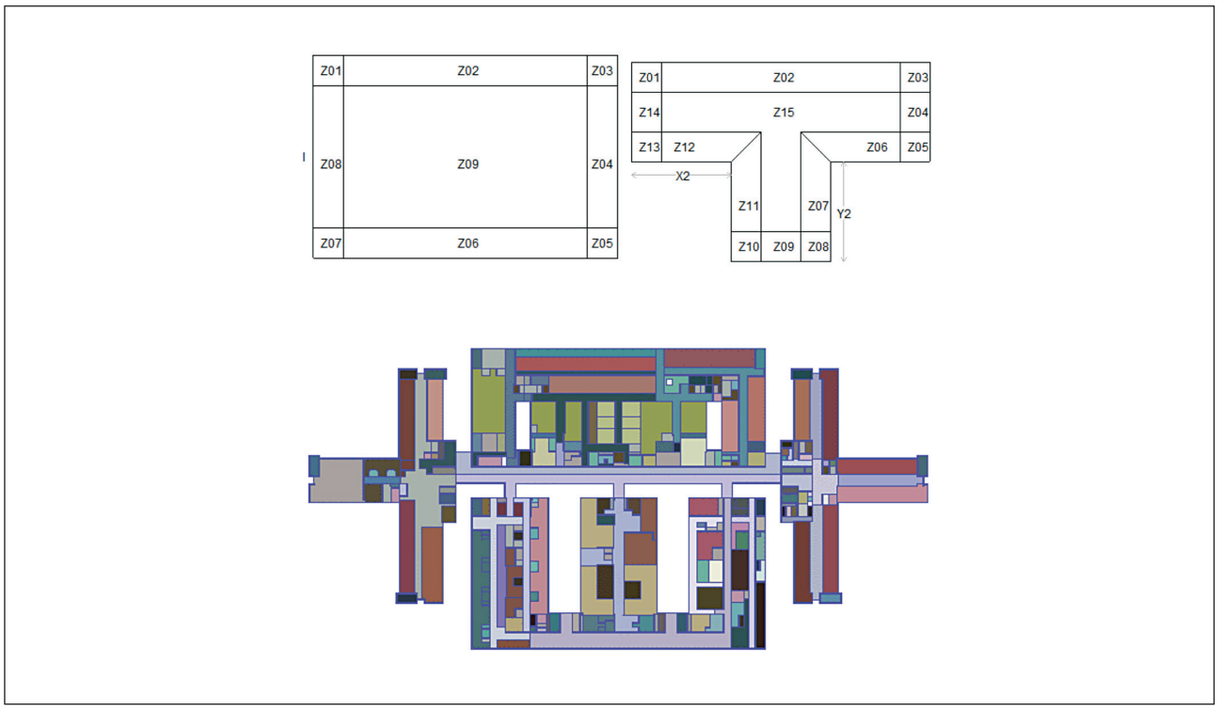
Şekil 177: *Binanın kuzey görünüşü*



Şekil 178: *Binanın doğu yönünden görünüşü.*

seçimleri aydınlatma yükleri, havalandırma yükleri vb. tanımlanır. Zonlama, mahallerin cephelerinin baktığı yönler, dış zon (cepheden 4-5m'ye kadar olan bölüm) veya iç zon (cephesi olmayan mahaller), iç yükler (insan sayıları, aydınlatma, priz yükleri ve proses yükleri vb.), kullanım şekil ve saatlerinin farklı olmasına bağlı olarak seçilir. Şekil 179'da bina geometrisine bağlı olarak seçilen zonlama örnekleri görülmektedir.

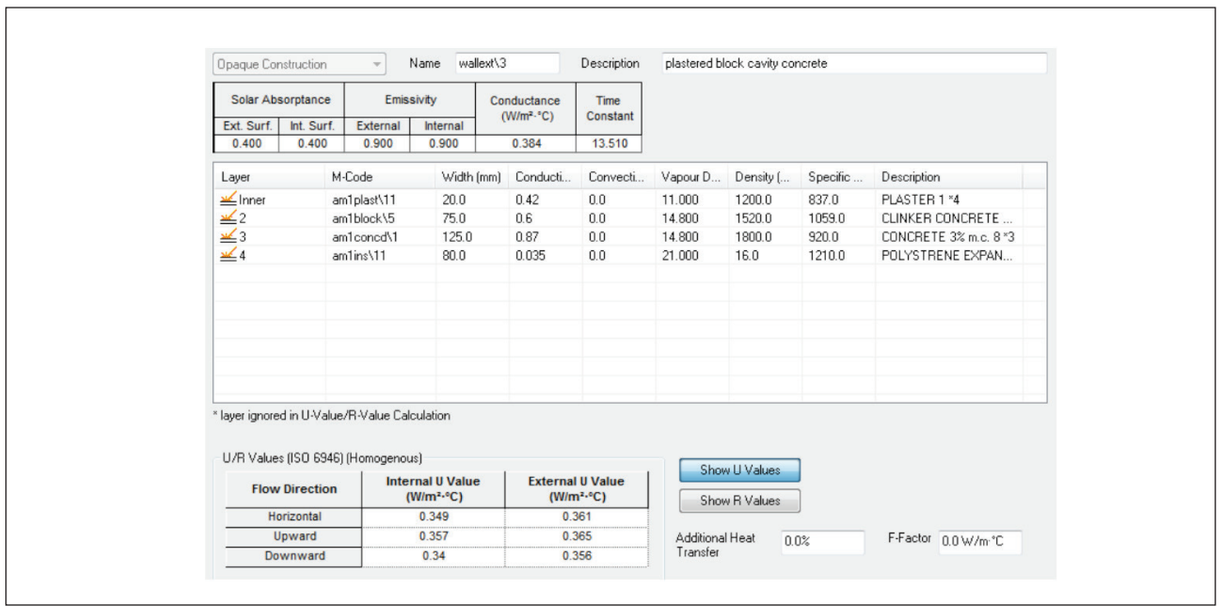
Seçilen yapı malzemelerinin ısıl özellikleri de programa veri olarak girilmekte olup örnekler Şekil 180'de



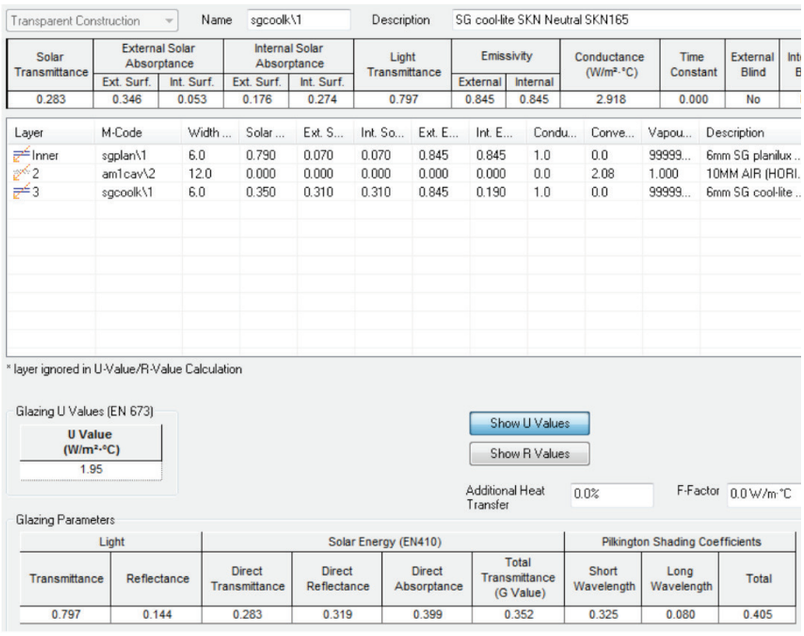
Şekil 179: *Binadaki zonların bulundukları cepheye göre ayırım şeması*

ve Şekil 181'de verilmiştir.

Binanın tipine göre günlük ve haftalık çalışma saatleri girilmektedir. Bu bina için girilen tipik çalışma



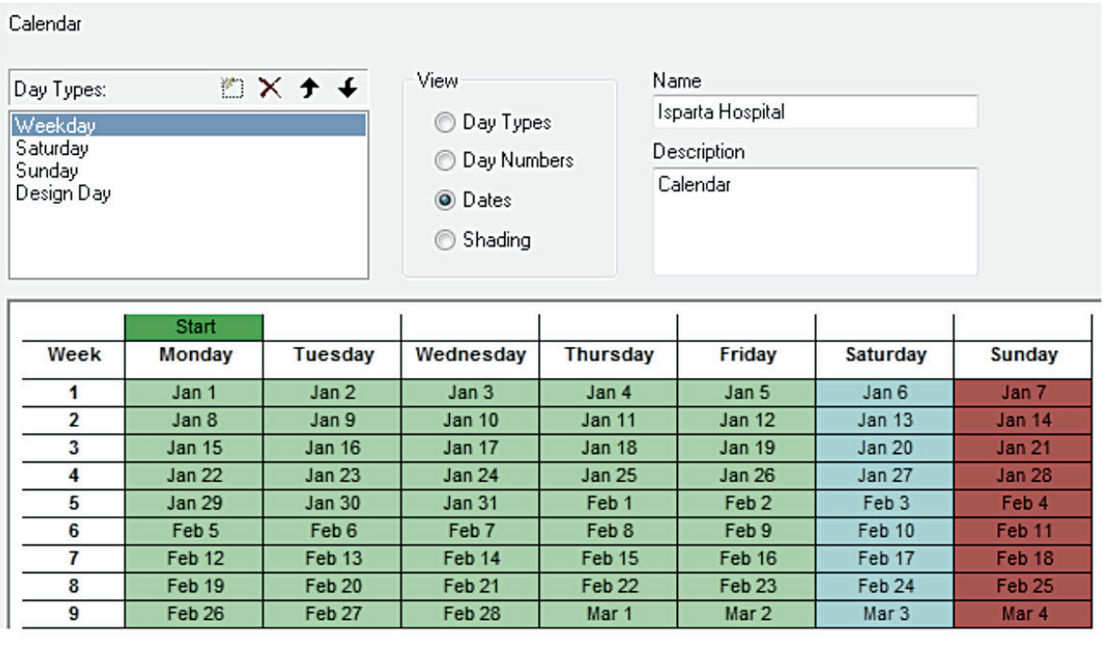
Şekil 180: *Modellemede kullanılan yapı elemanlarından bir örnek (dış duvar)*



Şekil 181: *Modellemede kullanılan yapı elemanlarından bir örnek (Camlar)*

saatleri Şekil 182'de belirtildiği şekildedir. Hafta içi çalışacak olan ofis mahalleri dışında diğer mahaller de haftanın 7 günü 24 saat çalışacak şekilde tanımlanmıştır.

Simülasyon sürecinde sistem kapasiteleri konforu sağlayacak şekilde belirlenir. Yani analizlerde iklim-

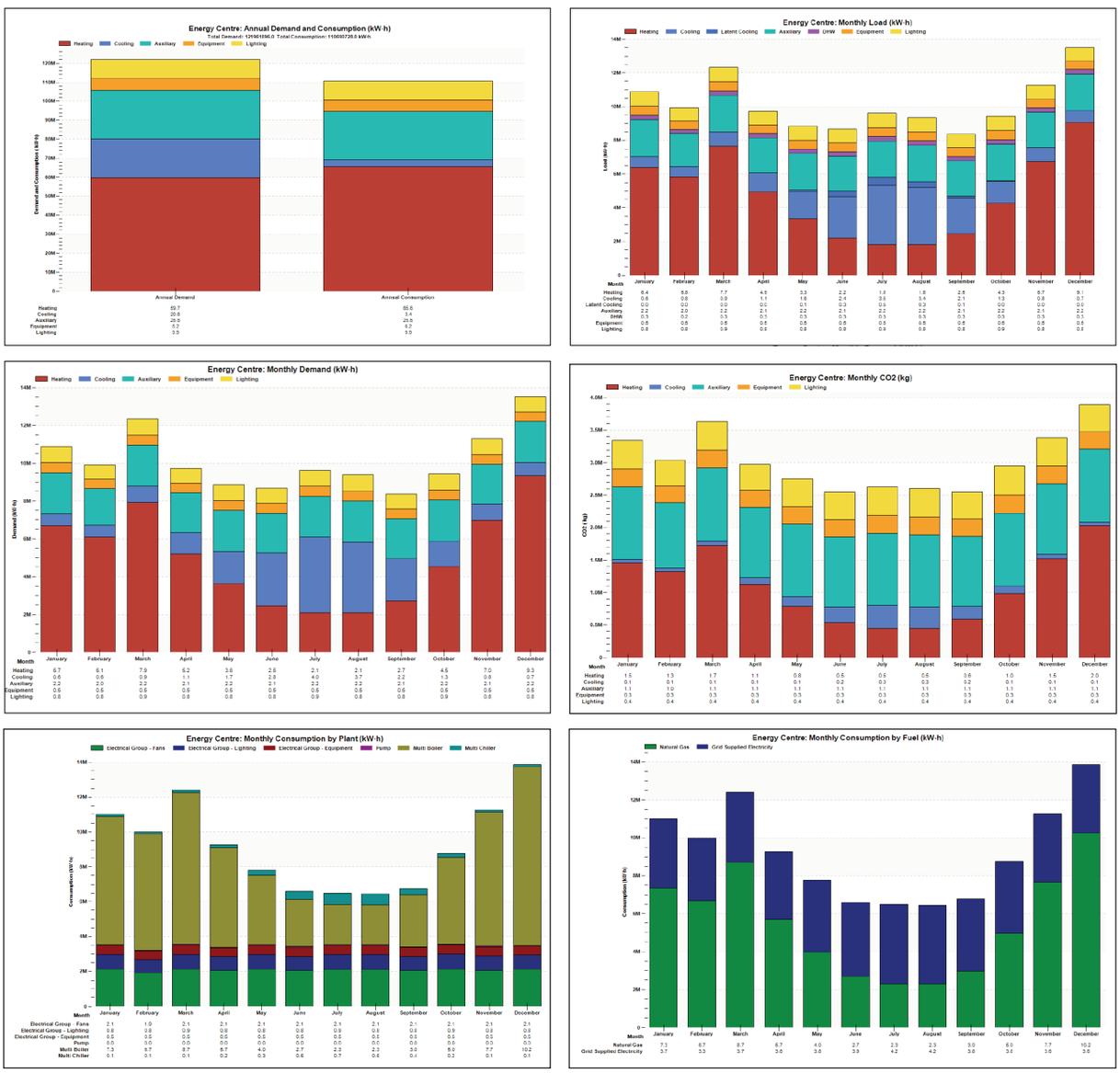


Şekil 182: *Tanımlanan takvimin genel görünümü.*

lendirilen mahallerde konforsuzluk saat sayılarının (UNMET değerleri) standartlarda kabul edilen sınırların altında olması (ısıtmada 150 saat, soğutmada 150 saat) esas alınır. Enerji simülasyonlarında binadaki ısıtma ve soğutma enerji tüketimlerinin yanında aydınlatma (bilgisayarlar, mutfak ekipmanları, fax, printer, asansörler gibi enerji tüketen elemanlar, fanlar, pompalar gibi mekanik ekipmanlar ve bunların ne şekilde kontrol edildikleri değişken debili olmaları, otomasyon kullanımı gibi hususlar dikkate alınır. Simülasyon yardımı ile doğru sonuca gitmek için değişik seçeneklerin ve senaryoların simülasyonları yapılır ve sonuçlar analiz edilir.

Örnek analiz: TS 825'e uygun bina kabuğu, 4 borulu fan coil (80/60C-7/12 C), su soğutmalı chiller, havalandırmada sabit debili sistemler (CAV). Bu analize ait örnek özet sonuçlar Şekil 183'de görülmektedir.

Binayı "inşa edildiği haliyle" yansıtan enerji modelinin ve elde edilen simülasyon çalışmaları ve sonuç-



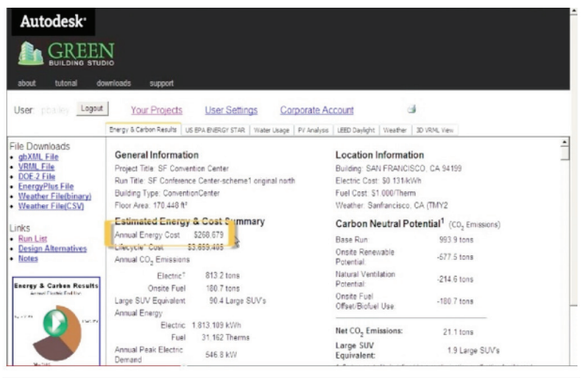
Şekil 183: *Örnek simülasyon çalışmasına ait sonuçlar.*

larının büyük önemi değeri vardır: Bu sonuçlar ile enerji verimliliğinin doğrulanması, mevzuata uygunluğun doğrulaması yapılmakla birlikte ölçüm ve diğer çevresel hususlar için ön bilgi verir.

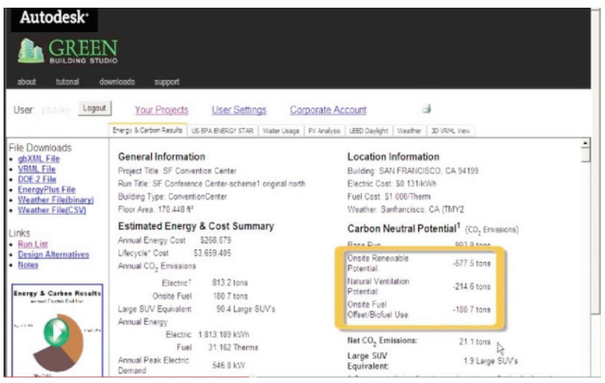
Nihai model, binanın inşa edilmiş olduğu halini temsil eder ve işletim, bakım ve tadilatlar için kullanılabilir. Bu modeller sıklıkla LOD 400 modellerden daha az ayrıntı ister, dolayısıyla kritik bilgilere çabuk ve kolay biçimde erişilebilir.

Hatta, altyapı hizmet faturaları, sensörler ve sayaçlardan gelen gerçek zamanlı verilerle birlikte kullanıldığında, zaman içinde binada enerji kullanımının izlenmesi ve görsel hale getirilmesi ve incelenmesi için de kullanılabilir.

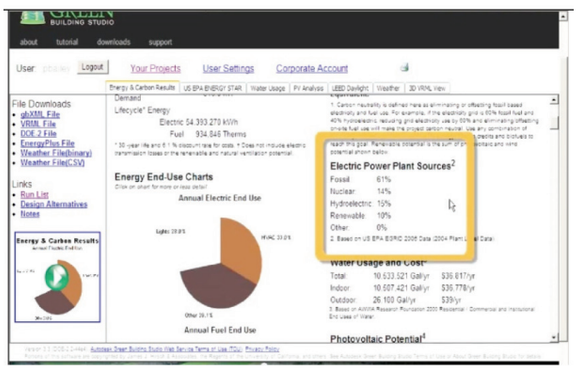
10. EKSERJİ YÖNETİMİ



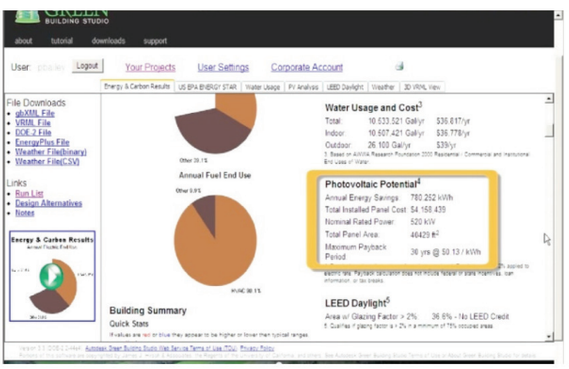
Şekil 184: *Enerji kullanımı, maliyetleri, alternatifler ve yenilenebilir enerji alternatiflerini anlamak için, tüm bina enerji analizini yapmak üzere Autodesk® Green Building Studio® 'nun kullanılması.*



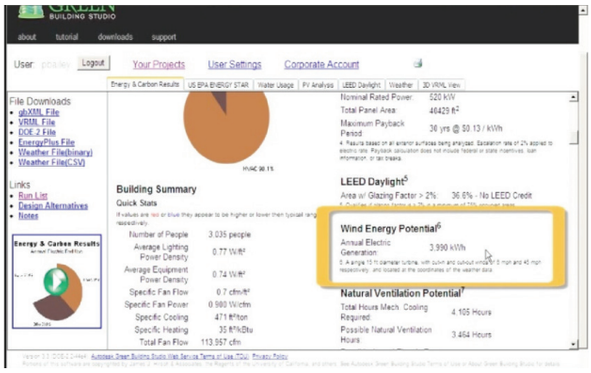
Şekil 185: *Bu enerji modelleme yazılımı, binanın hemen hemen tüm yönleri için karbon emisyon raporlaması sağlar. Bu örnekte, karbon nötr potansiyeli, yerinde yenilenebilir enerji, doğal havalandırma potansiyeli, yerinde yakıt ve yer dışında biyo-yakıt kullanımı ayrıntılandırılmaktadır. Bu hesaplamada, binanın karbon ayak izini azaltmak için bir tahmin yapmaktadır.*



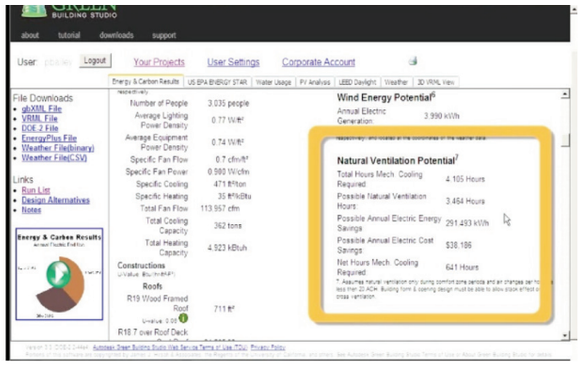
Şekil 186: *Yenilenebilir enerji kaynağı seçenekleri, binanın bulunduğu bölge içinde bulunan elektrik santrali kaynaklarına dayanmaktadır.*



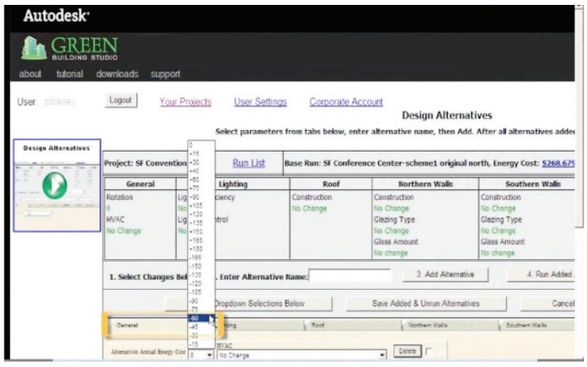
Şekil 187: *Fotovoltaik Potansiyel bölümü, binanın en iyi performans gösteren dış yüzeylerinin tamamına güneş enerjisi panelleri takıldığında ne kadar enerji üretilebileceğini hesaplar.*



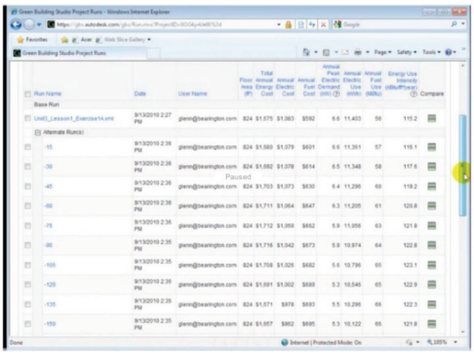
Şekil 188: *Güneş Enerjisi Potansiyeli bölümü, binanın konumu için rüzgar verilerine dayalı olarak rüzgar türbinlerinin kullanılmasından elde edilen enerji kazancını hesaplar*



Şekil 189: *Doğal Havalandırma Potansiyeli bölümü, mekanik soğutma yüklerini azaltma fırsatları, muhtemel enerji tasarrufları ve yıllık enerji maliyeti tasarruflarını hesaplar.*



Şekil 190: *Green Building Studio tasarım alternatiflerini kullanarak, enerji kullanımına dayalı optimum yönelim belirlenebilir*



Şekil 191: *Green Building Studio tasarım alternatiflerini kullanarak, enerji kullanımına dayalı optimum yönelim belirlenebilir*

9. Bölüm Kaynaklar

ASHRAE Standard 189.1, Standard for the Design of High-Performance Green Buildings.

[ASHRAE Standard 90.1, Energy Standard for Buildings Except-Low Rise Residential Buildings.

ASHRAE Standard 62.1, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

ASHRAE Standard 55-2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

ASHRAE Guidline 0-2005, The Commissioning Process.

Hausladen, G., Saldanha, M., Liedl, P., Sager, C., 2011,"Climate Design – Solution For Buildings that Can Do More With Less Technology".

EN 13779 2004 - Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems

EN 15251 2007 – Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.

EN ISO 7730 2005 - Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

Yapılı çevrenin değişik güç ve ısı yüklerinin akılcı, verimli, çevreci ve ekonomik bir şekilde karşılanması için sadece yenilenebilir enerji kaynaklarının akılcı kullanımı, akılcı harmanlanması ve sistemlerin tasarımı yani arz tarafının en iyilemesi yetmemekte, yük tarafında da yapılması gereken çok önemli çalışmalar bizi beklemektedir. Bütün bu önlemlerin temel hedefi enerji arz ve taleplerinin birbirine yakınlaştırılarak zaman ekseninde uyumlarının en iyi düzeye getirilmesidir. Bu uyum çalışması Termodinamiğin 1. ve 2. yasaları uyarınca birlikte yapılır: arz ve talep taraflarının uyumu için ise enerji transferinin sadece niceliği değil niteliği de çok önemlidir. Bu nedenle ekserjiye dayalı çözümleme bir ön koşuldur.

Q ve E terimlerinin azaltılması (Isı ve güç tasarrufu) dışında, yakıtların karbon salım çarpanları (c), ve Birinci Yasa verimleri kadar ($1-\psi_R$) terimi de önemlidir ve bu parametreye şimdiye kadar hiç kimse uygulamada değinmemiştir. Enerji tasarruf önlemleri bellidir. Cihaz ve sistem verimleri de özellikle son yıllarda iyi bir düzeye ulaşmıştır. Bu durumda yenilenebilir enerji kaynaklarına daha yaygın yönelmenin yanında Ekserji Yönetimi ve Verimine öncelik vermemiz gerekmektedir. Aşağıdaki Eşitlik doğrudan ve önlenebilir CO_2 salımlarının toplamlarını vermektedir.

$$\sum CO_2 = \left[\frac{c_l}{\eta_l} + \frac{c_m}{\eta_m \eta_T}\left(1-\overline{\psi}_R\right)\right] Q_H + \frac{c_m}{\eta_m \eta_T} E \qquad (10.1)$$

Önceki bölümlerde izah edildiği üzere Ekserji Yönetim ve Verimi zaten arz ve talep taraflarının birlikte göz önünde tutulmasını şart koşmaktadır. Bu nedenle hem talep ekserjisinin hemde arz ekserjisinin birbirlerine iki taraftan yakınlaşması (en düşük ekserji yönünde) gerekmektedir. Şekil 192'de bu amaçla neler yapılması gerektiği gösterilmiştir.

Bunlar:

1. Arz tarafından hareketle: Arz edilen enerji ve ekserjinin zaman kaydırılması ve zamana yayılmasıdır. Enerji depolaması bu iki işlevi de görebilir. Ayrıca hibrit sistemler kullanılarak günün 24 saatine yayılı enerji arzının gerçekleştirilmesine çalışılmasıdır.

1-1 Enerji arzının tepe yüke doğru zaman kaydırması,

1-2 Hibrit sistemlerle enerji arzının zamana yayılması.

Genel kanının aksine yükler enerji depolaması ile traşlanmaz. Enerji depolaması arz tarafı ile ilgilidir. Depolarda biriktirilen enerji binanın veya yapılı çevrenin yüklerini karşılarken arz tarafının daha uzun sürede daha az kapasite ile gerekli yüklerin karşılanmasını sağlamaktadır.

2- Yük tarafından hareketle: Bu yönde yüklerin zamana yayılarak arz tarafına kaydırılması, aynı zamanda tepe yüklerin traşlanıp atılmasıdır (örneğin tepe soğutma yüklerinin kalıcı olarak güneş kırıcılarla bertaraf edilmesi gibi).

a) Yüklerin niceliğinin azaltılması

2-1 Yük traşlama,

2-2 Enerji Tasarrufu (E ve Q)

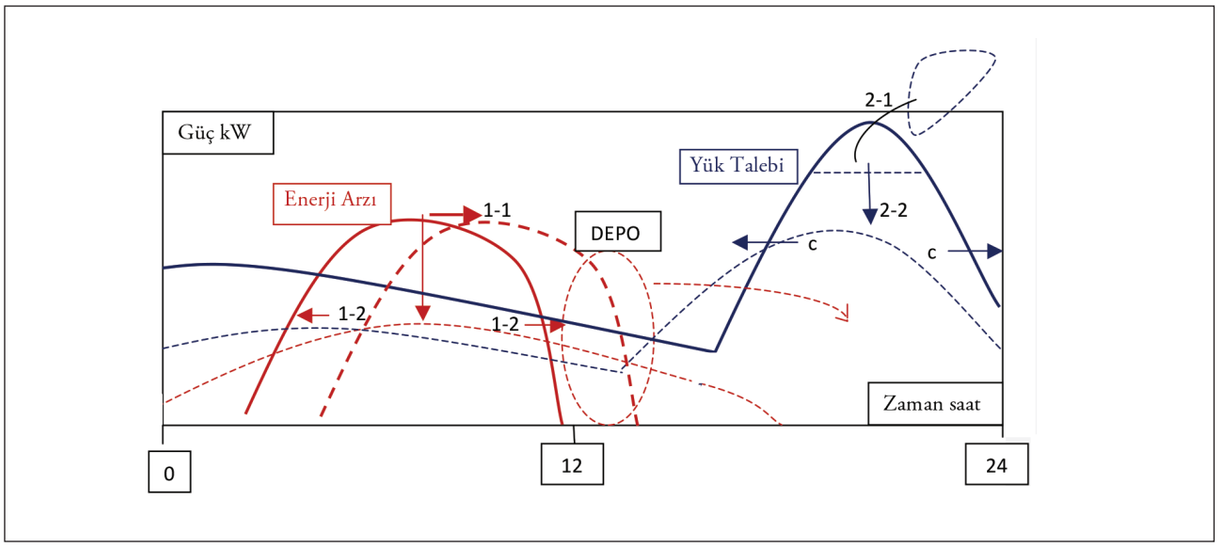
b) Yüklerin niteliğinin azaltılması (LowEx: Düşük Ekserjili Evler örneğinde olduğu gibi)[14],

c) Talep yüklerinin düzlemesi (zamana yayılması): Yük eşzamansızlıkları (diversiteleri) ile oynayarak zamana yayılması ve böylelikle yüklerin dikey eksende birikiminin azaltılarak zamana (yatay eksende) yayılması. Bu yöntemle tepe yük değerleri de azaltılmış olur. Örneğin gerçekçi ve bina tipolojisine, bölgelere ve sektörlere göre değişken elektrik tarifeleri uygulanması, tüketicilerin başka özendirici yöntemlerle veya yönetmeliklerle yüklerin yatay olarak eşzamansızlık oranı (diversite) arttırılarak zamana yayılması sağlanabilir. Ancak bu yöntem genelde elektrik yükleri için kullanılır. Isı yüklerle oynanması sanayi dışında pek mümkün değildir. Örneğin bina ısı yüklerinin profilleri öncelikle dış meteorolojik koşullara bağlıdır. Ancak ısıya bağlı soğutma yükleri bina kullanımında ve kullanım programlarında değişiklikler yapılarak kısmen bu amaca ulaşılabilir. Bu durum dışında sıcak ve soğuk depolama arz tarafında en etkili çözüm gözükmektedir. Yük tarafında yükler ne kadar iyi koşullandırılırsa ve arz tarafında ne kadar etkin hibrit sistemler kullanılırsa depo hacimleri de küçülmektedir.

d) Enerji ve ekserji tabanında yük oranlarının sabitlenmesidir.

Şekil 192'de koşullandırılmış enerji arzı (kırmızı kesikli eğri) ile koşullandırılmış yük talep eğrisi (mavi kesikli çizgi) birbirlerine oldukça yaklaşmış durumdadırlar. Depolanan enerji ise gerekli zamanlarda enerji arzına o anda destek olmaktadır.

Bu amaca yönelik olarak enerji arz sistemleri daha sürekli ve hibrit biçimde (örneğin rüzgâr ve güneş



Şekil 192: *Enerji arz ve taleplerinin koşullandırılarak yakınlaştırılmaları*

enerjisi ortaklığı gibi) gün boyu daha sürekli çalışmaktadır. Bu şekilde enerji fazlası depolanmaktadır.

Şekil 192 aynı mantıkla ekserji koşullandırması için de geçerlidir ve yukarıda açıklanan yöntemler bu kez ekserji uyumu için tekrar edilmektedir. Doğal olarak bulgular değişik çıkacaktır. Örneğin depo hacmi enerji uyumu ve ekserji uyumu için değerler ayrı ayrı çıkabilir. Böyle durumlarda enerji ve ekserjinin o projedeki göreceli önemine ve saatlik tabandaki çözümlerin yıl boyunca ağırlıklı olarak ortalaması alınarak en uygun çözüm elde edilebilmektedir.

Sonuç olarak:

[14] http://www.lowex.net/english/inside/guidebook.html

Arz Düzenlemesi + Yük Düzlemesi + Depolama = En uygun arz ve talep uyumu (10.2)

diyebiliriz.

10.1 Bina Yüklerinin Düzlemesi

Yükler düzlenerek pik yükler ortalama bir sabit yük formuna yakınsatılır.

- *Pik yüklerin giderilmesi*

  Örneğin pik soğutma saatlerinde güneş enerjisine dayalı soğutma yüklerinin bir kısmı bina güneş kırıcıları gibi pasif veya başka aktif sistemlerle giderilirse pik toplam soğutma yükü azaltılmış olmaktadır.

- *Yük yönetimi*

  1- Yüklerin (niceliklerinin) zamana yayılması,

  2- Değişik yükleri eş zamansız kılmak,

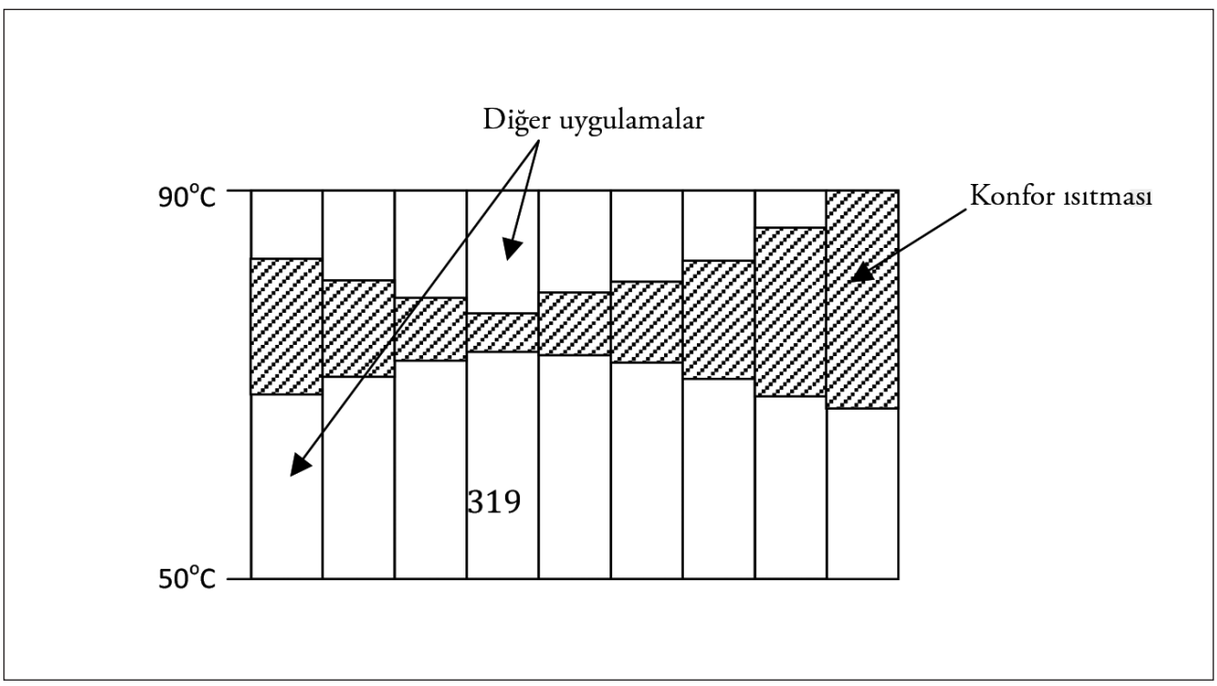
  3- Değişik yüklerin birbirine oranlarını sabite yakın koşullara getirmek,

  4- Değişik yük sıcaklıklarının zamana göre sektörler arasında dengelemesi olarak sıralanabilir.

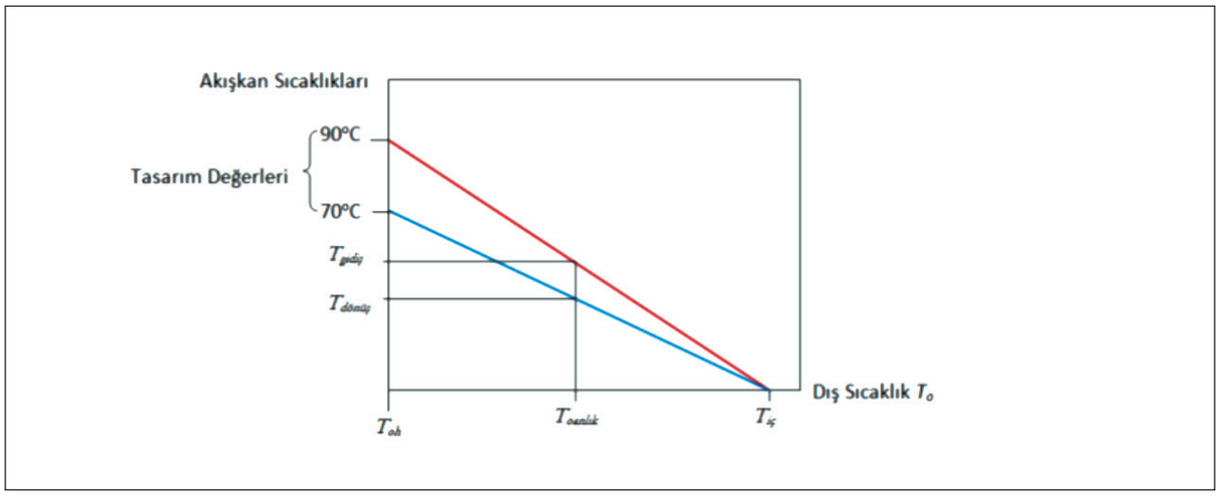
Şekil 193'de bir günlük zaman dilimleri kısmen gösterilmiştir. İçerisinde değişik yük türlerinin (sayılarının) aynı kaldığı fakat her bir yükün sadece niceliklerinin değil sıcaklık aralıklarının da değiştiği durum görülmektedir. Taralı kutular dış hava sıcaklığı kompenzasyonlu bölge ısıtması için her bir zaman dilimi içersindeki gerekli ısı niceliği ve şebekedeki gerekli gidiş dönüş sıcaklıklarını temsil etmektedir.

Tasarım kış koşullarında öngörülen sıcaklık aralığı 90°C ve 70°C ise değişen dış sıcaklığa göre bu aralığın değiştirilmesi zorunludur. Dolayısı ile gün içerisinde sadece bölge ısıtma yükünün niceliği değil sıcaklık aralığı da değişmektedir.

Eğer jeotermal enerjili birleşik ısı ve güç sistemi elektrik yüklerini takip ediyorsa ve işletim senaryosu ola-



Şekil 193: *Gün boyunca konfor ısıtma yüklerinin nicelik ve sıcaklık aralıklarının değişiminin gösterilmesi*



Şekil 194: *Dış hava sıcaklığı kompenzasyonunda şebeke suyu sıcaklık kontrolü*

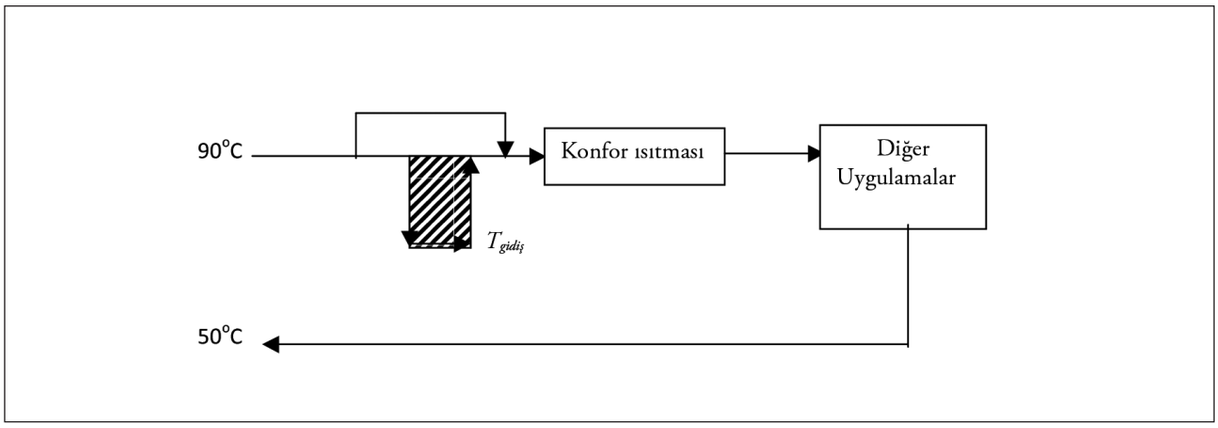
rak sabit güç yükünde çalışıyor ise (Ülkesel şebekeyi de beslemek üzere bölge enerji sistemine verilecek ısı da sabit nicelik ve sabit sıcaklıktadır. Örneğin 90°C sıcaklıkta ve belirli bir kW ısı güçte olması gibi.

Sadece konfor ısıtması söz konusu olsa idi bu ısının bir miktarı kullanılmadan basma kuyusuna geri verilecek ve belirli ölçüde ekserji yıkımı gerçekleşecekti veya bir miktar enerji kaybı olup ısıl depolarda saklanacaktı. Daha da önemlisi gidiş suyu dönüş suyu ile karıştırılarak sisteme ılık havalarda verilme durumu ortaya çıkacaktı ki bu da önemli bir ekserji yıkımı oluşturacaktı. Bu olumsuzlukları önlemek için bölge enerji sisteminde 90°C sıcaklıktaki ısı her zaman sabit debide dolaştırılır ancak gidiş ve dönüş sıcaklığı (örneğin 50°C) arasına ek uygulamalar sıcaklıklarına göre yerleştirilerek jeotermal enerji sistemi sabit yükte çalışırken sabit ısının da neredeyse tamamı yararlı işlerde kullanılarak ekserji kaybı en aza indirilmiş olmaktadır.

Şekil 195'de gösterildiği üzere, gündüz dış havanın ılık olduğu saatlerde ısı önce sanayi kuruluşlarına ve/veya ısı depolarına verilmekte (taralı alan) 90°C' lık ısı $T_{gidiş}$ (konfor ısıtması için) sıcaklığına düşürülmektedir. Bölgede ofis gibi binalarda soğutma yükleri bulunuyorsa ısıtma ve soğutma yükleri genelde birbirini dengelediğinden bölgede bu tür binaların bulunması da yararlı olacaktır.

Bu amaca yönelik bir kavram aşağıda gösterilmiştir.

Eğer dış hava çok soğursa 90°C sıcaklıktaki ısı aynen konfor ısıtmasına verilir. Tabii bu arada sanayi ve bölge ısıtma ve diğer uygulamaların toplam talebinin jeotermal bölge enerji sisteminin arzını aşmaması da



Şekil 195: *Konfor ısıtması için sıcaklık değişimi*

gözetilmektedir.

Konfor ısıtmasını takiben arta kalan ısı, seracılık gibi uygulamalara verilebilmektedir. Sonuç olarak sistem 90°C-50°C sabit sıcaklık aralığında çalıştırılmaktadır. Bu kavramsal çözümün en önemli kısıtı ise talep sektörleri arasındaki sıcaklık ve nicelik dengelerinin sürdürülebilmesidir. Bu amaçla günün değişik saatlerinde değişik talep sektörlerine özendirici veya caydırıcı tarifeler sıcaklık ve ekserji metreler üzerinden uygulanarak bu dengenin sağlanmasına çalışılmaktadır. Örneğin çamaşırhanelere günün 24 saati içersinde belli saatlerde belli tarifeden ısı sağlanması gibi.

Endüstriyel veya tarımsal kurutma için ayrı saatlerde ısı talepleri ayarlanmaktadır. Ancak her gün saat dilimleri de değişeceğinden bir yıl için genel bir saatlik tabanda eniyileme çalışması yapılmalıdır. Bunun en iyi çözümü ise merkezi ısı depolama sistemlerinin ekonomik oranda büyük seçilmeleridir. Şekil 195'de anlatılan çalışmanın bir benzeri soğutma mevsimi için de geçerlidir.

Değişik yük türleri arasındaki oranın düzlemesi

Bu konu özelikle BIG sistemleri için geçerlidir. Yükler değiştiğinde örneğin elektrik yükü takibinde üretilen ısı ve/veya soğuk yük hemen hemen sabit kalmaktadır. Halbuki bu oran talep tarafında sürekli değişmektedir. Bu farklılık da ancak enerji depolaması ve talep tarafında mümkün olduğunca oranların sabit tutlması ile sağlanmaktadır.

Enerji tasarrufu

Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektro-mekanik tüm sistemler enerji yük talep tarafı ile bir bütün olarak ele alınmalı ve çözümler sistemlerin bina tarafında da hibritleşmesini öngörmelidir. Amaç burada E (Bina elektrik talebi) ve Q_H (Bina ısı talebi)'nın nicelik olarak azaltılmasıdır. Ayrıca Q_H ın nitelik olarak (ekserji talebi) da azaltılarak düşük ekserjili yenilenebilir enerji kaynaklarına daha da uyumlu hale getirmek amaçlanmalıdır. Bu amaçla yazın gece diliminde serbest soğutma (free cooling) gibi edilgen sistemler de kullanılabilmektedir. Etkin uygulama ile bina yapı elemanlarında enerji depolanmaktadır. Edilgen olarak ısıtmada ve ön soğutmada trombe duvar uygulamaları, yeşil çatı, güneş kırıcıları gibi uygulamalar önerilmektedir. Bu bağlamda TSE tarafından geliştirilmekte olan *Güvenli ve Verimli Bina Değerlendirme Programında* şöyle bir özendirici puan sistemi bulunmaktadır.

Enerji taleplerinin düşük ekserjili hale getirilmesi

Bu amaçla öncelikle düşük sıcaklıkta çalışan ısıtma sistemleri ve yüksek sıcaklıkta çalışan soğutma sistem-

Yenilenebilir Enerji Kullanımı (16/40)	Yenilikçi , Akılcı Çözümler	Otomasyon				2	2
		Enerjinin Akılcı Kullanımı	Yenilenebilir Enerji Sistemlerinde Üretilen Doğru Akımın Verimli Kullanımı			1	1
			Akışkanın sisteme giriş sıcaklığı	*ısıtma*	$T_{giriş} \leq 50°C$	3	1.5
					$50°C < T_{giriş} \leq 70°C$		0.5
					$T_{giriş} > 70°C$		0
				soğutma	$T_{giriş} > 12°C$		1.5
					$10°C \leq T_{giriş} \leq 12°C$		0.5
					$T_{giriş} < 10°C$		0

Şekil 196: *TSE güvenli yeşil bina değerlendirme programında ekserjiye verilen önem ve ilgili puanlar.*

leri geliştirilmiştir. Buna bir örnek Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğünün enerji verimli örnek evindeki hibrit klima duvarıdır (Şekil 197). Bu sistem konfor amaçlı 30°C ile ısıtma, 17°C ile soğutma yapmaktadır. Konfor ısıtmasındaki birim ekserji talebi sadece 0,067 W/W ve konfor soğutmasındaki birim ekserji talebi (hissedilir soğutma için) sadece 0,042 W/W mertebesindedir (Dış ortam sıcaklığı 3°C için). Bu ekserji düzeylerinin atık ısı, atık soğuk, düşük yoğunluklu güneş enerjisi veya ısı pompası ile yüksek etki katsayılarında karşılanması mümkündür. Bu ekserji düzeyleri ve sıcaklıklar ısı depolama sistemlerini de kolaylaştırmaktadır.



Şekil 197: *YEGM'de örnek evde hibrit klima duvarı uygulaması*



Şekil 198: *Duvar ön paneline deliklerin açılması*

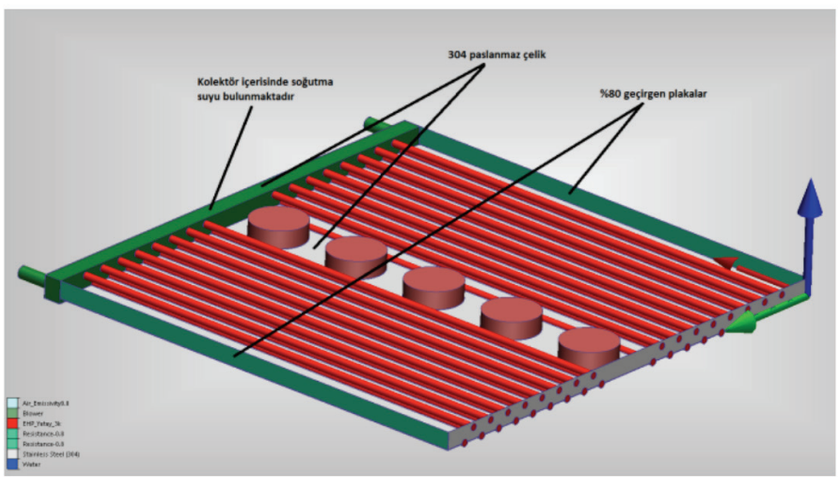


Şekil 199: *Duvar panelinin iç görünüşü*

Bu uygulamada ışınımsal yüzeye açılan çok küçük deliklerden duvar içindeki dar fancoil tarafından koşullandırılmış hava üflenerek duvar yüzeyinden doğal taşınım ve ışınım ile delikler yardımıyla ısı geçişi gerçekleştirilerek hem enerji tasarrufu sağlanmakta hem de düşük ekserji talebi karşılanmaktadır. Ayrıca az da olsa duvarda enerji depolaması gerçekleşmektedir.

Bu delikler panel yüzeyinde homojen bir akış sağlayacak tarzda desenlenmektedir. Benzer bir uygulama ise özel sıvı içeren ısı borulu tavandan ısıtma ve soğutma sistemi sayılabilmektedir.

Diğer bir net sıfır ekserji evi İsveçte inşa edilmiştir. Bu tek katlı yapı sadece kendi enerjisini kendi üret-

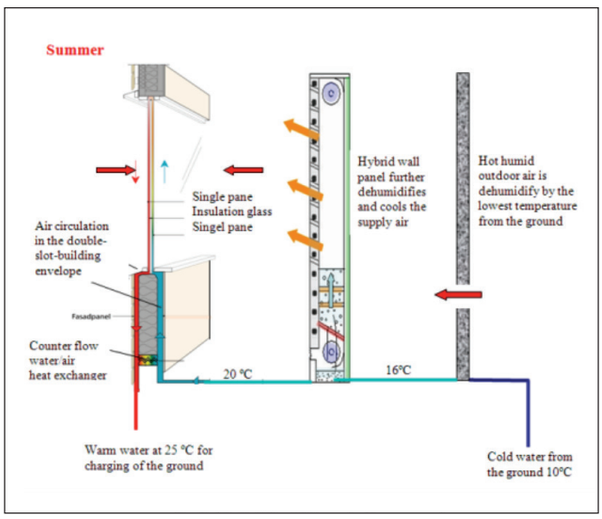


Şekil 200: *Tavandan ısıtma soğutma yapan hibrit klima paneli*

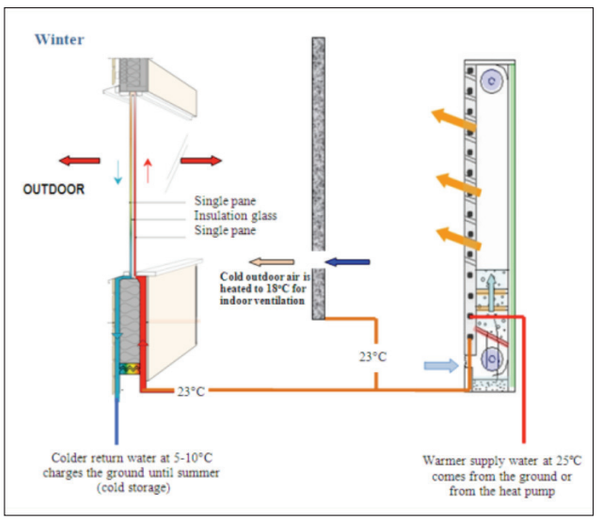
mekle kalmayıp şebeke ve çevre ile ekserji alışverişinde de ekserji dengesini sağlamaktadır (Şekil 201ve Şekil 202).

Yaz işletmesinde toprak kaynaklı soğuk su önce nem alma duvarından geçerek nemli havayı kurutur, ılınan su duvar panelinde dolaştırılmaktadır. 16°C daki serin su hissedilir soğutma için yeterli olmaktadır.

En sonunda bu su çift cidarlı bina cephesinde dolaşarak özellikle güneş enerjisi ile ısınan duvarın ısısını



Şekil 201: *Yaz işletmesi*



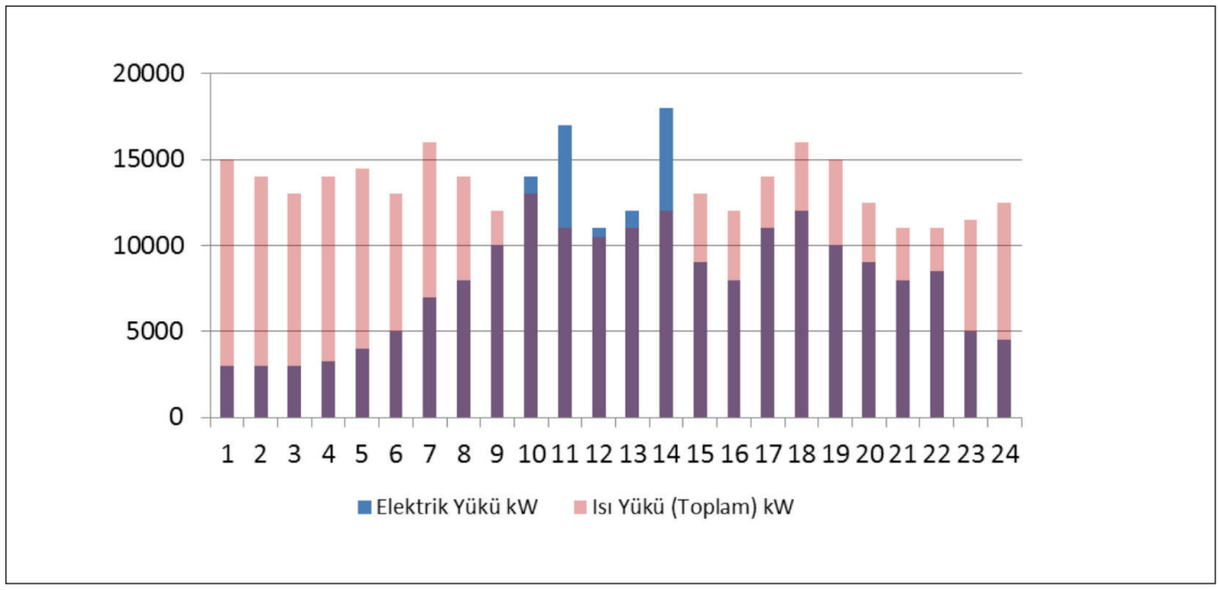
Şekil 202: *Kış işletmesi*

yutmaktadır. Toprağa ısınmış su olarak gönderilen su gelecek kış mevsimi için de enerji depolanmış olmaktadır.

Kış işletmesinde ise yerden alınan veya atık ısıdan temin edilen ılık su önce hibrit duvar panelinde dolaşmaktadır. Sonra taze hava ihtiyacı için dışardan alınan havayı ısıtmaktadır. En sonunda ise çift cidarlı bina cephesinde dolaşarak orayı da biraz ısıtmış olmaktadır. İyice soğuyan su yeraltına gönderilerek gelecek yaz mevsimi için enerji depolaması sağlanmış olmaktadır. Bu sistemin Ekserji Yönetim ve Verimi 0,67 dolayındadır.

Bina yüklerini pratikte sıfırlayamayacağımıza göre bu yükleri de koşullandırmamız gerekmektedir. Farklı bina yüklerinin saatlik ve günlük değişimleri birbirinden farklıdır ve profilleri de zaman ekseninde eş zamanlı olmayıp profil şekilleri de farklı olmaktadır. Örneğin, saat 11:00' de elektrik yükü pik değere ulaştığı bir durumda ısı yükü saat 17:00' de pik yapabilir. Ayrıca bu yük profillerinin şekilleri de farklıdır. Bu durum Şekil 203'de gösterilmektedir. Örneğin pik elektrik yükü saat 14:00 zaman diliminde 18000 kW_e olarak yer almaktadır. Pik ısı yükü ise saat 18:00' de 16000 kWh' dir. En olumsuz durum 01:00 saat diliminde görülmektedir. Elektrik yükü düşük olduğundan ısı yükünün BIG tarafından karşılanması mümkün değildir. BIG sistemini büyük seçtiğimizde fazla elektrik enerjisi üretilmek durumu ortaya çıkacaktır. Bu elektriğin şebekeye satılması düşünülse dahi gece tarifesi (en ucuz tarife) üzerinden iskontolu satılacak elektrik BIG sistemine kazanç getirmeyecektir. Bir çözüm ısı yüklerinin az, elektrik yüklerinin de az olduğu saat dilimlerinde fazla ısıyı depolamaktır. Şekil 203'deki profillere göre bu çok olası görülmemektedir. Bu noktada çıkarılabilecek önemli bir sonuç ise BIG sistemleri için yıl boyu her saat diliminde tek tek ve çok detaylı çözümlemelerin yapılarak çok dikkatli değerlendirilmeleri gerektiği yönündedir.

BIG sistemi eğer elektrik yükünü takip edecek ise sistemin güç ısı oranı yaklaşık sabit olduğuna göre ısı yüklerinin çok elektrik yüklerinin az olduğu saatlerde BIG ısı yüklerini karşılayamayacaktır. Şekil 203'e göre, minimum yük 2800 kW dolayındadır. Günlük toplam yükün 24 saate bölünmesi ile ortaya çıkan günlük taban

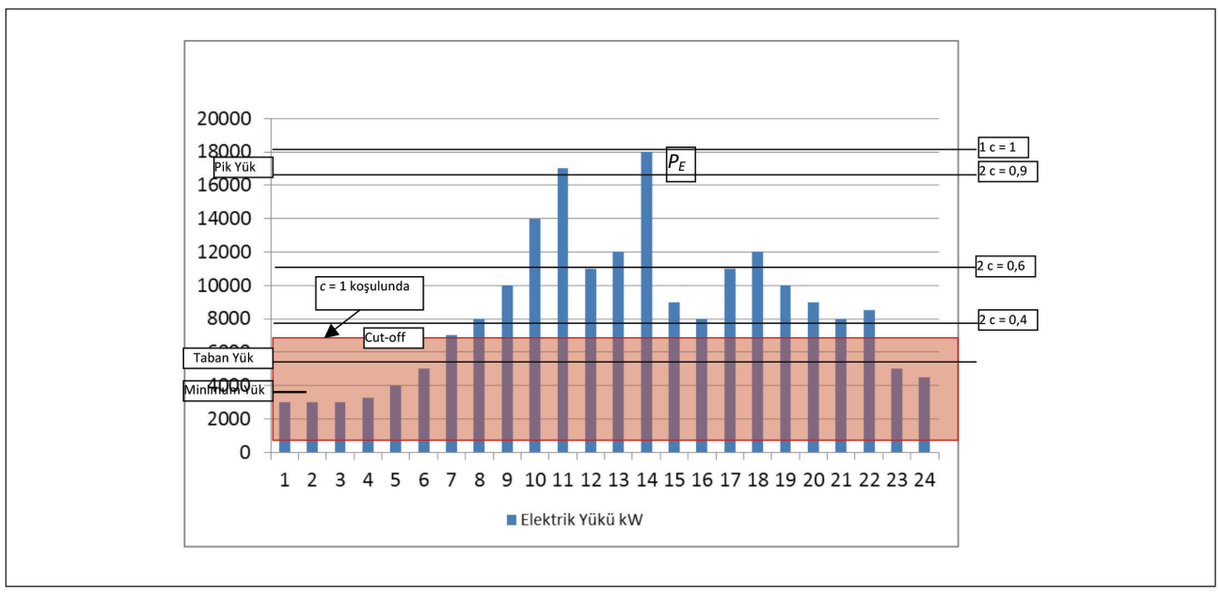


Şekil 203: *Güç ve ısı yüklerinin bir gün boyu saatlik değişimlerine sanal örnek*

yük ise kW dolayındadır. Eğer BIG kapasitesi pik yükün (P_E) tamamını karşılamak üzere seçilirse (Şekil 204, 1 numaralı yatay çizgi, $c = 1$) veya kapasite 0,9 x P_E olarak (2 numaralı yatay çizgi, $c = 2$) seçilirse birçok saat diliminde üretilen elektrik gücü talebin üzerinde olacaktır. Hastanelerde elektrik gücünün şebekeye satışı da önerilmediğinden BIG sistemi mecburen kısmi yüklerde çalışarak verimi düşecektir. Yüksek ilk yatırım maliyeti daha uzun sürede geri dönecek, BIG sistemi o gün sadece iki saat tam yükte çalışabilecektir.

BIG sistemlerinin en düşük kısmi yükü de yaklaşık 0,4 olduğundan bu tür gereğinden büyük seçilmiş BIG Sistemi eğer $c = 1$ seçilirse çalışma alt sınırı (cut-off) 7200 kW_e olacaktır (Şekil 204'de pembe taralı bölge). Bu nedenle pik elektrik yükünün tamamının karşılanacağı bir BIG seçeneğinde BIG sisteminin günün yaklaşık sekiz saatinde durdurulması zorunluluğu doğacaktır. Diğer iki yatay çizgi 3 ve 4 sırası ile c nin 0,6 ve 0,4 olduğu seçenekleri göstermektedir.

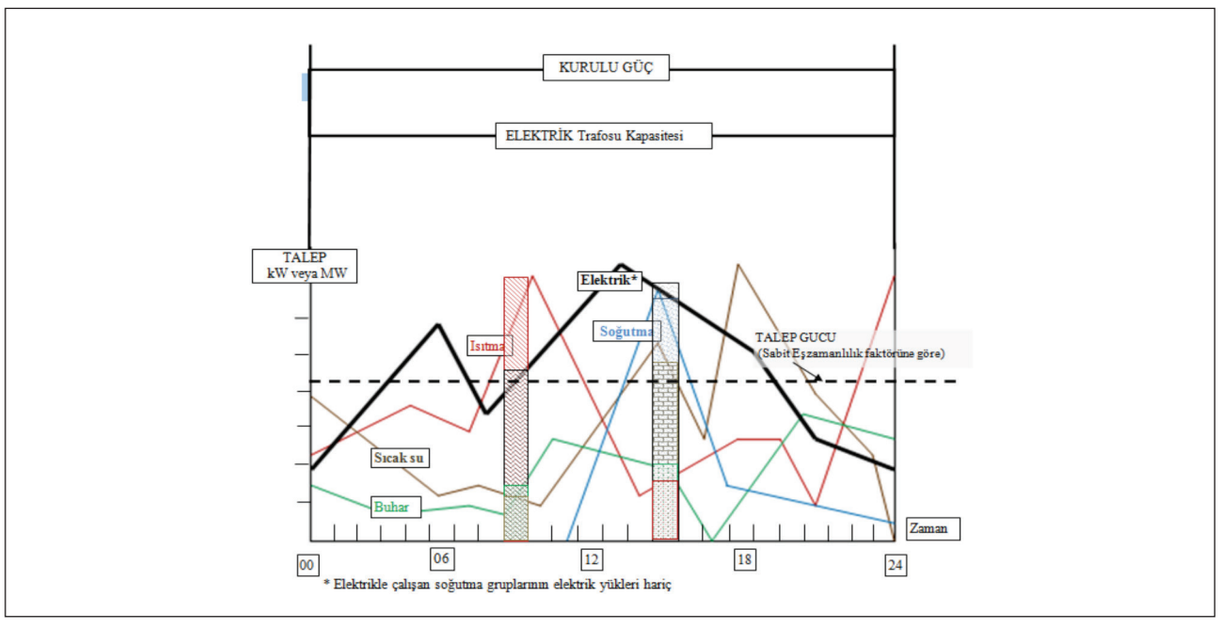
Görüldüğü üzere c katsayısı azaltıldıkça seçilen BIG sisteminin kapasitesi azalmakta (Daha ucuz) ve daha



Şekil 204: *Sadece elektrik yük profilinin görünümü ve değişik c değerlerine göre seçili BIG kapasitesi*

uzun sürelerde tam yük veya tam yüke yakın işletime sahip olarak parasal geri dönüş hızlanmaktadır. Bu trendin bir alt sınırı vardır: *c* azaldıkça şebekeden alınan elektrik ve ısının büyük kısmının kazanlardan karşılanması geri dönüşü uzatmaktadır. İşte kilit çözüm en uygun *c* katsayısını bulmaktır. Bu örnek bize BIG sisteminin elektrik güç üretim kapasitesinin *c* cinsinden en iyileme çalışmasının yapılmadığı durumlarda çok yanlış sonuçlar alınabileceğini göstermektedir.

Bir ticari binanın değişik ısıl ve elektrik yüklerinin tipik saatlik salınımları görülmektedir. Her bir yükün salınım görünümü kendine özgü olup, tepe yüklerin çakışmaması dışında saatlik yük oranları da farklıdır. Tüm bu değişik türdeki ve farklı davranış biçimlerindeki yüklerin yıl boyunca sergiledikleri salınımlar hassas bir biçimde bilinmediğinde, bilinse bile göz önünde tutulmadığında günlük, yıllık toplamlar cinsinden hassas bir çözümlemenin mümkün olamayacağı açıktır. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının saat tabanında arz ettiği enerji de kesikli ve eş zamansızdır. Bu eş zamansızlık hem değişik yenilenebilir enerji kaynakları arasında (örneğin güneş enerjisi varken rüzgâr esmeyebilir) hem de yükler arasındadır.



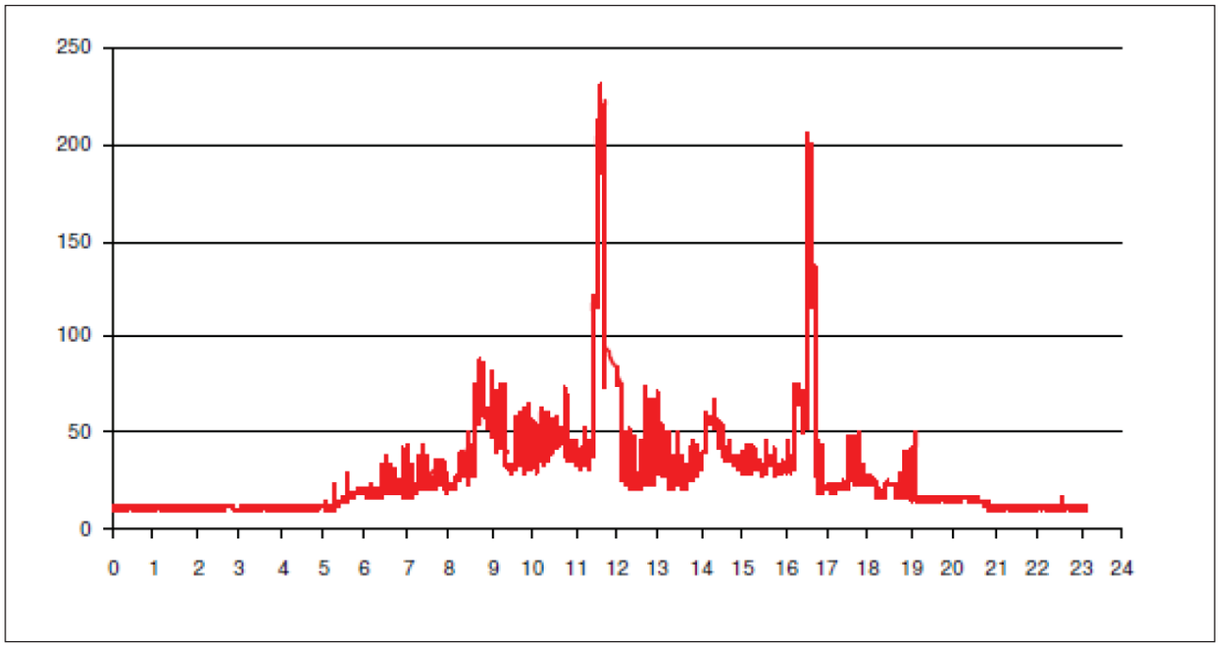
Şekil 205: *Bina yüklerinin zaman ekseninde nicelik, nitelik ve oransal değişimi*

10.2 Örnek: Hastane Yükleri

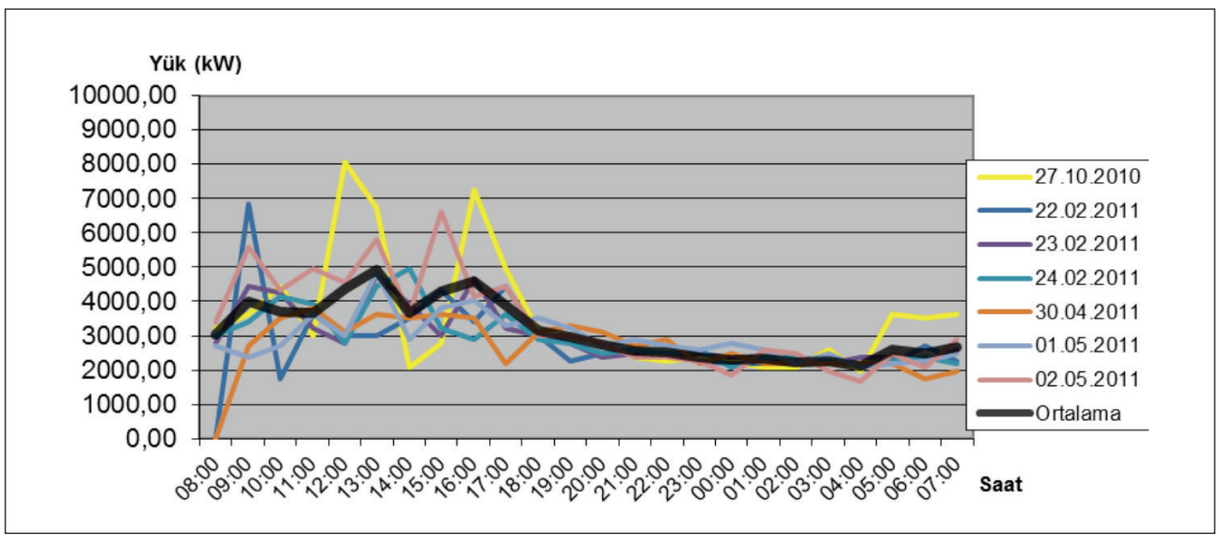
T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nde ve TSE'nin hazırlamakta olduğu Güvenli ve Yeşil Binalar Sertifikasyon Standardı'nda binalarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına ilişkin alt sınırlar getirilmiştir. Nitekim T.C. Sağlık Bakanlığı'nın Hastane şartnamelerinde de bu durumun geçerli olduğu görülmektedir. Hastanelerde özellikle gündüz saatlerinde yük zıplamaları bulunmaktadır ve yenilenebilir enerji sistemlerinin seçimini ve optimizasyonunu özellikle zorlaştırmaktadır.

Hastane binalarının gerçek yük verilerinin örnekleri aşağıdaki bağlantıda verilmiştir (Şekil 206, 207 ve 208).

Soğutma gruplarının elektrik yükleri binanın elektrik yüklerini arttıracaktır. Eğer soğutma yüklerinin hiç olmazsa bir kısmı yararlı ısı ile çalışan soğutma makineleri ile karşılanırsa toplam elektrik yükü azalacaktır (Aşağı ok).

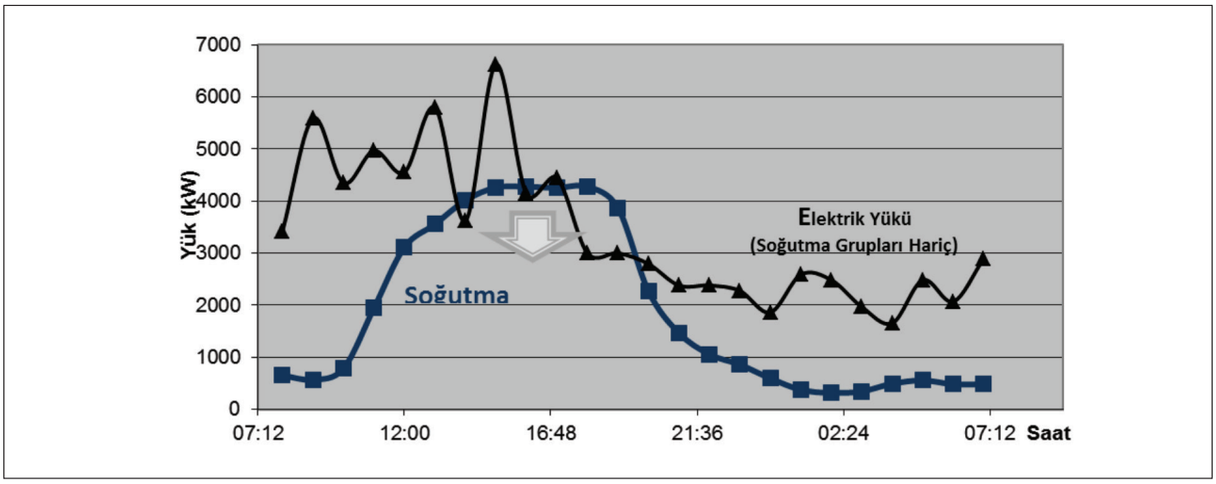


Şekil 206: *Hastane yük değişimi. tıbbi cihaz yüklerinin zıplamalarına dikkat ediniz.*

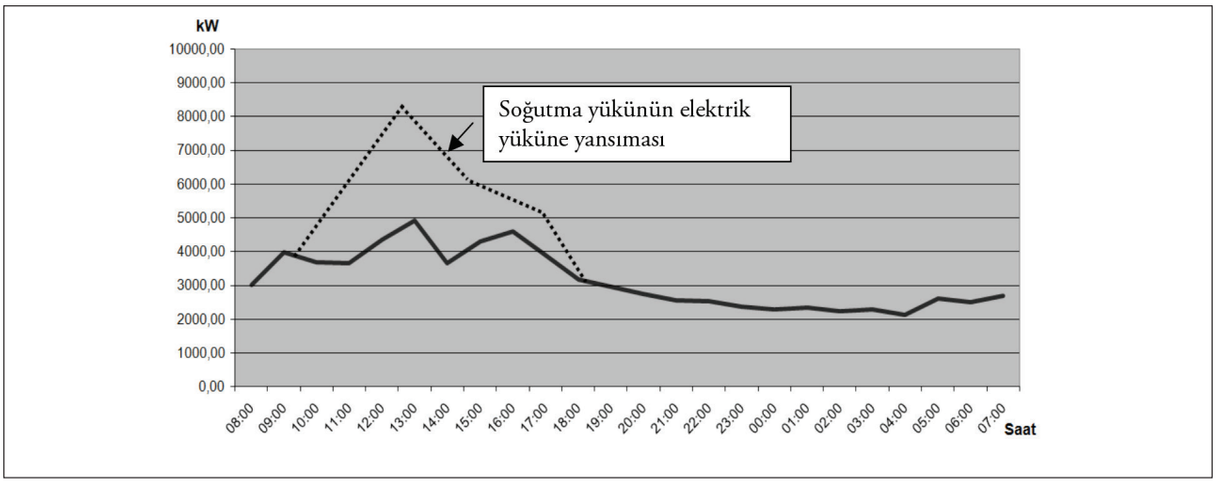


Şekil 207: *Başka bir hastanede soğutma mevsimi dışında günlük güç yükleri.*

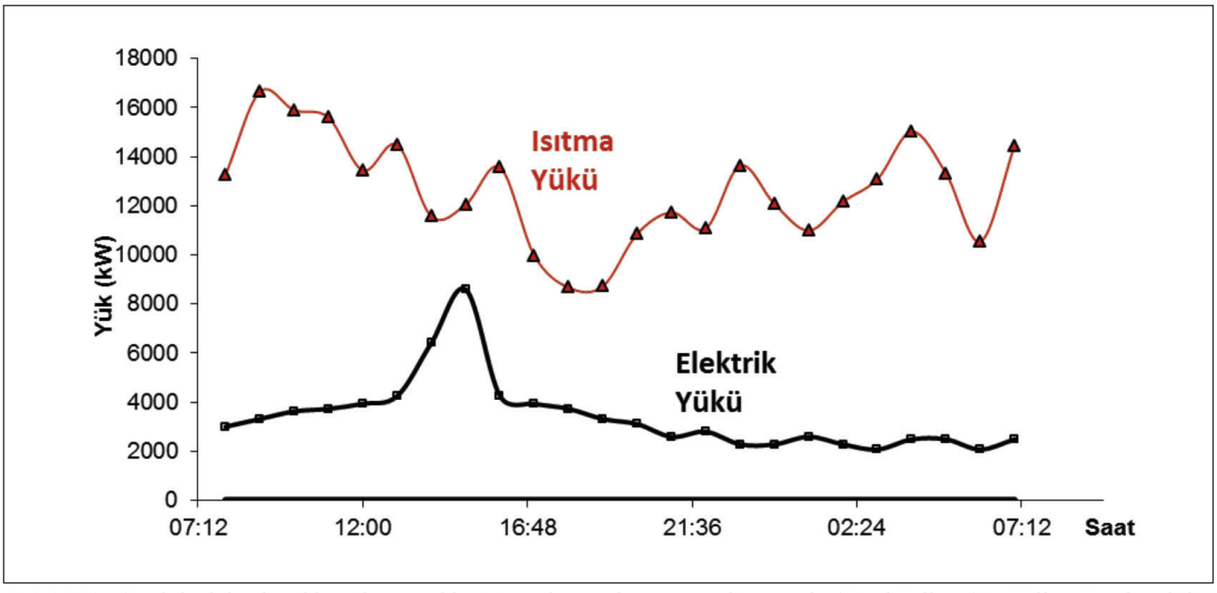
Şekil 210'da günlük elektrik yükü ve ısıtma yükü profilleri gözükmektedir. Bu kez elektrik yükleri bir pik dışında dengeli gözükmektedir. Isı yükleri ise elektrik yüklerinin çok üzerindedir. Tüketici taleplerine göre gerekli güç ısı oranı yaklaşık 3000 kW_E/11000 kW_H = 0,27. Bu değere uyumlu BIG sisteminin gerekli *C* değeri ise pratikte mümkün değildir (Stirling motorlu sistem dışında). Pratikte bu tür bir yük dağılımında ısı pompalı bir melez sistem gerekli olacaktır. Böyle bir sistemde BIG elektriğinin bir kısmı toprak kaynaklı bir ısı pompasında kullanılarak COP_H = 3 kabulü ile önemli bir ek ısı gücü üretim potansiyeli elde edilir. Örneğin 5000 kW lik bir BIG sisteminden 2000 kW lik kısmı bir toprak kaynaklı ısı pompasında değerlendirilirse 2000 kW_E x 3 = 6000 kW_H ısıl güç elde edilir. Seçilecek BIG sisteminin *C* katsayısı 0,8 ise BIG sisteminin üreteceği ısıl güçte 2000 kW_E /0,8 = 2500 kW_H olur. Toplam ısıl güç (6000 kW_H + 2500 kW_H) = 8500 kW_H. Bu toplam ısıl güç potansiyeli ısıtma yükünün ortalama (taban) değerine yakındır. Ufak bir pikleme kazanı ve sıcak su deposu



Şekil 208: Soğutma mevsiminde güç yükünün artması.



Şekil 209: *Ortalama (soğutma mevsimi hariç) güç yüküne soğutma yükünün somut etkisi.*



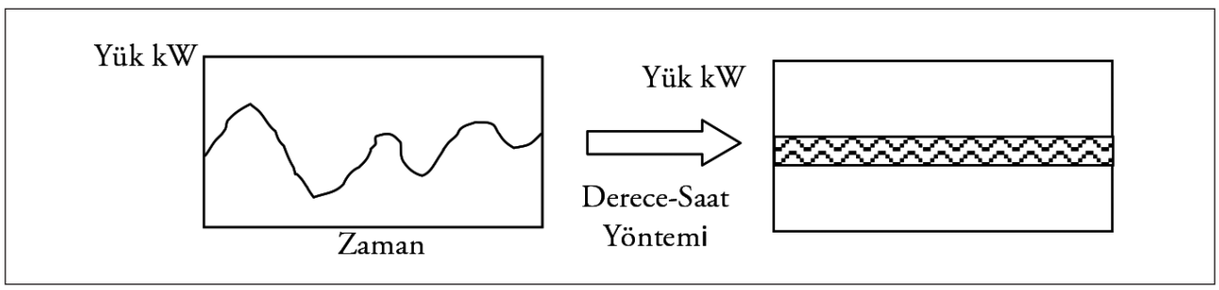
Şekil 210: *Günlük elektrik yükleri ile ısı yüklerinin çakışmazlığına ayrı bir örnek. (Birol Kılkış, Şiir Kılkış, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Birleşik Isı ve Güç Üretimi, TTMD Yayın No 18, Ankara, 2016)*

ile böyle bir çözüm yeterli olacaktır. Her bina, her otel, her hastane, her okulun yükleri ve profilleri kendine özgüdür ve tasarımlarla değişik seçeneklerin her seferinde en iyilendiği hibrit BIG sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulaması gerekmektedir.

Binada yükler saatlik tabanda kestirilebilmektedir. Bunun için EnergyPlus gibi yazılımlara ve ara yüzlerine gerek bulunmaktadır Bu yazılım paketleri genelde ASHRAE 90.1 Standardı ve ASHRAE 189 Standardına göre hazırlanmaktadır.

10.3 Bina Yüklerinin Derece-Saat Tabanında Hesaplanmasına İlişkin Yeni Yöntem

Arz ve talep tarafındaki enerji ve ekserji dalgalanmalarının uyumlu biçime getirilmesi gerekmektedir. Bunun ötesinde gerekli sistem ve cihaz kapasitelerinin de bu bağlamda en uygun şekilde tespiti gerekmektedir. Ancak bazı durumlarda bu dinamik yüklerin saatlik tabanda bulunması çok zor hatta olanaksız olabileceğinden bu durumda dinamik yükleri en iyi biçimde zamana bağlı olmaksızın bir hata bandı içerisinde statik yükler haline dönüştürmek gerekmektedir. Bunun en kısa ve uygun yöntemi derece-saat değerlerinin kullanılmasıdır.



Şekil 211: *Dinamik yüklerin statik yük tabanına indirgenmesi.*

Bu amaçla yıllık bina ısıtma ve hissedilir soğutma yüklerinin hesabı için kısa ve yaklaşık yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemin özü ısıtma derece-saat ve hissedilir soğutma derece-saat verilerine dayanmaktadır. Bu değerler son yıllarda değişik araştırmalar sonucu ortaya çıkarılmış bulunmaktadır. Türkiye'nin tüm illeri ve birçok meteoroloji istasyonları için bu değerler hesaplanmıştır .

Yeni yöntemde saatlik tabanda ısıtma yükleri ve hissedilir soğutma yükleri şu şekilde hesaplanmaktadır:

Isıtma mevsiminde:

$$q_h(t) = U_h\left(T_{iç} - T_o(t)\right) \quad \{t \text{ yıl içersinde birer satlik zaman dilimidir}\} \tag{10.3}$$

Soğutma mevsiminde:

$$q_c(t) = U_c\left(T_o(t) - T_{iç}\right) \tag{10.4}$$

Yukarıdaki eşitliklerde,

IDS (t): Yıl içerisinde *t* saat dilimindeki ısıtma derece-saat değeri, (K)

SDS(t): Yıl içerisinde *t* saat dilimindeki hissedilir soğutma derece saat değeri, (K)

$q_h(t)$: *t* saat dilimindeki saatlik ısıtma yükü (kW-h)

U_h : Yapının ısıtma mevsimi ortalaması genel ısı transfer katsayısı (kW-h/K)

$T_o(t)$: t saatindeki dış ortam kuru-termometre sıcaklığı (K). Söz konusu yöreye ilişkin meteorolojik saatlik verilerden elde edilir.

$T_{iç:}$: İç tasarım konfor sıcaklığı (K)

Eğer $T_{iç}$ bina otomasyonu ile gün boyu değiştiriliyor ise $T_{iç}$ de zamanın bir fonksiyonu olarak ele alınır. Aksi durumda ısıtmada 22°C (295 K) sabit alınır.

Derece-saat verilerinin de bu sıcaklıkta hesaplanmış olmasına dikkat edilir.

Soğutma için sabit değer 24°C (297 K) dir.

$q_c(t)$: t saat dilimindeki saatlik hissedilir soğutma yükü (kW-h)

U_c : Yapının soğutma mevsimi ortalaması genel ısı transfer katsayısı (kW-h/K)

Genelde bina dış cephelerindeki ısı taşınım ve ışınım katsayıları ısıtma ve soğutma mevsimlerine göre değişiklik gösterdiğinden U değerleri yaz ve kış değerleri olarak ikiye ayrılmıştır. Eğer yukarıdaki eşitliklerdeki U değerlerini biliyor olsak, saatlik dış sıcaklıklar da meteorolojik verilerden bilinmesi nedeni ile saatlik ısıtma ve hissedilir soğutma yükleri yukarıdaki eşitliklerden hesaplanabilir. Saatlik meteorolojik veriler içersinde ışınım, rüzgâr yönü ve şiddeti bağıl nem değerleri de bilindiğinden mevsim ortalamalı U değerlerine özel düzeltme çarpanları uygulayıp U değerlerinin de saatlik değişkenler haline getirilerek daha duyarlı çözümler elde edilebilir; ancak, burada bu konuya değinilmeyecektir.

Mevsimlik ortalama U değerleri ise belirli bir bina için yönetmeliklerde mevcut ısıtma ve soğutma tasarım yüklerinin stadart hesap yöntemleri ile ortaya çıkan yük değerlerinden (Q_h ve Q_c) bulunmaktadır:

$$U_h = \frac{Q_h}{IDS} \tag{10.5}$$

$$U_c = \frac{Q_c}{SDS} \tag{10.6}$$

Burada IDS ve SDS sırası ile ısıtma ve hissedilir soğutma derece-saat değerlerinin mevsimlik (yıllık) toplamlarıdır. Q değerleri ise salt bina yükleri olup sistem verimlerini içermez. Bahar (İlkbahar ve sonbahar) mevsimleri kırılıma dâhil edilecekse (dört mevsim) bu iki bahar dönemi için (Shoulder season) ortalama U_{hc} değeri olarak U_c ve U_h değerlerinin o yöredeki ısıtma ve soğutma mevsimleri dönemlerini (gün tabanında) ağırlıklı ortalaması kullanılabilir.

Elektrik yüklerinin ve sıcak su yüklerinin saatlik değişimleri bina özelinde ayrıca tipik mevsimsel tabanda günlük yük profilleri dikkate alınarak çözümlenmelidir. Eğer yıllar boyunca bir ekonomiklik çözümlemesi yapılacak ise bina hissedilir yükleri her takibeden sene için % 3 arttırılır. Istma yükleri için ise %2 oranında azaltılır. Bu değerler ülke ortalamasında binaların eskime payı ve bakım yetersizliği yanında küresel ısınmanın genel etkisi göz önünde tutularak önerilmiştir. Soğutma derece-saat değerleri gizli soğutma yüklerini içermediklerinden bu değerlere belirli bir artış katsayısı uygulanarak yaklaşık da olsa gizli soğutma yükleri de dikkate alınmış olmaktadır. Bu artış katsayısı Ege, Marmara, Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu için 1,75, diğer yöreler için 1,4 olarak önerilmiştir. Bu yaklaşık hesapta % 50 taze hava rejimi kabul edilmiştir.

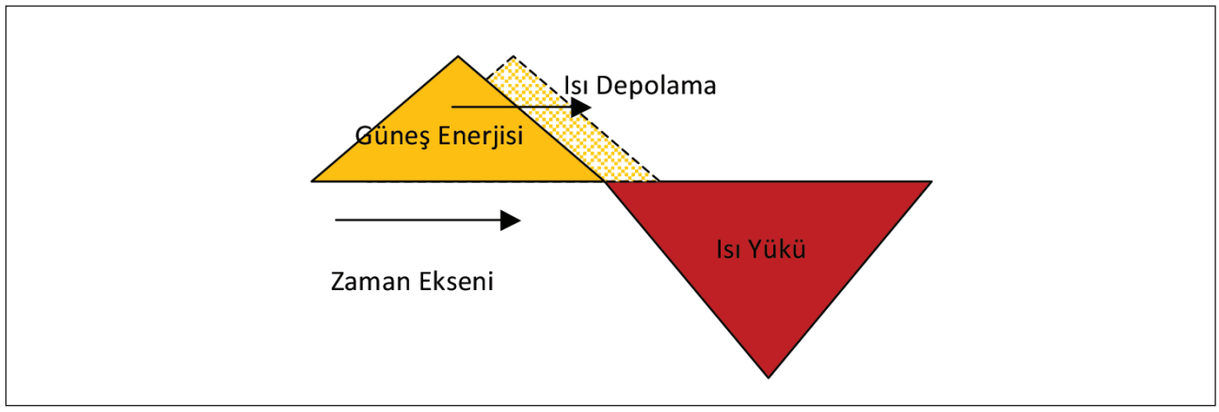
10.4 Yüklere Karşılık Sistem Kurulu Kapasitesinin Eniyilemesi

Bina yüklerinin derece-saat tabanında hesaplanması, basit yöntemle hesaplanmış veya her hangi bir bina benzetim modeli ile elde edilmiş olsun, bina yükleri saatlik tabanda belirlendikten sonra bu yükleri mümkün olduğunca eş zamanlı ve sabite yakın oranlara getirmeye çalışılmalıdır. Bu işlem birleşik ısı ve güç sistemleri için önemlidir, zira bu tür sistemler ısıyı ve gücü hemen hemen sabit bir oranda vermektedirler. Yüklerdeki bu oranlar çok değişirse ısıl depolama hariç başka bir pratik önlem bulunmamaktadır. Bu nedenle bina yüklerini dengelemek için bina içi fonksiyonları 24 saat boyunca çok iyi planlamak, mümkünse taban yük pik yük değerlerini yakınsamak gerekmaktedir. Bu tür yük koşullandırmaları gerçekleştirildikten sonra seçilecek sistem karmasının birleşenlerinin ayrı ayrı kapasiteleri belirlenebilir.

10.5 Enerji Depolamasının Gerekçeleri

Öncelikle güneş enerjisini ele aldığımızda:

Bina yükleri ile yenilenebilir enerji kaynaklarının arzedeceği güçler çoğu kez eşleşmeyebilir. Saatlik yük salınımları ile yenilenebilir enerji kaynakları zamanın vazgeçilmez bir fonksiyonudur ve bu fonksyonlar tam olarak örtüşmez. Güneş enerjisi ile ısıl yük ilişkisindeki aşırı durum aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



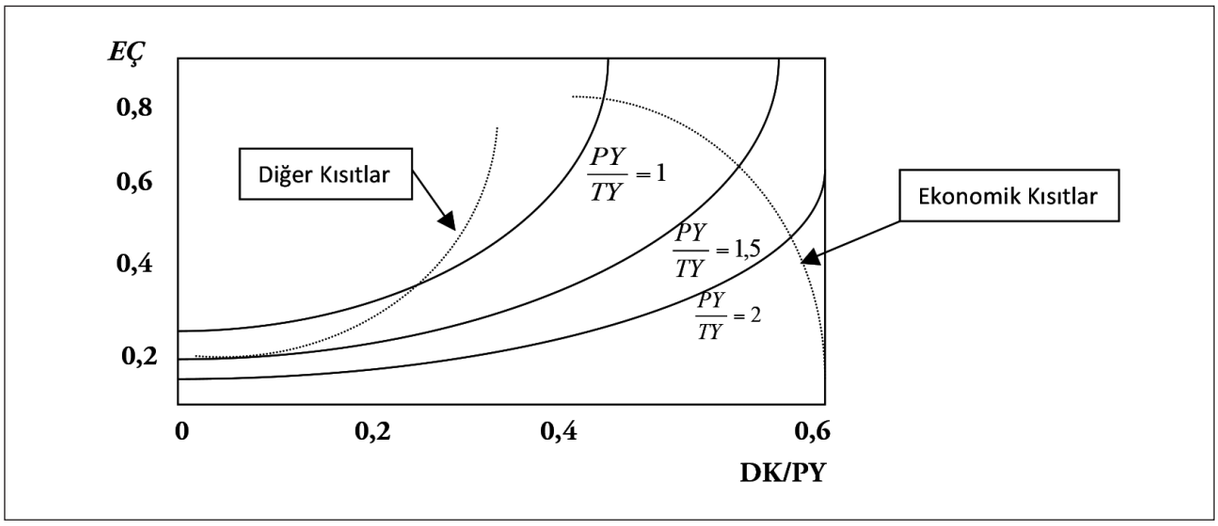
Şekil 212: *Örnek en olumsuz koşul. (Birol Kılkış, Şiir Kılkış, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Birleşik Isı ve Güç Üretimi, TTMD Yayın No 18, Ankara, 2016)*

Depolama olmaksızın güneş enerjisi bu örnekte hiç bir işe yaramamaktadır. Bu kuramsal şekilde güneş enerjisi varken ısı yükü yoktur. Isı yükü varken de güneş enerjisi yoktur. Deponun ise ne denli yarar (örtüşüm, eşzamanlılık) sağlayacağı seçilecek depolama kapasitesine bağlıdır ve gene bu hesaplar gerçek saatlik yük ve enerji arz (amadelik) salınımları olmadan bilinememektedir. Arz ve talebin uygulama sırasındaki gerçek eşleşmeme (örtüşmeme, eşzamansızlık) durumu ve bunun tüm hesaplara etkisi de ancak gerçek saatlik salınımlardan görülmektedir. Eşleşme çarpanı ise yıllık bir ortalama tabanda tahmin edilirse Fast Track oldukça duyarlı sonuçlar verebilir. Ama bu olası duyarlık, yöreye, bina özelliklerine, meteorolojik koşullara, bina işletimine ve kullanım düzenine bağlıdır. Bunun hesaplandığı varsayıldığında o zaman,

Güneş enerjisinin binaya mevsimlik (yıllık) net katkısı = (EÇ) x (mevsimlik) yıllık toplam ışınım değeri kW-h/yıl xη x Toplaç Güneş Işınımı Yüzey Alanı formülü uygulanabilir

EÇ değeri ekonomik ve diğer (çevresel gibi) kısıtlar içersinde yapılabilecek depolama kapasitesi ile orantılıdır.

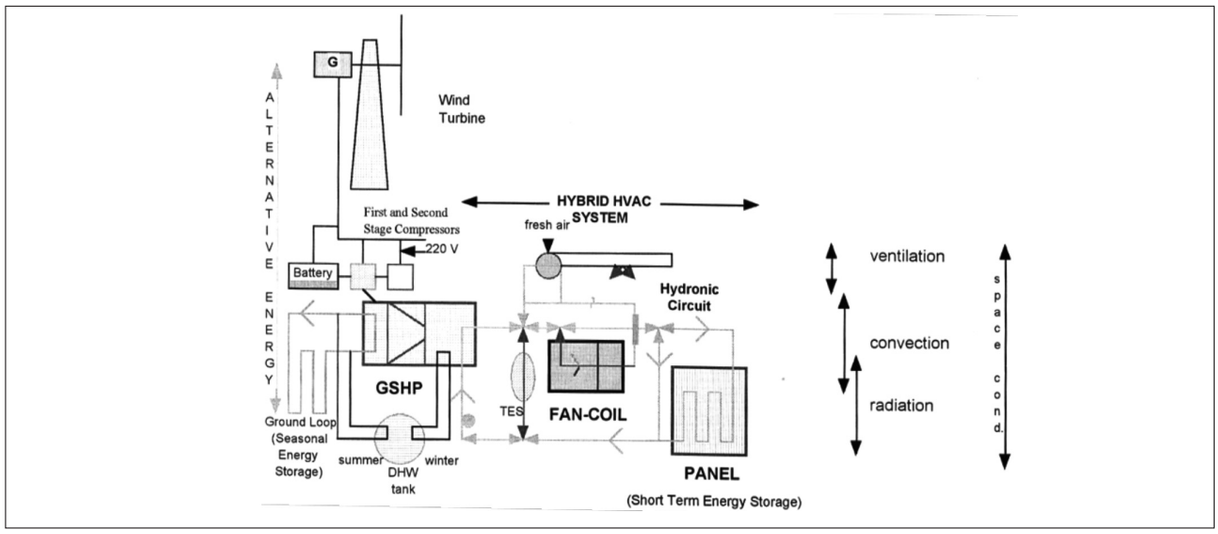
Depolamanın yararları;



Şekil 213: *Isıl depolama kapasitesi (DK), pik yük (PY)-taban yük (TY) oranı ve EÇ arasındaki mantıksal ilişki. (Isıl depolama kapasitesi (DK), pik yük (PY)-taban yük (TY) oranı ve EÇ arasındaki mantıksal ilişki. Birol Kılkış, Şiir Kılkış, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Birleşik Isı ve Güç Üretimi, TTMDYayın No 18, Ankara, 2016)*

1. Eşzamanlılığın artırılması,
2. Enerji verimliliğinin sağlanması (gece),
3. Yatırım avantajlarına katkı oluşturması,
4. Pik santrallere olan gereksinimin azaltılması,
5. Cihaz seçiminde eniyilemenin daha kolay yapılabilmesi (yükler daha düzenli ve hibrit cihazları bir araya getirmek optimize etmek daha kolay hale gelmektedir)
6. Toplantı salonu gibi mekanlarda daha emniyetli enerji kullanımının sağlanması

Birbirini destekleyen hibrit iki sisteme örnek olarak hibrit yenilenebilir enerji sistemi ile hibrit HVAC kurulumu sayılabilir.



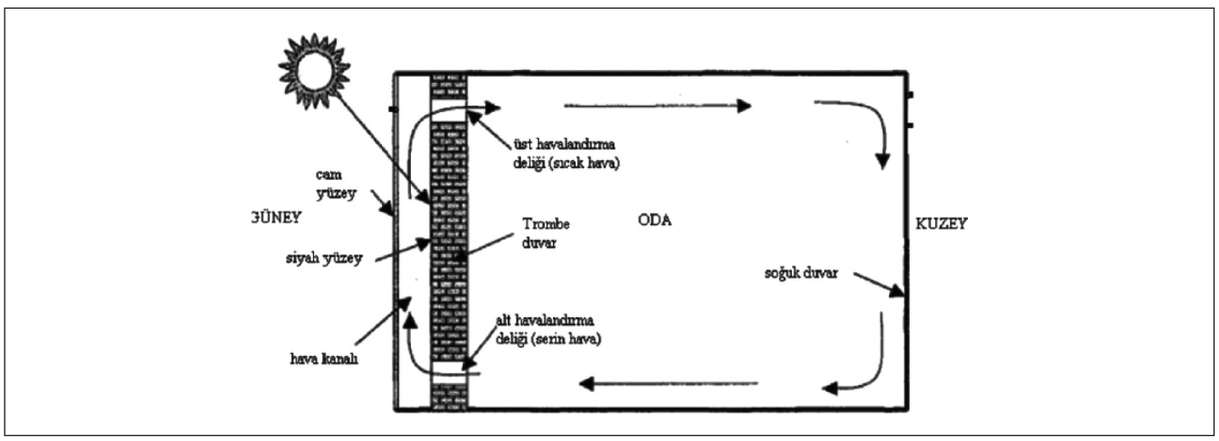
Şekil 214: *Hibrit HVAC sistemine bağlı GSHP ile çalışan rüzgar türbini örneği şeması*

Enerji Depolama Yöntemleri

1. Isıl Enerji Depolama (Trombe duvarı örneği)

Depolamanın yapılabilmesi için bir ısı kaynağına ihtiyaç vardır. Bu ısı kaynağı bir santralin atık ısısı olabileceği gibi güneş enerjisi, jeotermal enerji vb. ısı kaynaklı sistemler olabilir. Depolama işlemi için seçilecek ortam, yapılacak işlem türü ile doğrudan ilgilidir. Örneğin, su ısıtma sisteminde duyulur ısı yolu ile depolama, hava ısıtma sisteminde ise çakıl taşı yatakları daha etkindir. Bir binanın pasif olarak ısıtılması işleminde ısı enerjisinin bina duvarlarında depolanması gerekir. Trombe duvar sistemi, güneş enerjisinin pasif olarak binada depolanmasına örnek bir sistemdir.

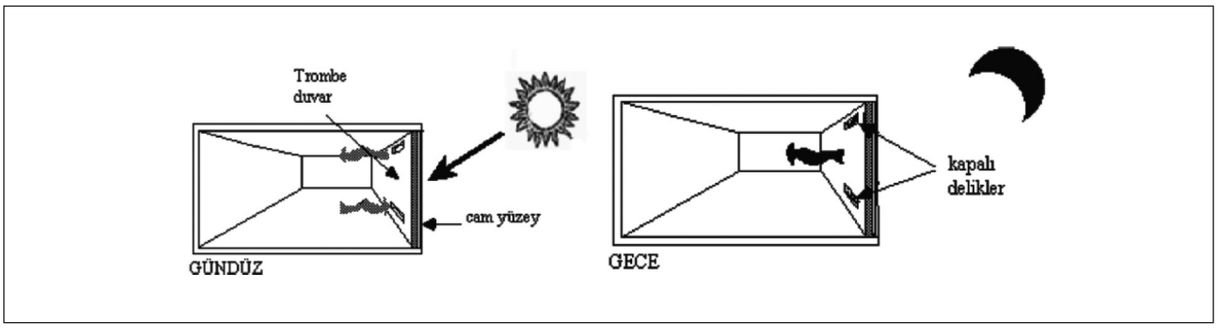
Trombe duvar bir kollektör sistemi olup, duvar ve duvardan belli bir mesafeye yerleştirilmiş cam yüzeyden oluşur. Duvarın dış yüzeyi güneye bakar ve güneş ışınlarını absorplayıcı olarak çalışır. Burada, camdan geçen ışınlar, Trombe duvar tarafından emilerek, enerji duvar içinde depolanır. Cam ile duvar arasında kalan hava ise ısınır ve doğal konveksiyon yoluyla üst delikten iç ortama iletilir. Bilindiği gibi ısınan hava genleşir ve böylece sıcaklığı artarken yoğunluğu azalır. Dolayısı ile kanal içerisindeki hava, kaldırma kuvvetinin etkisiyle yükselir. Üst delikten oda içerisine girerek, sahip olduğu enerjiyi buralara aktarır. Soğuk oda havası, Trombe duvarın alt kısmında bulunan hava deliğinden kanala çekilir, hava kanalında ısınırarak yükselir ve oda içerisine tekrar sirkülasyon yoluyla aktarılır. Kanalda doğal konveksiyonla (termo sirkülasyon) ısının taşınması, duvarın alt ve üst kısımlarına hava deliklerinin açılmasıyla mümkün olmaktadır. Böylece kışın güneşli günlerde odaya ek bir ısı kazancı sağlanmış olur. Trombe duvar sistemlerinde duvarın güneşe bakan dış yüzeyi koyu renkte olmalıdır.



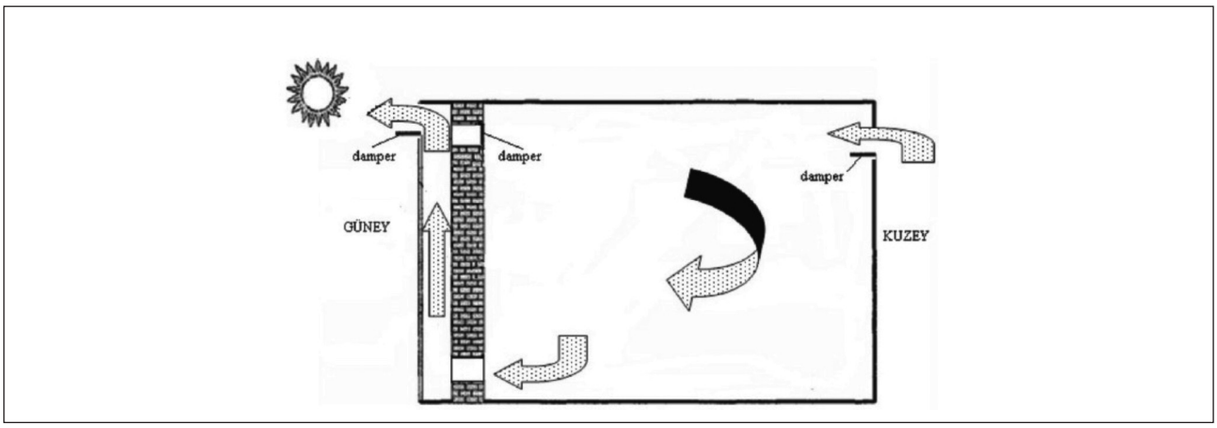
Şekil 215: *Trombe duvarın çalışma şekli.*

Trombe duvar için gündüz ve gece çalışması gösterilmiştir. Gündüz, alt ve üst hava kanalları hava sirkülasyonu için açık tutulur. Gece ise, havalandırma delikleri kapatılarak, depolanan güneş ısısı Trombe duvardan odaya kondüksiyon yoluyla iç ortamı konforlu hale getirmektedir. Bazı durumlarda kullanıcının isteğine göre, ısı geçişinin kontrolünün yapılması gerekir. Bu kontroller, duvarla pencere arasına hareket edebilen yalıtım perdesi yerleştirilerek, gündüz gölgeleme amaçlı kullanılıp, gece ise ısı kayıplarının önlenmesi amaçlı kullanılabilir.

Cam üzerindeki dış damper açıldığında, baca etkisiyle sürüklenen hava, kuzey cephesinden alınan serin havayı içeri çekecek, böylece mekânın havalandırılması da sağlanmış olacaktır. Trombe duvar, özellikle güneşli fakat soğuk kış aylarının görüldüğü iklim koşulları için uygun bir sistemdir.



Şekil 216: *Trombe duvar için gündüz ve gece çalışması*



Şekil 217: *Trombe duvar havalandırma düzeni.*

2. Kimyasal Enerji Depolaması (Hidrojen örneği)

Enerji kimyasal bileşiklerin oluşturduğu bağlarda depolanabilir ve exotermik[15] reaksiyonlarla tekrar kazanılabilir. Bunun için bazen bir ısı, enzim gibi katalizör kullanmak gerekebilir. En çok kullanılan yöntemler; hidrojen ve amonyaktır.

Hidrojen gazı elektroliz yoluyla sudan elde edilebilir. Gaz depolanabilir, taşınabilir ve yakılarak depoladığı enerji açığa çıkarılabilir. Yanma sonucu açığa çıkan egzoz sadece sudur ve çevre dostudur. Günümüzde kullanılan hidrojenin büyük bölümü fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Elektroliz ise yeni bir yöntemdir ve ~%60 verimi vardır. Elektroliz sırasında çıkan baloncuklar elektrotların iletkenliğini azaltarak kayıpları artırmaktadırlar. Bu engellenerek verim %80'lere çıkarılabilmektedir. Hidrojenin depolanması basit değildir. Yanıcı ve patlayıcı bir gazdır. Sıvı halde depolamak için (donma noktası 20°K (-253°C) olduğundan) sürekli soğut tutmaya ihtiyaç vardır. Metal hidritler olarak depolanırsa hem ısıtarak kolayca enerji geri kazanılabilir hemde büyük hacimler depolanabilir. Bu şekilde mobil araçlar enerji deposu olarak kullanılabilir. Tek sorun kullanılacak metalin ağırlığı ve maliyetidir. Ayrıca yakıt hücresi ile havadan hidrojen ve oksijen elde edilebilmektedir.[16]

3. Elektriksel Enerji Depolaması

Kapasitörler: Elektrik enerjisi kondansatörlerde depolanabilir. Kondansatörler enerjiyi pozitif ve negatif elektrostatik yüklerin ayrışmasıyla depo eden cihazlardır. Kapasitörler iki tane iletken plaka ile bunları ayıran

[15] Isı açığa çıkan reaksiyonlara exotermik denir

ve dielektrik olarak adlandırılan yalıtkanlardan oluşmaktadır. Dielektrik malzeme iki levha arasında ark oluşmasını önleyerek daha fazla şarj yapılmasına yardım eder. Klasik kapasitörlerin güç yoğunlukları çok yüksektir (yaklaşık olarak 1012 W/m³). Fakat enerji yoğunlukları çok düşüktür (yaklaşık olarak 5 Wh/m³).

Süperiletken Manyetik Enerji Depolama: Bu sistemlerde depolama şekli en basit anlatımla, süper iletken bobin içerisindeki akan akım ile oluşan manyetik alan içerisinde enerjinin depolanmasıdır. Süper iletken manyetik enerji depolama (SMES) sisteminin temel olarak içinde şu bileşenler vardır; süper iletken bobin (cryostat), enerji dönüşüm sistemi (bobin içi ve dışına enerji transferi için) ve soğutma sistemidir. SMES'nin avantajları, çok yüksek verimlilik (yaklaşık %97–98), çok kısa sürede isteklere cevap verme (20–30 ms), aktif ve reaktif gücün bağımsız kullanılabilmesi, uzun ömürlü olmaları diye sıralanabilir.

Yakıt Hücreleri: Yakıt hücrelerinin geçmişi bataryalardan çok daha eskiye uzanır. İlk olarak İngiltere'de Grove tarafından 1839'da hidrojen-oksijen hücre prensibi tanıtılmıştır. Yakıt hücreleri bataryalar gibi yakıt ve yakıcılarını bünyelerinde barındırmazlar. Bunun yerine bu iki kimyasalı depo edildikleri harici bir kaynaktan sürekli olarak alırlar. Oysa bataryalar yakıt ve yakıcılarını kendi iç yapılarında bulundururlar. Mesela, kurşun-asit pillerinin yakıtı (kurşun) anotta bulundurulurken, yakıcı maddesi (kurşun dioksit) katotta bulundurulur, depo edilir. Yakıt hücresi özgül enerji değeri açısından bataryalardan daha yüksek bir değeri sağlayabilirken özgül güç bakımından daha kötü bir değere sahiptir. Bunun da ötesinde, yakıt hücreleri oldukça pahalıdırlar ve yük değişimlerine hızla adapte olamamaktadırlar. Bu sebeplerden burada tartışılan diğer teknolojilerle karşılaştırıldıklarında yüksek güç kapasitesine sahip değildirler.

4 Mekaniksel Enerji Depolaması

Hazneli Pompalı Sistemler: En eski ve en büyük enerji depolama teknolojisi olan hazneli pompalı sistemler, mevcut donanımlarla kapasitesi 1000 MW veya üzerinde olabilmektedir. Hazneli pompalı sistemler ne kadar mekanik depolama teknolojisi olarak anılsa da en fazla elektrik üretimi amacıyla kullanılmaktadır. Elektriğin çok az kullanıldığı zamanlarda su düşük seviyeden yüksek seviyeye pompalanarak enerji depolanır ve ihtiyaç olduğu zamanlarda tekrar elektrik üretilebilir. (Schainker. R.B. 1990)

Sıkıştırılmış Hava ile Enerji Depolama: Bir hava depolanma tankının içinde enerjinin yoğun kullanımın gerektirmediği yani düşük kullanımın olduğu zamanlarda bir kompresör vasıtasıyla enerjinin depolanmasını sağlar. (Kozak, M. ve Kozak, Ş., 2012)

Volanlar: Volan, mekanik sistemlerde darbeli çalışan yüklerde, tahrik gücünün fazla olduğu periyotlarda fazla enerjiyi üzerine alır, yük talebinin arttığı periyotlarda bu enerjiyi yüke aktararak yük dengelemesi yapar. Özellikle doğrusal hareketin dönme hareketine çevrildiği mekanik tahrik sistemleri için ideal bir çözümdür. Bu kapsamda volan, mekanik bir batarya görevi üstlenmektedir. Günümüzde önemli bir teknik haline gelmesinin nedeni ise yüksek dayanımlı kompozit malzemelerin ve düşük kayıplı rulmanların geliştirilmiş olmalarıdır.



Şekil 218: *Volan örneği* (https://en.wikipedia.org/wiki/Flywheel_energy_storage)

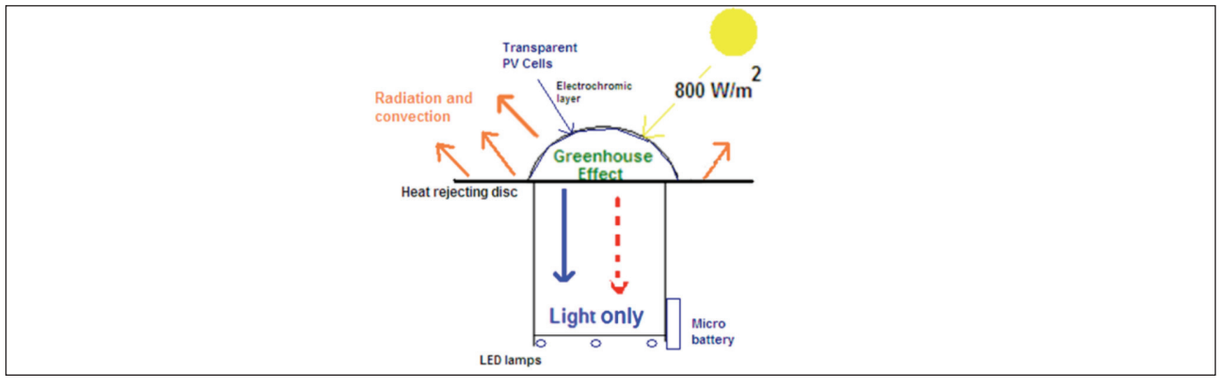
10.6 Hibrit Sistem Örnekleri

10.6.1 Işık Tüpleri ve Fotovoltaikin Hibrit Kullanımı

Bu sistem sadece güneş ışığını alt katlara taşımaktadır. Bu sistemin olumsuz tarafı aydınlatma sağladığı mekânı belli bir düzeyde ısıtması ve soğutma yüklerini bu oranda arttırmasıdır. Bu sorun genelde aşırı güneşlenme durumunda sistemi iç mekân tavanının bir panjurla kapatılması ile kontrol edilebilmektedir (Şekil 219 ve 220).

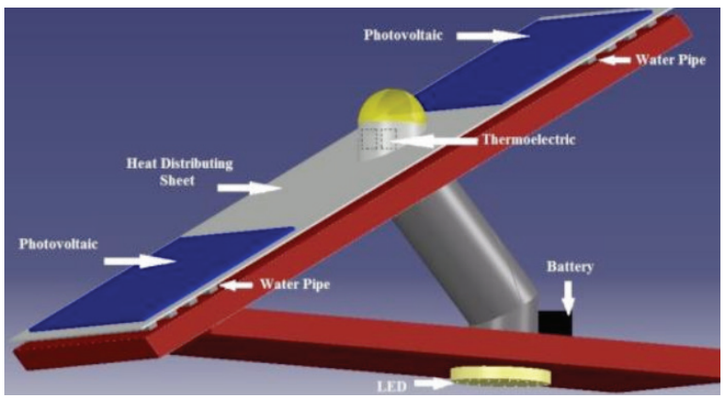


Şekil 219: *Işık tüpleri Güneş Aydınlatma Borusu (Eser Binası, Ankara).*

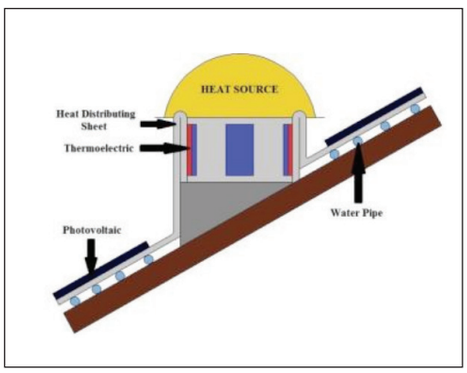


Şekil 220: *Işık tüpü içinde meydana gelen sera etkisi ve aşırı ısınma. (Birol Kılkış, Şiir Kılkıs, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Birleşik Isı ve Güç Üretimi, TTMDYayın No 18, Ankara, 2016)*

Işık tüpleri, Başkent Üniversitesinde hibrit bir güneş enerjisi cihazına dönüştürülmüştür (İklimlendirme Sanayi İhracatçıları Birliği-İSİB Fuarında ödül almıştır). Isınma problemini ortadan kaldırmakta trietilen glikolün (TEG) elemanlar yardımı ile soğutma yapmakta, aynı zamanda sıcak su ve elektrik gücü üretmektedir.



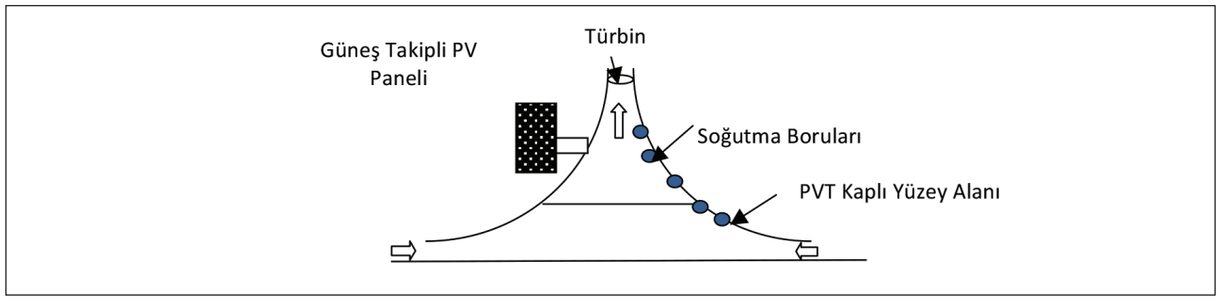
Şekil 221: *PVTC ye dönüştürülmüş ışık tüpü. (Birol Kılkış, Şiir Kılkıs, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Birleşik Isı ve Güç Üretimi, TTMDYayın No 18, Ankara, 2016)*



Şekil 222: *Sistem Kesiti. (Birol Kılkış, Şiir Kılkıs, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Birleşik Isı ve Güç Üretimi, TTMDYayın No 18, Ankara, 2016*

10.6.2 Güneş Bacası ve Fotovoltaikin Hibrit Kullanımı

Geleneksel güneş bacasının alt yüzeylerine PVT uygulanmıştır. Üst kısımlarda ise baca çekişini arttırmak üzere sadece soğutma boruları bulunmaktadır. Bu durum suyun ön ısıtmasını gerçekleştirmektedir. Ayrıca raylı bir sistem üzerinde güneşi takip eden PV paneller bulunmaktadır. Üst delikten hızla çıkan hava ise bir türbini çevirerek elektrik gücü üretmektedir.

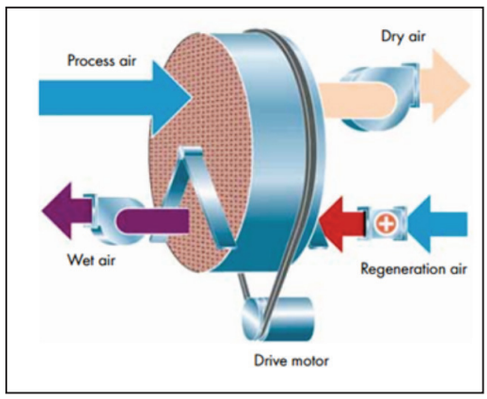


Şekil 223: *Sistem Kesiti. (Birol Kılkış, Şiir Kılkıs, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Birleşik Isı ve Güç Üretimi, TTMDYayın No 18, Ankara, 2016)*

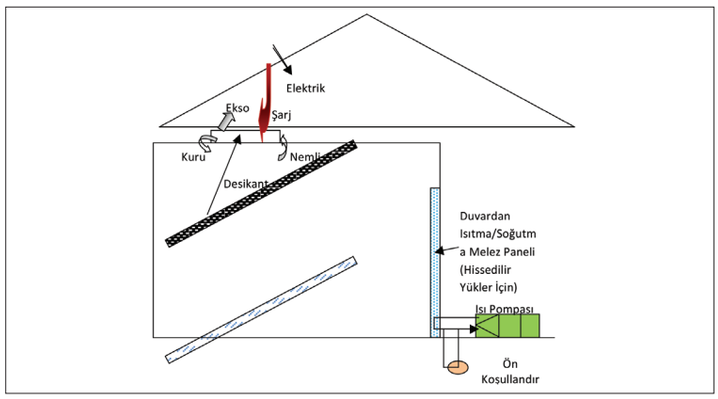
10.6.3 PVT[A] ile Soğutma

Bu tasarımda Kıbrıs' ta bir ev için çatıda PVT[A] konumlandırılmıştır. Bu sistem sıcak su yerine sıcak hava üretmektedir. Bu sıcak hava iç havanın neminin bir desikant tekerince alınıp dışarı eksoz edilmesinde şarj ısısı olarak kullanılmaktadır.

Desikant tekerine klima kanalı içerisinden giren hava kuruyarak iç mekâna tekrar verilmektedir (Şekil 224). Şarj ısısının bir kısmı kuru iç havaya da geçeceğinden soğutma yüklerindeki artışa dikkat edilmelidir. Bu yük artışının enerji ve ekserji bilançosu ve maliyeti ile gizli soğutma yüklerinin ısı pompasından kaldırılması ile oluşacak etki katsayısındaki artış kıyaslanmalıdır. Etki katsayısı nem alma işlemi için havanın çiğ noktasının altına inilme gereğini ortadan kaldırdığından ve bu nedenle ısı pompasında sadece soğuk hava (örneğin 22^{o}C) üretilebilmektedir. Genellikle gizli ısların yüksek olduğu sıcak ve nemli iklimlerde de bu sistem kullanılabilir.



Şekil 224: *Desikant tekeri çalışma prensibi*



Şekil 225: *Sistemin çalışma prensibi*

Ayrıca ısı pompasının kaynak/ısıl kuyu türü de önemli bir parametredir. Sıcak iklimlerde hava kaynaklı bir ısı pompasının soğutma etki katsayısı düşüktür. Toprak kaynaklı ısı pompasının ise kuyu maliyeti bulunmaktadır. Isı pompasında dönen ısınmış hava önce bir yer altı tünelinde ön soğutmaya tabi tutulmaktadır. Bu tünelin hijyeni son derece önemlidir. Isı pompasında koşullandırılan hava ise melez duvar panelinden iç mekâna verilmektedir. Bu melez panelde ayrıca soğuk/kışın sıcak su boruları da olduğundan ısı pompası çıkışı

çift amaçlıdır (hava ve su). Bu amaçla bir ısı değiştirici kullanılır. Kış işletmesinde ise ısı tekerine genellikle gerek kalmaz, PVT[A] da üretilen elektrik gücünün bir kısmı ile tahrik edilen ısı pompası bu kez hissedilir ısıtma yapmaktadır. PVT[A] da sıcak hava da üretilebiliyorsa bu da sisteme eklenmektedir. Sistemin konfor yüklerini takip edebilmesi için bir de enerji deposu bulunmaktadır. Ek elektrik enerjisi ise şebekeden sağlanmaktadır. Bu örnekte hibrit yenilenebilir enerji sistemi hibrit bina klima sistemi ile melezleşerek bütüncül bir harmanlamaya sahiptir. Hibrit klima sistemi yüksek sıcaklıkta soğutma, düşük sıcaklıkta ısıtma (30^{o}C) gerçekleştirerek güneş enerjisinin daha etkin, akılcı ve verimli kullanılmasını sağlamaktadır.

10. Bölüm Kaynakları

Birol Kılkış, Şiir Kılkıs, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Birleşik Isı ve Güç Üretimi, TTMDYayın No 18, Ankara, 2016

Boztepe, M., 2006, "Enerji Depolama", ttp://electronics.ege.edu.tr/boztepe/cgibin/load.cgi?gee591_lecture6.pdf, 23.03.2012

Holm, S. R., Polinder, H., Ferreira, J. A., van Gelder, P. ve Dill, R., 2002, "A Comparison of Energy Storage Technologies as Energy Buffer in Renewable Energy Sources with Respectto Power Capability", IEEE Young Researchers Symposium in Electrical Power Engineering, Theme: Distributed Generation., (pp. 1-6)., Piscataway, NJ, USA

http://www.lowex.net/english/inside/guidebook.html

https://en.wikipedia.org/wiki/Flywheel_energy_storage

Kozak, M. ve Kozak, Ş., 2012, Enerji Depolama Yöntemleri, Süleyman Demirel University International Technologic Science, Vol 4, No.2, pp.17-29.

Muntershttp://www.munters.com/upload/DocumentLibrary/MuntersDesiccantWheels.pdf

Schainker, R. B., 1990., CAESscope 13(2). Electr. Power Res. Inst., Palo Alto, CA

11. TARİHİ YAPILARİN ENERJİ KAZANCI SAĞLAMAYA YÖNELİK RENOVASYONU

Çevre sorunlarının başlamasına temel neden yapılı çevrenin ve alt bileşeni olan binaların, doğanın dengesini oluşturma hızından daha fazla hızda ve sayıda, inşa edilmesidir.

Bu kapsamda yapılı çevre de yeni binalar kadar mevcut binalar da enerji tüketimini artırmaktadır. Mevcut yapılar, günümüz yapıları ve tarihi yapılar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tarihi yapılar, sürdürülebilir malzemelerle inşa edilmiştir ve ayrıca tarihi yapılar, yapım teknikleri, malzemeleri, cepheleri, kültürel kimlikleri ile diğer yapılardan farklı ve en önemlisi dönem yapılarıdır. Bu yapılar günümüz konfor koşullarına ve günümüz enerji ihtiyacının tamamına cevap verememektedir. Bu nedenle tarihi yapıların enerji verimliliğinin sağlanması için günümüz enerji problemlerine çözüm olabilecek şekilde bina bütünleşik aktif sistem teknolojileri ile yenileme (renovasyon) çalışmaları uygulanmaktadır.

Tarihi yapıların yeni işlev verilerek oluşturulan kimlikleriyle, günümüz teknolojik ve enerji ihtiyaçlarına cevap verebilen yapılara dönüştürülmesi, gelişmiş dünya ülkelerinin sürdürülebilir politikalarla desteklediği teorik ve uygulama çalışma alanlarından biridir. Mevcut yapılarda enerji kazancı sağlayacak şekilde yapı onarımlarının dışında tarihi yapılarda enerji kazancı sağlanması kültürel kimliğine sahip çıkan ve kültürün sürdürülebilirliğini isteyen tüm toplumlarda kabul görülmektedir.

Bundan dolayı tarihi yapıların restrore edilme süreçlerinde enerji kazancı ve daha az CO_2 salımı sağlamaya yönelik aktif enerji sistem teknolojilerini kullanarak tarihi yapı ile bütünleşik olarak yapılan renovasyon çalışmaları hız kazanmaktadır. Yenilenen yapı geleneksel malzeme özelliklerini korumanın yanısıra daha az CO_2 salımı, daha fazla enerji verimliliği şartlarını sağlayabilmektedir. (Ayçam, İ. ve Özeler Kanan, N. 2010)

11.1 Tarihi Yapılarda Enerji Kazancı Sağlanmasına Yönelik Yurt Dışı Örnekler

Reichtag Almanya Parlamento Binası

Reichstag Parlamento Binası, Almanya'da yangın geçirmeden önce önemli tarihi binalar arasındaydı. Ancak restore edilmesiyle hem önemli hem de örnek bir bina olarak tüm dünyada düşük enerjili-çevre dostu tarihi bina olarak anılmaktadır.

Reichstag binası jeotermal enerji, doğal havalandırma, doğal aydınlatma ve aktif güneş enerji sistemlerinden entegre güneş pillerini kullanmaktadır. Teras çatı zeminine yerleştirilen 100 adet PV paneli yaklaşık olarak 40 kw enerji sağlamaktadır.

Berlin'de yazları çok sıcak, kışları ise çok soğuktur. 1960'larda binayı hem ısıtmak hem de soğutmak için kullanılan fosil yakıtlar 7,000 ton CO_2 salımının olduğu sinyalini vermekteydi. Buna göre fosil yakıt yerine bio-yakıtlar tercih edilmiştir. Bu sayede yıllık 400 ton CO_2 salım ölçüm değeri sağlanmıştır. (http://www.fosterandpartners.com/content/essays/Reichstag%20Energy%20Story.pdf)



Şekil 226: *Reichtag çatı entegre PV sistem ve entegre pasif aydınlatma tasarımı*

Dunster Kalesi

Minehead yakınlarında yer alan Dunster kalesinin teras çatısına 24 adet PV panel ile yapılan enerji yenilemesi iki ailenin günlük enerji tüketimini karşılayabilecek kadar enerji üretmektedir. Yılda 3,000 kg CO_2 salımını engellemektedir. Karbon geri salım değerleri 4 yıl içinde kendini 0 değerine indirmektedir. Dunster kalesi, enerji etkinliği ile, su tüketiminin azaltılmasıyla, geri dönüşümü ve yeşil ulaşım düzenleriyle İngiltere'nin en yeşil kalesi olmaktadır.

Çatıyla bütünleşik kurgulanan fotovoltaik paneller, düz bir zemine yerleştirilecekse en az 30°'lik bir eğimle vidalanmaktadır. Tarihi yapılarda düşeyde yapı yüzeyinde istenmeyen görsel kirlilik, yatayda özellikle görünmeyen kısım olan çatıda kurgulanmaktadır. Dunster kalesi enerji ihtiyacına karşın çözüm bulunmuş iyi bir örnektir. (http://www.nationaltrust.org.uk/main/w-energy-report-2010.pdf).



Şekil 227: *Dunster Kalesi teras çatı PV uygulaması*

Mecklenburg-Vorpommern-Almanya'da Kilise

Kilise çatısı, 88 adet monokristal modül çatı güneş kiremiti ile yenilenmiştir. Dikkatlice planlanmış 50 m^2 PV çatı sistemi, iyi planlanılması ile modül alanlara gölge düşürmeden enerji verimliliğini sağlamaktadır.



Şekil 228: *Çatı Entegre PV Renovasyon uygulaması.*
(http://www.pvresources.com/en/rooftile.php (http://www.pfleiderer-dach.de/))

Kynance Cove Kafe

Kafenin çatı kiremitleri, özel yapım PV güneş kiremitleridir. Her biri minyatür güneş panelleridir. Kynance Kafe enerji yenileme çalışması National Trust organizasyonunun ilk PV güneş kiremitleriyle çatı bütünleşik uygulamalarıdır. Kafe ve kulübe çatılarında toplam 564 güneş kiremiti, yıllık 5000 kws'ten daha fazla elektrik üretebilmektedir ve 2,150 kg CO_2 salımını engellemektedir.

Ayrıca; yenileme çalışmasında su, plastik, cam, kağıt ve alüminyum conserve kutu atıklarının %40'ının geri dönüşümü sağlanarak 1 ton geri geri dönüştürülen kağıttan 19 ağaç, 32.000 litre su ve 4200 kwh elektrik kazancı sağlanmaktayken 1 ton camdan 1.2 ton hammadde ve 150 litre petrol kazancı sağlanmaktadır. (http://www.kynancecovecafe.co.uk/green.htm).



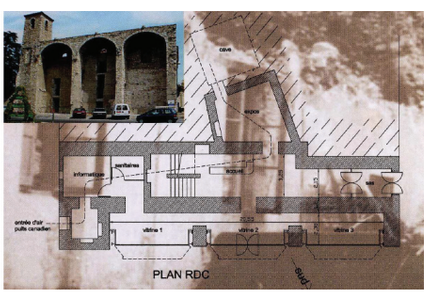
Şekil 229a: *2001 yılında yapılan onarım*



Şekil 229b: *2002 yılı sonunda yenileme çalışması*

Ales-Fransa Turist Ofisi

11. yüzyılda taş malzemeden inşa edilen kilise kalıntısı Ales şehir belediyesi tarafından turizm ofisine dönüştürülmek istenmiştir. Yapı cephesinde her biri 6 m genişlikte, yaklaşık 5 m yüksekliğinde olan 3 kemerli taşıyıcı sistem bulunmaktadır (Şekil 230a ve 230b). Her bir kemer boşluğuna bütünleşik PV tasarım uygulaması yapılmıştır. PV cephenin arkasına aralarında 11 cm hava boşluğu kalacak şekilde çift cam uygulaması yapılmıştır. Yapı, hava boşluğu ile yazın havalandırılmakta, kışın ise ısıtılmaktadır. Estetik kaygılar nedeniyle seçilen yarı şeffaf paneller, kahverengi yansımayı önleyici bir kaplama ile kaplıdır. Güneydoğu yönünde yerleştirilen 100 m^2 alanlı cephe bütünleşik PV paneller, 9.6 kwp=6000 kwh enerji üretebilmektedir. (http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=126).



Şekil 230a: *Ales-Fransa turist ofisi onarım öncesi plan ve cephe*



Şekil 230b: *Ales-Fransa turist ofisi cephe bütünleşik PV uygulaması*

(http://www.tenesol.co.za/references/grid-public-sector-tourist-office-ales-france)

11. Bölüm Kaynakları

Ayçam, İ. & Özeler Kanan, N. (2010, Mayıs). Tarihi yapılarda enerji kazancı sağlamaya yönelik renovasyon uygulamaları. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu'nda (ISBS'de) poster sunulmuş bildiri, Ankara.

http://www.fosterandpartners.com/content/essays/Reichstag%20Energy%20Story.pdf

http://www.nationaltrust.org.uk/main/w-energy-report-2010.pdf

http://www.nationaltrust.org.uk/main/w-chl/w-countryside_environment/w-climate_change/w-green_living/w-green_my_house/w-green_my_house-trust/w-green_my_house-trust-case.htm#dunster

http://www.pvresources.com/en/rooftile.php (http://www.pfleiderer-dach.de/)

http://www.kynancecovecafe.co.uk/green.htm

http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailsmore.php?ID=126

http://www.tenesol.co.za/references/grid-public-sector-tourist-office-ales-france

12. TÜRK EVİ'NİN DOĞAYA UYUMLULUĞUNUN MEKANLAŞMAYA ETKİSİ

İnsanoğlunun yerleştiği bölgelerin iklimsel, coğrafi ve kültürel özelliklerindeki farklılıklar evlerin şekillenmesinde büyük rol oynamıştır. Bu şekillenme Mezopotamya'da da, Akdeniz kıyılarında da, Balkanlar'da da ve dünyanın çeşitli yerlerinde de bu özellikler esas alınarak oluşmuştur. Türkiye coğrafyasında ise ilk medeniyet olan eski Hitit yerleşkelerinden ve daha öncesinden Likyalılar-Persler-Helenistik Dönemin yaşandığı Akdeniz kıyıları ile Urartu Medeniyeti ve daha sonraları Selçuklu ve Osmanlı İmparatorlukları da tüm bu Türkiye evi modelinin oluşmasında birbirinden etkilenmiş sağlam yapı üretebilmek için nesiller boyu günümüze kadar ulaşan ve doğal malzeme kullanılan yapım tekniklerini bulmuşlardır.

Türk evi, eski Osmanlı İmparatorluğu'nun sınırları içinde Rumeli ve Anadolu Bölgelerinde oluşmuş ve 500 sene kadar devam etmiş, kendi özellikleriyle o bölgelerde hala izlerinin devam ettiği görülen belirginleşmiş bir tiptir (Ekim, E. 2012). Türk evi, bu süreç içinde büyük gelişmeler geçirmiş ve yayılıp kök saldığı iklim, tabiat ve folklor bakımından birbirinden farklı ve uzak memleketlerde çeşitli tipler meydana getirmiştir. Bu farklar yöresel malzeme ve iklim koşullarına uymak zorunluluğundan ve yerli geleneklerin benimsenmesinden doğmuştur (Eldem, S.H. 1984-1987). Üzerinde yaşanılan doğa özellikleri, orada gelişen uygarlığı önemli ölçüde etkilemektedir. Belli bir bölge üzerinde doğanın özellikleri, o toprak üzerindeki uygarlıkların yaşayış biçimlerini, kültürel varlıklarını, doğa ile uyumlu yaşamak adına buldukları çözümleri etkilemektedir. Bu durum, ortaya çıkan sorunların ve çözümlerinin o yerin kendine has ve 'tek' örneğinin oluşmasına sebep olmaktadır. Örneğin Japon adalarının önemli özelliği, yağışlı olması ve deprem sorunudur. Bu ortak ve güçlü özellik, çok ileri bir ahşap geleneği ve buna bağlı bir uygarlığı ortaya çıkarmıştır. Aynı yaklaşım Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi için de geçerli bir önerme sayılabilir.

Anadolu'da ise durum tümüyle değişiktir. Anadolu'nun doğal verileri, yapının biçimini, uygulamalarını doğruca ve kuvvetle etkilemiştir. Çevre çeşitli iklimlerin etkisi altındadır. Tek bir mevsim içinde çok değişik doğal değişimler olabilir. Tüm bu değişimler, yapının araç ve gereç düzeninde kendisini göstermiştir. İşte bütün bunların bir araya gelmesi, Anadolu'da çok sayıda değişik sonuçların alınmasına neden olmuştur. Türk evi olarak Osmanlı İmparatorluğu'nun miras bıraktığı, zamanımıza gelen örnekleri 17. yüzyıla kadar uzanabilen evlere bakarak aşağıdaki niteliklere sahip olanlara "Türk Evi" denmektedir. (Kuşçu, A.C. 2006) Türk evi dış mekân ve iç mekân olarak farklı oluşmaktadır.

Dış Mekân

Türk evinin kuruluşunda, doğanın etkisiyle zemin kat "gelişigüzel" olarak şekillenmektedir (Bkz. Şekil 231, 232 ve 233). Oysa bu gelişigüzel olarak, sokağın şekillenmesi ile oluşan mimari anlayış, sokak dokusundan koptuğu anda "kesin" bir düzene dönüşmekte ve çok özgün çözümlere ulaşmaktadır. Bu nedenle zemin katın plan açısından ve dış mekân şekillenmesi açısından özellikleri, her doğal koşula göre değişiklikler taşımaktadır. Bu önemli özellik, farklı iklimlere ait her Türk evinde çok açık olarak görülebilmektedir.



Şekil 231: *Safranbolu Evleri*



Şekil 232: *Kula Evleri*



Şekil 233: *Maraş Evleri*

(http://www.zeynepkam.com/safranbolu-ve-cevizli-coregi/)
(http://www.panoramio.com/photo/5364860)
(http://www.varbak.com/resmi/kahraman-mara%C5%9F-evleri)

İç Mekân

Anadolu'nun değişik iklim bölgelerine ayrılması ve bunların her birinin kendi arasında büyük değişiklikler göstermesi burada kurulan evlerin biçimlenmesini de etkilemiştir. Örneğin, yapı içindeki odaları iklim değişiklikleri nedeniyle sürekli olarak, ya da yalnız belirli süreler içinde kullanmak gerekmiştir.

Anadolu'daki Türk evinde odalar, birçok işlevin tek oda içinde çözüm bulduğu birimlerin toplamı olarak kurgulanmışıtr. İlk yerleşik düzene geçildiği dönemde kurulan çadırdaki gibi, her oda, oturma, yemek yeme, çalışma, yatma gibi eylemlerin_gerçekleştiği bir ortamdır. Bu eylemlerin gerektirdiği çevresel öğelerin birbirleriyle ilişkileri genellikle şöyledir;

Yaşama çevresi:

1- Yükseltilmiş çok amaçlı orta alan,

2- Oturma alanı,

3- Dış çevre ile ilişkiler için değişik değerde alt ve üst pencereler,

4- Isıtıcı için boşluk,

5- Değerlendirilmiş ve özen gösterilmiş üst örtü.

Yardımcı çevre:

6- Alçaltılmış dolaşım alanı,



Şekil 234: *Türk Evi iç mekân*

7- Alçaltılmış üst örtü,

8- Açık ve kapalı kullanım alanıdır.

Eldem (1984-87)'e göre; Türk evlerinin oda, hayat ve eyvan olarak ortaya çıkan plan şemalarının iklim, topografya ve bölgesel yaşayış biçimi gibi 3 ana faktör sebebiyle farklı tiplerde oluştuğunu belirtmektedir.

Yağış ve sıcaklık şartları evlerin belirli bir malzeme kullanımı, belirli bir yapı tekniği, belirli bir mekân-fonksiyon ilişkisinin gelişmesi gibi konularda etkili olmuştur. Yağış şartları, dam şekilleri üzerinde etkili olurken; havanın soğukluğu evlerin daha korunaklı çözümler bulmasında veya hava sıcaklığında ise daha gölgelikli alanlar sağlanarak dış mekân yaşam alanları oluşturulmasında etkili olmuştur.

Zeminin jeolojik biçimi ve örtüsü, evlerin yapım şekillerini ve kullanılacak malzemeyi tayin etmektedir.

Mekânların oluşmasındaki bir diğer önemli unsur dindir. İslamiyet'in etkisiyle mekânlar, haremlik-selamlık, mahremiyet gibi konular nedeniyle hem ev içinde hem de dış mekânın şekillenmesinde etkili olmaktadır. Dış mekân avlu duvarlarının sokaktan geçen insanın göz ve baş seviyesinden daha yukarıya yapılması, bundan dolayıdır. Üst katlarda bulunan pencerelere çıkma ile derinlik verilerek aşağıdan bakan gözün evin içini görmesinin engellenmek istenmiştir.

Avlu

Türk mahallelerinde genellikle ağaç yoktur. Ancak çeşme meydanlarında, cami çevresinde ağaç bulunmaktadır. Buna karşılık evlerin bahçeleri (avluları) çeşitli bitki ve ağaçlarla avlunun gölgelendirilmesi adına ekilmektedir. Avlunun yeşillendirilmesinin diğer bir nedeni ise, kadının bütün gün evde bulunmasıdır. Türk evi bir anlamda kadının kullanımına göre de şekillendirilmiştir. Böylece evler çoğunlukla kadınların çalışması, dinlenmesi ve toplumsal ilişkiler kurabilmesini sağlayacak biçime girmiştir.

Avlunun ve zemin katın yan duvarları, iç mekân ile dış mekânı kesin olarak ayırmaktadır. Kimi durumlarda kale gibidir. Toplum kuralları yüzünden, yaşantı kapalı bir ortamda sürdürülmektedir. Bu yüzden doğanın kendisi, evin içerisinde yaratılmak istenmektedir. Erkek bütün gününü dışarıda geçirip evine geldiğinden zaten iletişim kurmuş, dış mekân da yeterince bulunmuş ve tüm gününü canlı geçirmiştir. (Mimarlık ve Sanat 1963/7-8)

Bölgelerdeki tarımsal ve hayvansal faaliyetler nedeniyle de ev tipinde farklılaşmalar meydana gelmektedir. Ambar, ahıl, depo gibi avlu için farklılaştırılan mekânlar yöredeki kazanç şekline göre oluşan mekânlardır. Evin sahibi ile doğanın diğer parçası olan bitkiler ve hayvanlar da bu tanımlanan avlu mekânında kimi zaman yerlerini almaktadırlar. Avluya girişleri için kullandıkları kapılar dahi farklı canlıya göre işlevsel hale getirilmiştir. Avlunun kapısı atlı araba için açılırken, bir kanadında insan için, kanat üstündeki daha küçük bir kanatta evin kedisi köpeği için yapılabilmektedir. Yine canlıya saygının bir örneği de kuş evlerinde görülebilmektedir. (Bektaş, C. 2014).

12.1 Türk Evi ve Yapı Fiziği

Yapı Fiziği; yapıların içinde, insanı yakından saran ve etkileyen fizik koşullarla ilgili konular bütününe verilen addır. İç mekânda bulunan insanı çevreleyen ve yakından saran fizik ortam ögeleri ses ve gürültü, ışık, hava sıcaklığı, ışınımsal ısı alışverişi, hava devinimleri, iç yüzey renkleri, güneş ışınımlarının etkisi ve solunan havanın özellikleri *(kirliliği, tazeliği, kokusu vb.)* olarak sayılabilmektedir. Yapı Fiziği Bilim Dalının iki temel konusundan biri, belli bir durum ve belli bir eylem biçimi için gerekli fizik ortam koşullarının ne olduğunu be-

lirlemek, ikincisi ise, bu koşulları en akılcı, en ekonomik, en estetik çözümlere kavuşturmaktır. Böylece, yapı fiziğinin temel konuları, aydınlatma, akustik, ısısal konfor, renk düzenleme ve güneş denetimi olarak ortaya çıkmaktadır. Nem, hava devinimleri, koku gibi konular genelde ısısal konfor bütünü içinde ele alınmaktadır. (http://www.yfu.com/kitapciklar/yapi_fizigi_konulari_I.pdf).

Tarihi bir binanın tasarım sürecinde konfor koşullarının sağlanması her zaman öncelikli hedeflerden biri olmuştur. İklimsel koşulların aşırı etkilerinden korunmak için bina inşa etmek zorunda kalan insanlar, kendiliğinden gelişen bir süreç içinde iklimsel verileri esas alarak tasarımlar yapmışlardır.

İklimsel konforun oluşmasında etkili olan değişkenler; kullanıcıya ilişkin değişkenler, iklime ilişkin değişkenler ve binaya ilişkin değişkenler olarak üç gruba ayrılmaktadır. (Balcıoğlu, A. 2013).

Kullanıcıya İlişkin Değişkenler

Kullanıcıya ilişkin değişkenler;

Irk, yaş, cinsiyet, aktivite düzeyi ve giysi türü gibi kullanıcı niteliğine ve ortalama vücut sıcaklığı, deri sıcaklığı, terleme miktarı, kalp atışı, görülür terleme, termal duygu veya hissediş gibi duruma ilişkin değişkenlerdir,

İklime İlişkin Değişkenler

a) İç iklime ilişkin değişkenler

İç hava sıcaklığı, iç hava nemliliği, iç yüzey sıcaklığı, iç hava hareketi durumuna ilişkin değişkenlerdir,

b) Dış İklime İlişkin Değişkenler

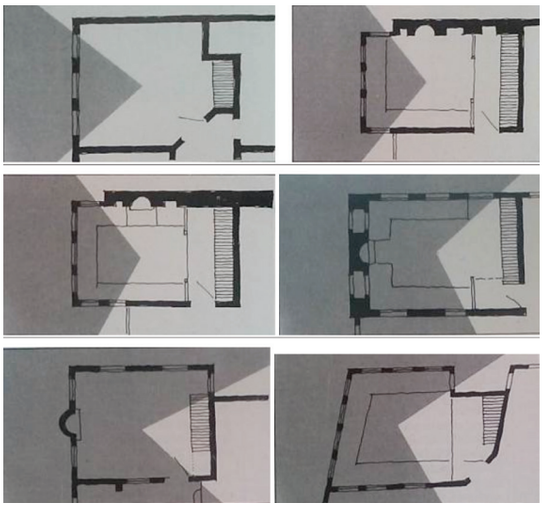
Güneş ışınımı, dış hava hareketleri-rüzgâr, dış hava sıcaklığı, dış hava nemi durumuna ilişkin değişkenlerdir,

Binaya ilişkin Değişkenler

Binanın bulunduğu yer, bina aralıkları (komşuluk durumu), binanın yönlendiriliş durumu ve hacim organizasyonu, binanın formu, bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, güneş kontrol elemanları, doğal havalandırma düzeni durumuna ilişkin değişkenlerdir.

12.1.1 Aydınlatma

Yapı kabuğunda bırakılan açıklıklar olan pencereler; doğal aydınlatma, güneşlenme, havalandırma gibi gereksinimleri karşılayan, iç mekân ile dış dünya arasında bağlantı kuran önemli bir elemandır. İklim şartları, teknolojik ilerlemeler ve mahremiyet olgusu, pencere büyüklüğü, sayısı ve yönü üzerinde etkili olmuştur. (Yüksek, İ. 2014).



Şekil 235: *Türk Evinde odaların çevreyle ilişkileri ve pencerelerin günışığından yararlanılmasına yönelik konumları* (Küçükerman, Ö. 1991)

Tepe Pencereleri

Türk Evlerinde tavan detayı oldukça bezemeli ve süslü motifler kullanılarak yapılmıştır. Tavanları takip eden duvarlar üzerinde vitray sanatının temel çalışması olarak da sayılabilecek tepe pencereleri tavandaki oymalar ve süslemeler ile bir bütünlük oluşturması düşünülmüştür. Alt pencereler ve tepe pencereler arasında raf hattı bulunmaktadır. Aslında bu hat evin daha dekoratif olan üst bölümü ile daha mütevazı olan alt bölüm ve yaşantıyı da ayırmaktadır. Tepe pencereleri insan ölçülerinin ancak uzanabileceği şekilde yapıldığından çoğunda açılır kanat olarak herhangi bir detay yoktur. Bu pencerelerin daha çok loş bir aydınlık sağlamak adına yapıldığı düşünülmektedir.

18. yüzyıl öncesinde büyük boyutlu cam üretilmediğinden mekana ışık sağlamak için alt sıra pencerelerin üzerinde tepe pencereleri düzenleniyordu. 17. yüzyılda ise pencere oranları alt sıralarda 3/5, tepe pencerel-



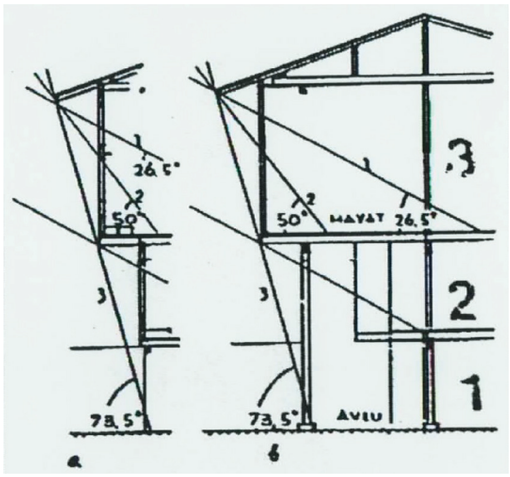
Şekil 236: *Tepe pencereleri, pencere ve sedirin (oturma bölümünün) konumları* (Küçükerman, Ö. 1991)

erinde ise 3/5 veya 2/3'tür. Köşklerde 18. yüzyıl sonlarında olan tepe pencerelerinin küçülmesi ve bodurlaşması, Anadolu'da geleneksel Türk evinde 19. yüzyıl sonuna kadar devam etmiş, 19. yüzyıl başında görülen oval şeklin yatık hale gelmesi ve tepe pencerelerinin kaybolması ise evlerde daha yavaş seyretmiş, geleneksel fonksiyonunu yitirse bile devam etmiştir. 19. yüzyılın başlarında tepe pencerelerinin kullanımının azalması ve buna paralel alt sıra pencerelerinin oranlarının uzaması ile ortaya çıkan 2/5 oranının %23.8 oranında uygulandığı tespit edilmiştir. (Uluengin, F. ve diğerleri 2001).

Günlük Kullanılan Pencerelerin Biçimlenişi

Türk evinde pencerelerin açılma biçimleri, çeşitli etkenlere ilişkin olarak değişik türlerde gerçekleştirilmiştir. Ama bu etkenlerden ikisi özellikle daha önemlidir. Birincisi, iklimdir. Uygun iklimlerde pencere boşluğu yalnız bir tek kapakla korunabilmiştir. Kalın duvarlarda, pencereler çoğunlukla dış yüze yakın düzenlenmiştir, böylece, pencerenin iç yüzünde bir kullanma alanı elde edilmiştir. Ek olarak bu kesim, odanın daha iyi ışık alması amacıyla içeriye doğru genişletilmiştir. İnce duvarlardaysa, pencereler, duvarların iç yüzlerine takılmıştır. Böyle bir düzenlemeyle, pencere kanatlarının tam bir dönüş yapması ve odanın içinde yer kaplamaması sağlanmıştır. (Küçükerman, Ö. 1991)

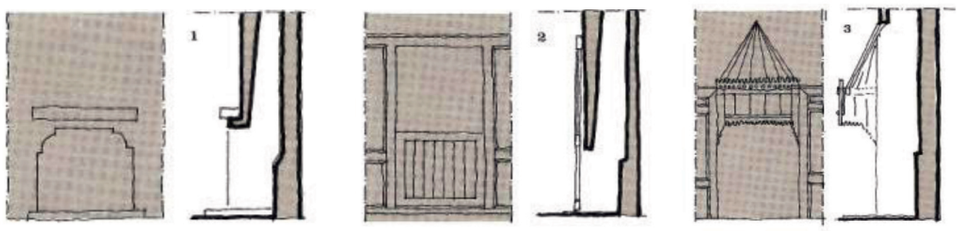
Türk Evinde güneş ışınlarının geliş açıları, mimarideki çıkmalar yardımı ile bir sonraki katın saçağı olacak şekilde tasarlanmıştır. Hatta bu çıkmalar sadece iç mekâna gölge sağlamanın yanısıra dış mekân içinde gölgelikler oluşturmaya fayda sağlamaktadır. Türk Evlerinde yazın gündüz yaşamı her ne kadar zemin katında yaşansa dahi soğuk iklimlerde ve gece yaşantısı 1. katta gerçekleştiğinden daha özgün mimari formlar ve düzenlemeler dikkati çekmektedir.



Şekil 237: *Genel bir Türk evi kesiti; 1.Yer katı: Hizmetler katı, 2.Kışlık kat: Pencereler küçük. Yüksekliği el tavana değmeyecek kadar, 3.Yazlık kat: Pencereler büyük. Hava dönenebilecek denli yüksek.* (Eyüp Kömürcüoğlu›nun yapıtından alınmıştır.)

12.1.2 Isıtma

Dış çevre koşullarının değişmesi sebebiyle yapının ve odanın içindeki kişilerin, bu değişikliklere karşı korunmaları gerekmektedir. İklime ve ısı değişimlerine göre iç mekân düzenlemeleri de değişmektedir. Örneğin dışarısı sıcaksa, evin içinin serin olması tam tersi durumda dışarısı soğuksa, kişinin veya oda içinin ısıtılarak korunması da istenmektedir. Türk evlerinde ısıtma işlemi yapıya bağlı güçlü bir ısıtıcı olan



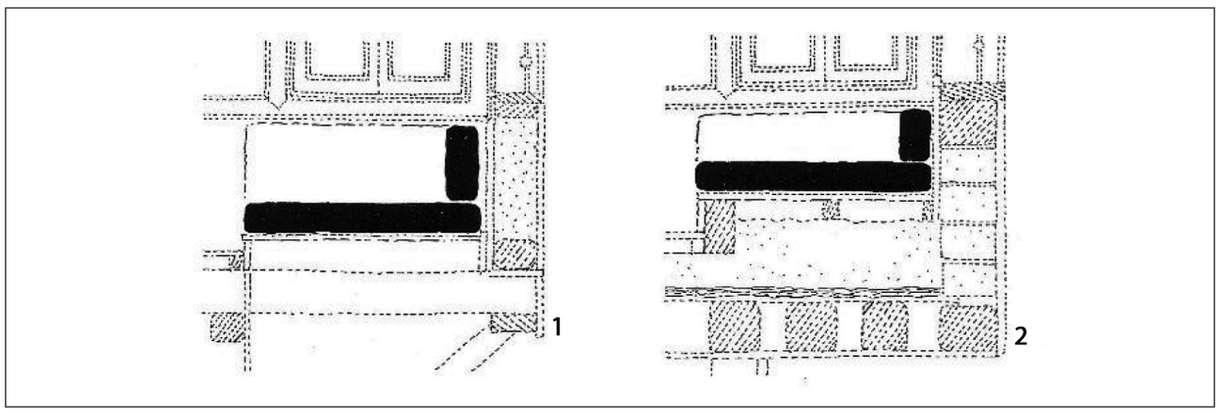
Şekil 238: *Türk Evinde mekânın önemine, iklim koşullarına göre şekillenen ocak türleri*
(Küçükerman, Ö. 1991)

ocaklar yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Ocak formunun çıkıntı kısmı kalın duvarlar içinde gömülü çözümler oluşturularak tamamlatılmıştır. Öyle ki davlumbaz, ateş yakılacak bölüm ve baca ısıtma amacına göre şekillenmiştir.

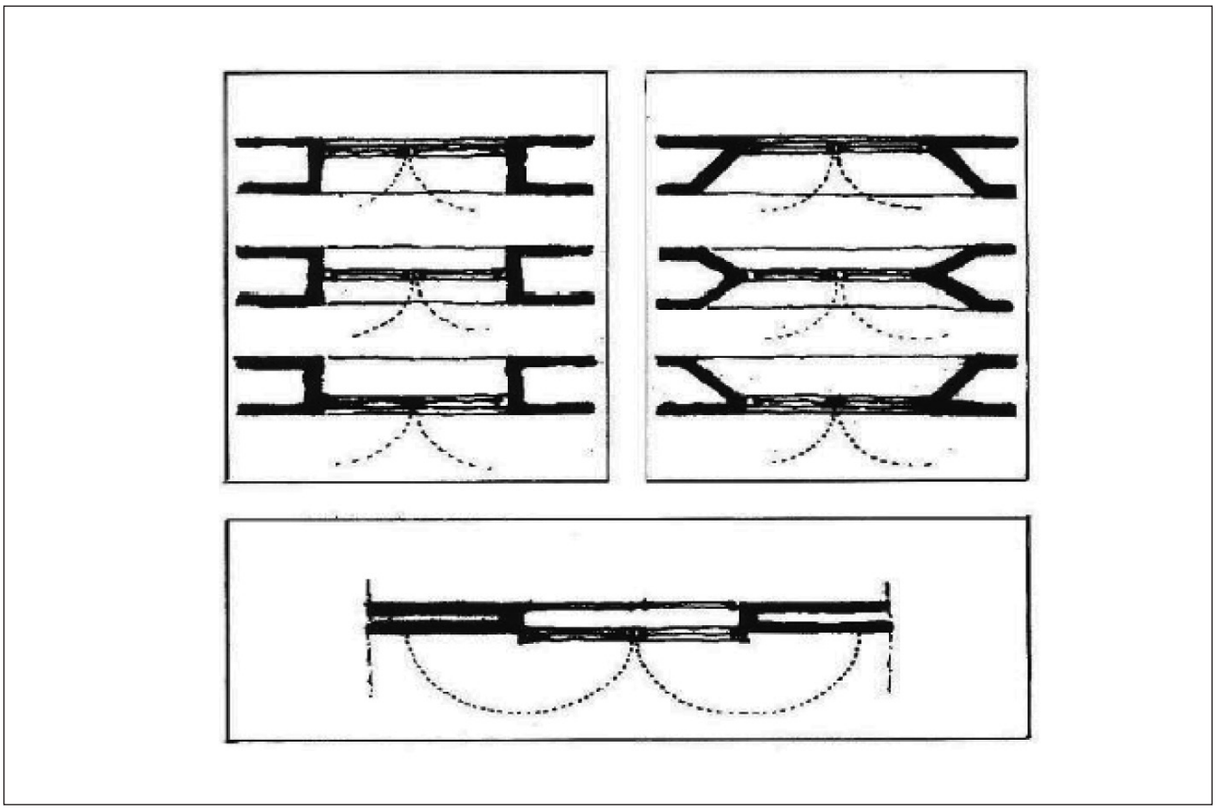
Ocaklar odaların ısıtılmasında kullanılırken baca duvarlarına bakan odalarda da baca sıcaklığından dolayı ısı iletimi gerçekleşmektedir.

12.1.3 Havalandırma

Türk evlerinde mekânın önemli bir unsuru olan sedir şekilleri iklim koşullarına göre farklılaşabilmektedir. Örneğin, sıcak bölgelerde sedir dizisi, çıkma üzerine yerleştirilmiştir. Oysa yazlık evlerde sedir, alttan havalandırılmıştır. Bu gibi durumlarda genellikle yapısal döşeme kirişlerinin alt kaplaması yapılmadığı için, odanın da serin tutulması sağlanmış olmaktadır.



Şekil 239: *Sedir ve Döşemelerin İklim Şartlarına Göre Uygulama Detayları*



Şekil 240: Duvarla Pencerelerin İlişkileri

Türk Evlerinde pencereler doğal havalandırma yapılması için değişmez yapı elemanlarıdır. Pencere yine iklimi daha yumuşak ve sıcak olan yerleşimlerde cumba tarzı mimari çıkmalarla daha belirgin olurken, kış koşullarında olan yerleşimlerde duvarın iç kısmında soğuktan daha korunaklı bir şekilde düzenlenmiştir.

12. Bölüm Kaynakları

Ekim, E., 2012, Türk evinde yaşam alanı: Avlu, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Programı, Yükseklisans tezi, İstanbul, s. 11.

Eldem, S.H., 1984-1987, Türk Evi: Osmanlı Dönemi, Türkiye Anıt Çevre Turizm Değerlerini Koruma Vakfı, İstanbul.

Kuşcu, A. C., 2006, Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Geleneksel Konya Evi Üzerine Bir İnceleme, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yükseklisans tezi, İstanbul, s. 53.

http://www.zeynepkam.com/safranbolu-ve-cevizli-coregi/

http://www.panoramio.com/photo/5364860

http://www.varbak.com/resmi/kahraman-mara%C5%9F-evleri

Sivil Mimarisinde Temel Kuruluş Prensibi. Mimarlık ve Sanat 1963/7-8 s.47

Bektaş, C., 2014, Türk Evi, Yem Yayınları, 2.baskı, s.38, 48

http://www.yfu.com/kitapciklar/yapi_fizigi_konulari_I.pdf

Balcıoğlu, A., 2013, Geleneksel ve Modern Bağ Evi Örneklerinin Soğutma Enerjisi Korunumunda Etkili Olan Tasarım Değişkenleri Açısından Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yükseklisans tezi, İstanbul, s.5-18.

Yüksek, İ., 2004, Kırklareli'nin Mevcut Sivil Mimarisinde Pencerelerin Analizi, Trakya Üniversitesi, FBE, Mimarlık ABD, Edirne.

Küçükerman, Ö. "Kendi Mekânının Arayışı İçinde Türk Evi: Turkish House In Search of Spatial Identity", Türkiye Turing Otomobil Kurumu Yayınları, Temel Matbaacılık, İstanbul, 1.baskı 1978, 4.baskı 1991

Uluengin, F., Uluengin, B., Uluengin, M.B., 2001, Osmanlı Anıt Mimarisinde Klasik Yapı Detayları, Yem Yayınları

SONSÖZ

Bu kitap Türkiye'deki binalara ve yapılı çevreye yönelik performans sorun, öncelik ve hedeflerin belirlenmesi amacı ile konusunda uzman 15 kişinin çalışmaları ile yapılı çevrelerde enerji verimliliğini arttırmaya yönelik olarak binanın fikir olarak oluşmaya başladığı andan yok olacağı ana kadar süreç incelenmiştir. Bu kapsamda, simülasyon programlarından tasarım süreçlerine, malzeme seçiminden detaylara ve yapım aşamasından kullanım süreçlerine varan farklı aşamalarda dikkate alınması gereken sorun ve çözüm önerileri birbirlerine olan etkilerini gözeten bir süreklilik içinde vurgulanmaya ve bir başvuru kaynağı oluşturulmaya çalışılmıştır.

Küresel ısınmanın etkilerinin en aza indirilmesi, Türkiye'deki kaynakların ve enerjinin verimli kullanılması ve bina performanslarının iyileştirilmesinde öncelikli yöntemlerden biri BBTY adı verilen ve özünde yapılı çevrelerin oluşumunda etkili olan uzman, tasarımcı ve aktörlerin birarada ve birbirlerinin katkılarını binanın tasarım, yapım, kullanım ve yıkım dönemlerinde geri besleyecek biçimde sürece katılmalarını öngören tasarım yöntemidir. Bu öncelikten yola çıkan bu çalışma yapılı çevrenin oluşumunda etkili olan konu ve sorun başlıkları ile bunlara yönelik uzman görüşlerini ve çözüm önerilerini biraraya getirerek tüm aktörlerin farkındalık düzeyini arttıracak ve uygulama aşamasındaki önceliklere yönelik yol haritası oluşturacak bir çerçeve sağlamayı hedeflemektedir. Bu kapsamlı oluşum içinde şüphesiz uzmanların ve tüm aktörlerin bireysel duyarlılık ve çabalarının yasal ve yönetsel düzenlemeler ile desteklenmesi, son tüketici konumunda olan ve sayıca da fazla olan kullanıcı ile geniş kesimlerin de bu öncelikleri paylaşır ve talep oluşturur hale gelmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın başlık ve altbaşlıkları, teknolojik gelişmelerin ve yeni araştırma bulgularının geri beslemelerine ve bilimsel gelişmeler ile sonuçlanan teknik bilgileri kapsayan geliştirilmeye açık bir çalışmadır. Bu nedenle çalışma ve ekinde sunulan dökümanlar tamamlanmış bir sürecin sonuç ürünü olarak değil, sürekli yenilenmeye ve yeni bilgilere açık bir model olarak görülmelidir.