



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti
tarafından finanse edilmektedir.



Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması İçin Teknik Yardım Projesi

evre Dostu Binalarda Enerji Verimliliği rnek Uygulamalar



NIRAS

**T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK
BAKANLIğI**

Bu el kitabı,
Binalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılması için Teknik Yardım
projesine aittir.

Proje Referans No: EuropeAid/134786/IH/SER/TR
Sözleşme No: TR2011/0315.20-01/001

Basım:

Mayıs 2016

Hazırlayanlar:

İçerik:

Seda Temizer YÖNTEM
(Yüksek Mimar)
(Konu Uzmanı)

Eğitim ve Grafik Tasarım:

Bülent Kılınç
(Kıdemli Eğitim Uzmanı)

Tasarım ve Sayfa Düzenlemesi:

İDEKAF

Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Devlet Yolu
(Dumlupınar Bulvarı) 9.km (Tepe Prime yanı) no.278 Kat: 16 Çankaya, ANKARA
Telefon : +90 (312) 410 78 00
Faks : +90 {312} 419 78 08

1. Giriş

Çevre dostu binalarda enerji verimliliği alanında teknik kapasitenin artırılması amacıyla oluşturulmuş olan bu çalışma, bazı örnek bina ve yerleşkeleri, enerji kullanım ve sürdürülebilirlik özellikleri perspektifinde incelemeyi ve kazanımları tanımlamayı amaçlamaktadır.

2. ÇEVRE DOSTU BİNALAR

2.1 Temel Hedefler

Yapılı çevrenin oluşumunda, çevreye verilen zararı minimumda tutmak için bütüncül bir yaklaşım gerekmektedir. Binaların çevresel ayakizi, birçok bileşenden meydana gelen ve her biri ayrı çalışma konusu olan ilişkiler bütünü olarak tanımlanabilir.

Bir binanın çevresel etkilerinin en az olması için benimsenmesi gereken prensipler şöyle listelenebilir:

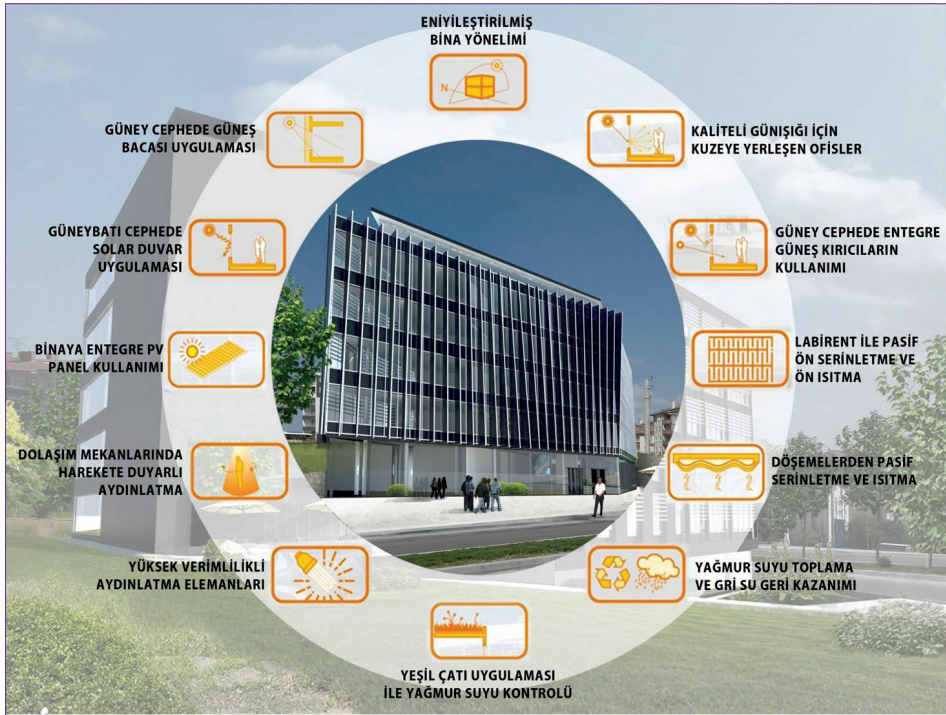
- Binanın güneşe göre konumlandırılması ve şekillenmesi, açıklıkların buna göre düzenlenmesi ve doğal ışığın etkin kullanımı
- Enerjinin ve doğal kaynakların kullanımında verimlilik
- Binaya bütünleştirilmiş pasif ve aktif ısıtma / soğutma sistemleri
- Düşük CO₂ emisyon hedefleri
- Düşük karbon enerji kaynaklarının uygulanması
- Alan içerisinde enerjinin toplanması ve üretilmesi
- Geri dönüşümlü malzemelerin kullanılması
- Malzemelerin sürdürülebilir kaynaklardan alınması
- Yerel ve doğal malzemelerin ağırlıklı kullanımı
- İnşaat sürecinde atıklarının minimuma indirilmesi
- CFC, HCFC ve ozon aşınımına sebep olan malzemelerin kullanılmaması
- Doğal kaynaklara en az şekilde müdahale edilmesi
- İç hava kalitesi ve uçucu organik bileşen içermeyen malzeme kullanımı
- Ulaşılabilirlik, güvenlik ve sosyal servislere yakınlık
- Ekolojik peyzaj tasarımı

İncelenecek örneklerde, bu prensiplerin nasıl uygulamaya geçirilmeye çalışıldığı açıklanacaktır. Örnek binaların özelliklerine bakıldığında, sağlıklı ve üretken bir ortamın hedeflendiği, çevresel etkenlere duyarlı arazi ve malzeme seçimi yapılan, enerji ve su verimliliği uygulamaları ile yenilenebilir enerji kullanımı gibi bileşenleri barındıran, yüksek performanslı mekanik ve aydınlatma sistemleri ile donatılmış, ekonomik ve kullanım maliyeti düşük olan yapılar olduğunu söylemek mümkündür.

2.2 Çevre Dostu Binalarda Enerji Verimliliği

Çevre dostu binaların en önemli özelliklerinden biri enerji kullanımı ve verimliliğidir. Günümüzde binalar için enerji verimliliği ısıtma ve soğutma talebinin sistematik bir şekilde azaltılmasıyla sağlanmaktadır. Binanın, en uygun mimari tasarımı ile enerji tüketim yükünün azaltılması, enerji tüketen tüm sistemlerinin ayrı ayrı ve mimari ile bütünsel olarak optimize edilmesini benimseyen “Bütünsel tasarım anlayışı” çağdaş yüksek performanslı binaların tasarımında kullanılan yöntem olarak benimsenmektedir. Bütünsel tasarım ile ilgili bileşenlerin dengeli tasarımıyla, hem yatırım maliyetlerinde, hem de geri dönüşlerde büyük ekonomik faydalar sağlanmaktadır. Güncel pratiklerde, enerji verimliliğine ilave olarak, yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanılması, fosil yakıtlarına bağımlılığı azalttığı gibi, sera gazı salınımlarının da daha az olmasını sağlamaktadır.

Bina ve ulaşım sistemlerini içeren yapısal çevre tüm sera gazı salınımlarının üçte ikisini oluşturmaktadır. Sürdürülebilir binalarda, “zarar ver ve tamir et” veya “salım yap ve ofsetle” yaklaşımı yerine, yapılacak analizlerle desteklenecek tasarım iyileştirme süreçleri ile daha az salımlı veya karbon nötr binalara ulaşmak mümkündür. Binaların tüm yaşam döngüsünde en az salım ve en az toplam çevresel zarar hedeflerine ulaşılmaktadır.



Şekil 1. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara Etimesgut Sincan TKGM Binası enerji verimliliği uygulamaları (Ref: Ekodenge, AtelierTen, Willen Associates)

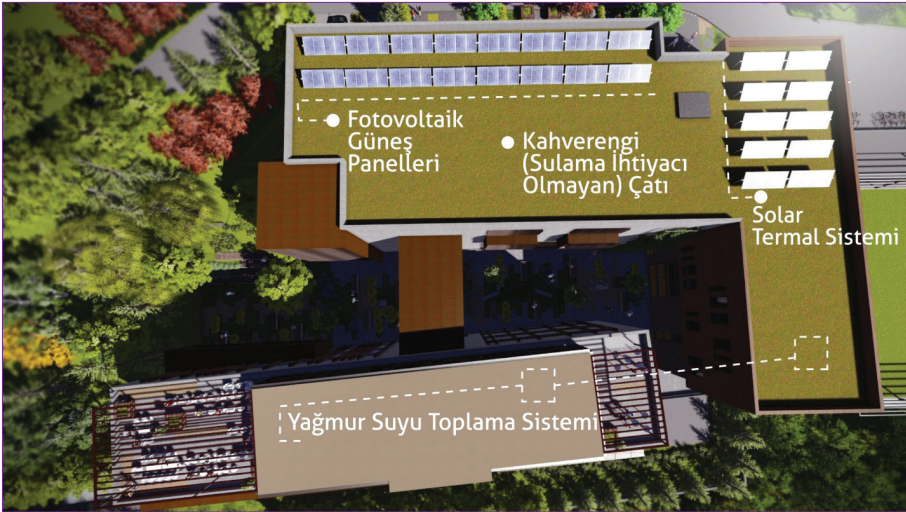
Tasarım iyileştirme süreçlerinde binalara bütünleştirilebilecek bazı sistemler Şekil 1'de görülmektedir. Sürdürülebilir bir bina tasarımında enerji verimliliği sağlamak için uygulanabilecek sistemler bir sonraki kısımda örnekler ile incelenecektir.

3. BİNA ÖLÇEĞİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖRNEK ÇALIŞMALARI

Bu kısımda Ekodenge tarafından mimari tasarımı ve sürdürülebilirlik mühendisliği yapılan örneklerle yer verilmektedir.

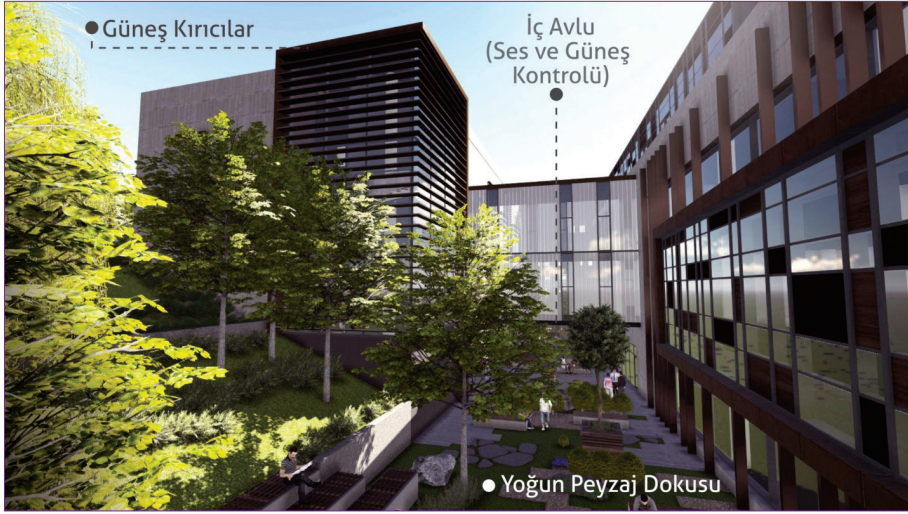
3.1 Hacettepe Üniversitesi Sıhhiye Kampüsü Sağlık Bilimleri Kütüphanesi Projesi:

2014 yılında tasarlanmış olan kütüphane projesinde temel hedef tüm çalışma mekânlarının doğal havalandırma ve doğal aydınlanma koşullarına sahip olmasıdır. Bu sebeple bina, iki bağımsız kütle olarak tasarlanmış, ortadaki avlu sayesinde çalışma alanlarının farklı açılardan gün ışığını alması sağlanmıştır. Avludaki peyzaj tasarımı ile bir mikroklima oluşturulmuş, çapraz havalandırma prensibi ile tüm alanlara bu bölümden taze hava alınması sağlanmıştır.



Şekil 2. Binanın üst görünüşü (Ref: Ekodenge arşivi)

Binanın avlulu mimari yapısı, aynı zamanda gürültü kaynağı olan ana caddeden ayrılarak ses kontrolünü sağlamak için bir çözüm olarak düşünülmüştür. Güney cephedeki çift cidar uygulaması da ses kontrolüne destek olacak diğer bir önlem olmuştur. Bu kısım aynı zamanda trombe duvarı şeklinde çalışmaktadır. Bina kabuğundan ısı kütle olarak yararlanılmakta, kışın, arada ısınan havanın sisteme verilerek, ısıtma yüklerinin azaltılması hedeflenmekte, yazın ise havanın ısınarak dışarıya atılmasıyla, baca etkisinin yaratılması ve böylece çalışma mekânlarının havalandırılmasının sağlanması hedeflenmektedir.



Şekil 3. Bina avlusu ve avluya bakan cephelerden görünüş

Binanın tüm mekânları için doğal aydınlatma analizleri yapılarak, açıklıkların optimize edilmesi sağlanmıştır. Isı kayıpları gözetilerek, tüm cephelerdeki açıklık miktarları hesaplanmış, bulundukları yöne uygun olacak şekilde, güneş kırıcı tasarımı yapılmıştır. Modellemeler ile bu kırıcıların biçimi, derinliği ve sıklığı optimize edilmiştir.



Şekil 4. Güney cephe ve çift cidar uygulaması

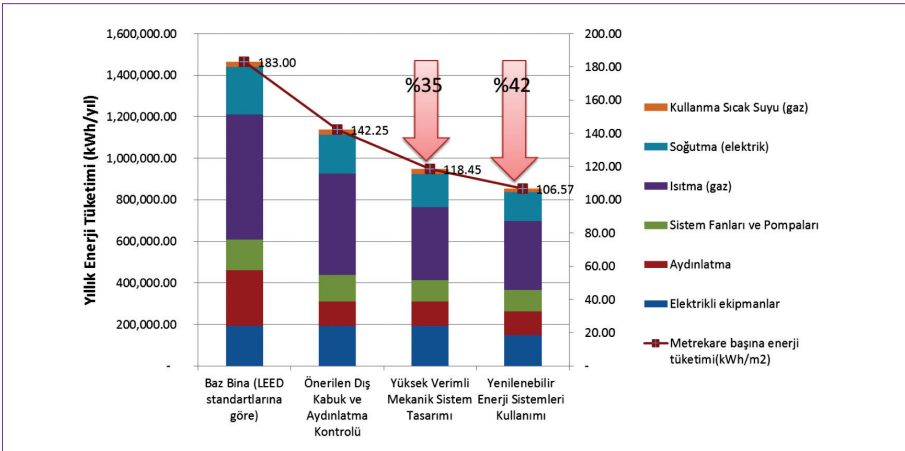
Bina kabuğu yüksek yalıtımlı olarak ve yoğunlaşmaya engel olacak şekilde tasarlanmıştır. En dış katmanda binanın genelinde doğal taş, idari blokta ise ısıl ahşap kullanılmıştır.



Şekil 5. Kuzey cephe görünüşü

Bina enerji tüketim değerleri modellenerek, tasarım sürecinde yapılmış olan tasarruf, LEED kriterlerine göre seçilmiş baz binaya göre %42 olarak belirlenmiştir. İyileştirme aşamaları sırasıyla:

- -Önerilen Dış Kabuk ve Aydınlatma Kontrolü
- -Yüksek Verimli Mekanik Sistem Tasarımı
- -Yenilenebilir Enerji Sistemleri Kullanımı olmuştur.



Şekil 6. Bina enerji tüketim tablosu (Ref: Ekodenge)

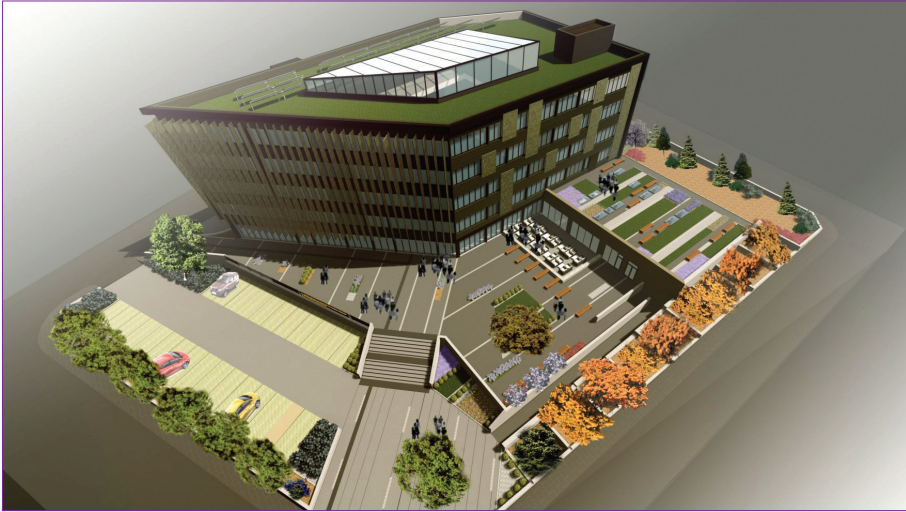
Tablo incelendiğinde, projede önerilen iyileştirme prensipleriyle, ısıtma yüklerinde büyük bir azalma olduğu dikkat çekmektedir. Soğutma yüklerinde, sistem fanları ve pompalarının kullandığı elektrik miktarlarında, aydınlatma ve diğer elektrikli ekipmanlarda da tasarruf yapıldığı ortaya çıkmıştır.

Bu projede, önce talebi azaltarak, sonra verimli sistemlerin kullanımı ve en sonunda yenilenebilir enerji sistemlerinin eklenmesi prensibi benimsenmiştir.

3.2 Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Sincan - Etimesgut Bölgesi Hizmet Binası

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından yürütülmekte olan, Küresel Çevre Fonu (GEF) tarafından desteklenen ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP)'nin uygulayıcı kuruluş olduğu “Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi” kapsamında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Milli Eğitim Bakanlığı için sürdürülebilirlik prensibi esas alınan örnek binalar tasarlanmıştır. Ekodenge firmasının yürütücülüğünde, İngiltere’den sürdürülebilirlik mühendisliği grubu Atelier Ten ile Almanya’dan mimarlık firması olan Willen Associates ekiplerinin ortaklığı ile tamamlanan projede, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Sincan - Etimesgut Bölgesi Hizmet Binası ile MEB Ankara Eryaman Cezeri Yeşil Teknoloji Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi binalarının tasarımı yapılmıştır.

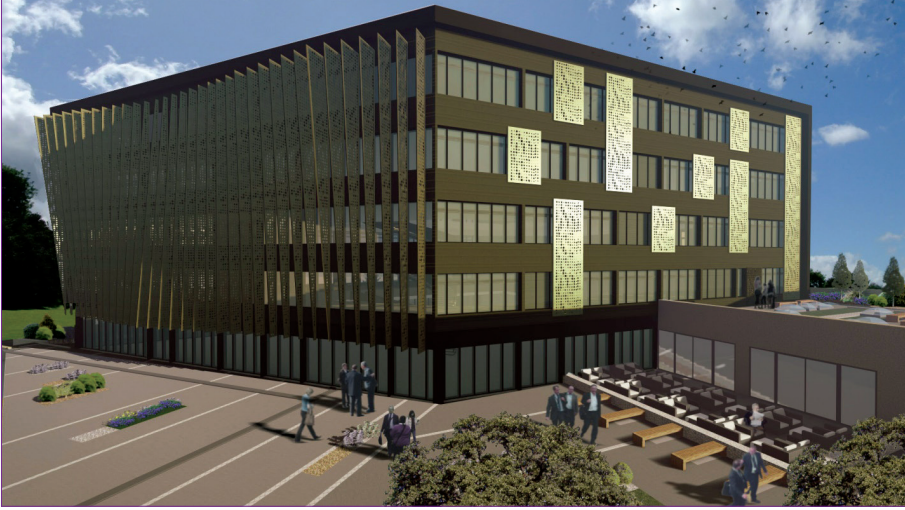
Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi’nin genel amacı olan Türkiye’de enerji tüketimi ve sera gazı salımının azaltılması amacıyla Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı’nın (IBDA-Integrated Building Design Approach) demo binalar ve konuya ilişkin eğitimler aracılığıyla tanıtılması bu alanda daha güçlü kuralların uygulayıcıların ve kurumların oluşmasına katkıda bulunulması için bu tasarımlar birer eğitim aracı olarak da ele alınmaktadır. İnşaatları devam etmekte olan binaların tasarım süreçlerinde yapılan analizlerle ulaşılan verimlilik hedeflerinin takibi, bina kullanım sürecinde de yapılacak ve ölçümlerle doğrulanacaktır.



Şekil 7. Ekodenge, Atelier Ten, Willen Associates ortaklığı tarafından tasarımı gerçekleştirilen Tapu ve Kadastro Müdürlüğü Binası

Bina bilgileri:

- **Arsa alanı:** 5.076 m²,
- **Kapalı alan:** 9.037 metrekare (3.051 m² otopark, teknik hacimler ve labirent alanı)
- **Kullanıcı sayısı:** 250 personel ve tahmini 1.000 ila 1.500 ziyaretçi /gün



Şekil 8. Tapu ve Kadastro Müdürlüğü Binası Giriş Cephesi



Şekil 9. Tapu ve Kadastro Müdürlüğü Binası Güneybatı ve Batı Cepheleri
–Solar Duvar ve Solar Baca Uygulamaları



Şekil 10. Yapının üst görünüşü

Yapı tasarımında izlenen metodoloji ve adımlar şu şekildedir:

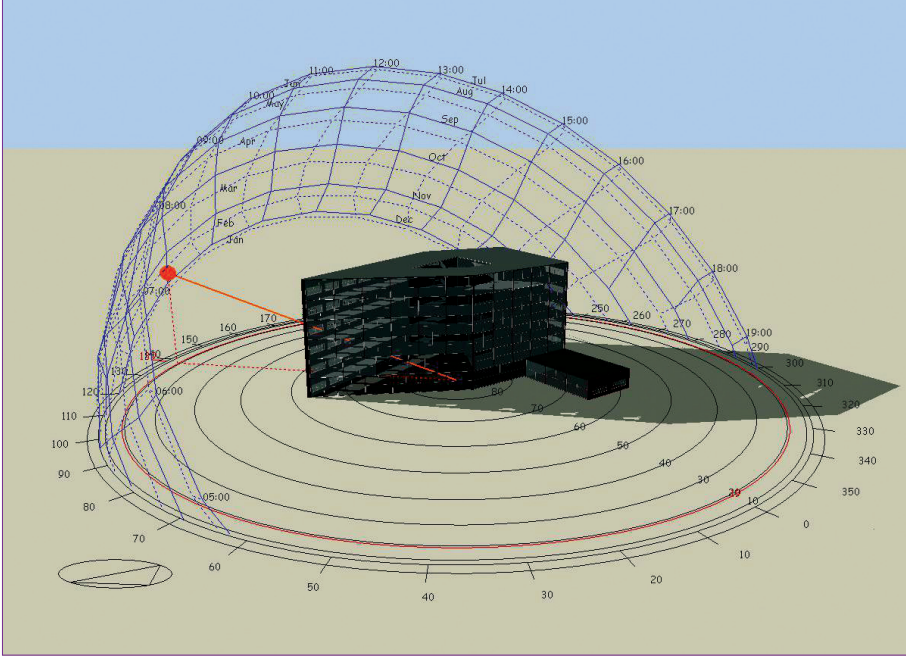
- Fonksiyonel ve mimari gereksinimlerin tanımlanması
- Sürdürülebilirlik hedeflerinin tanımlanması
- Gereksinimlere en uygun mimari ön tasarımın oluşturulması
- Bina pasif, mekanik ve elektrik sistemlerinin tanımlanması ve mimariye bütünleştirilmesi
- Önerilen yapısal ve mekanik çözümlerin enerji modellemelerinin ve benzeri analizlerinin gerçekleştirilmesi
- Yapının maliyet analizlerinin ve faydalarının araştırılması
- Revize iyileştirilmiş mimari tasarım

Tasarımda bütünleştirilen edilen mekanik ve çevresel özellikler şunlardır:

- Doğal aydınlatma analizleri ile cephe optimizasyonu
- Solar duvar ve güneş bacaları ile ısıtmaya pasif destek
- Labirent sistemi / Ön soğutma ile soğutma ve ısıtmaya destek
- Döşemeden serinletme ve ısıtma
- Chilled Beam üniteleri ile enerji etkin soğutma ve havalandırma
- Isı geri kazanım sistemleri
- Bina otomasyonu ile enerji verimliliği
- Yeşil çatılar ve peyzaj ile desteklenmiş sosyal alanlar
- Çevre dostu malzeme seçimi
- Tasarruflu su kullanımı

Yapının Konumu ve Güneşle İlişkisi

Güneş enerjisinden en iyi şekilde yararlanmak için yıllık güneş hareketi göz önünde bulundurulmuştur. Buna göre yönelimler belirlenmiş, cephe yüzeyleri şekillenmiş ve cephe optimizasyonu yapılmıştır.

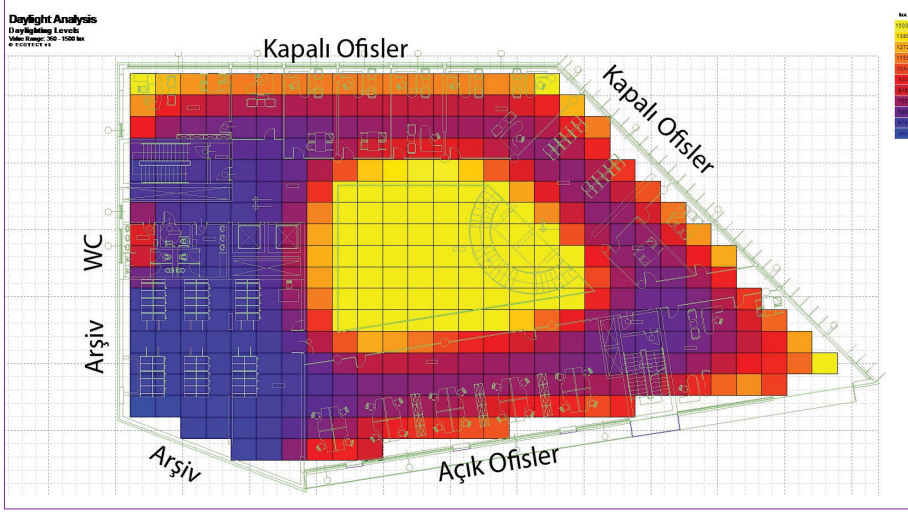


Şekil 11. Gün ışığı modellemesi

Ofis binalarında, yıllık enerji tüketiminin yaklaşık % 20'si aydınlatma kaynaklı olduğundan dolayı, doğal aydınlatmadan faydalanmak büyük önem taşımaktadır. Fakat, binanın soğutma yükünün yüksek oranda artmasına sebep olan güneş ısı kazancı da cephe tasarımı yapılırken dikkate alınmalıdır. Bundan dolayı, binanın cam oranlarının, güneş kırıcılarının yönünün ve boyutlarının belirlenmesi için doğal aydınlatma analizleri yanında enerji analizlerinden de yararlanılmıştır.

Şekil 12'de zemin katta masa seviyesinde sağlanacak lüks cinsinden gün ışığı miktarları görülmektedir. Standartlara göre, bilgisayar kullanımı olan ofislerin aydınlık seviyeleri 300 ile 500 lux arasında olmalıdır. Şekil 12'de 300 lüksün altında gün ışığı alan bölgeler lacivert ile gösterilmiştir, 300 - 700 lux arası (optimum ofis aydınlık seviyeleri) mor tonlarında görülmektedir. Böylece açık ve kapalı ofislerde doğal aydınlatmanın yeterli ölçüde sağlandığı görülmektedir.

Doğal aydınlatma analizinden görüldüğü gibi, çalışma alanları olan açık ve kapalı ofislerde ortalama olarak 300 – 700 lux aydınlatma sağlanmaktadır. Karanlık olarak görülen mahaller düzenli olarak kullanılmayan arşivlerdir. Arşiv kütlesi, güney batıya yerleştirilerek, cephe yüzeyi güneş ışınlamından ön ısıtma sağlayacak bir yüzey olarak kullanılmıştır.



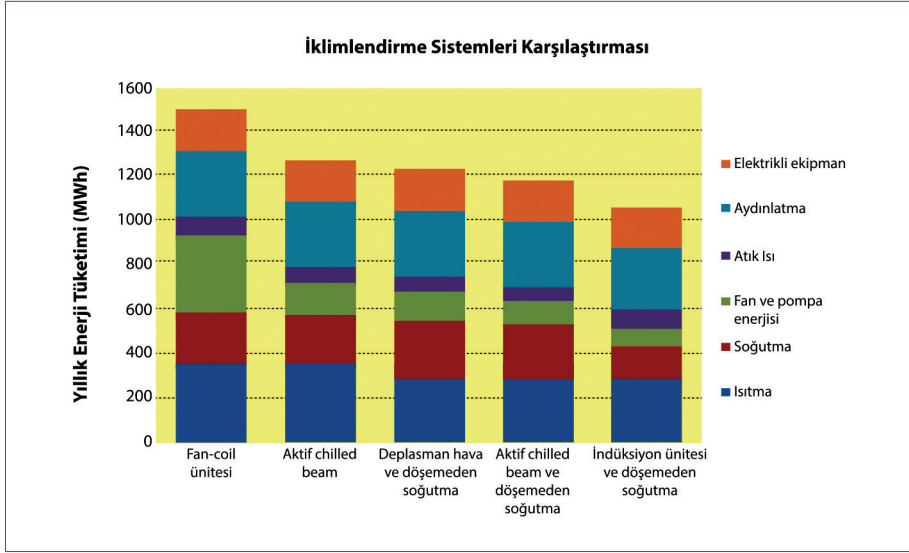
Şekil 12. Güneşli Analizi

Yapıda kullanılan pasif sistemler:

1. Beton Isısı Kontrol Sistemi / İndüksiyon Ünitesi ile Soğutma

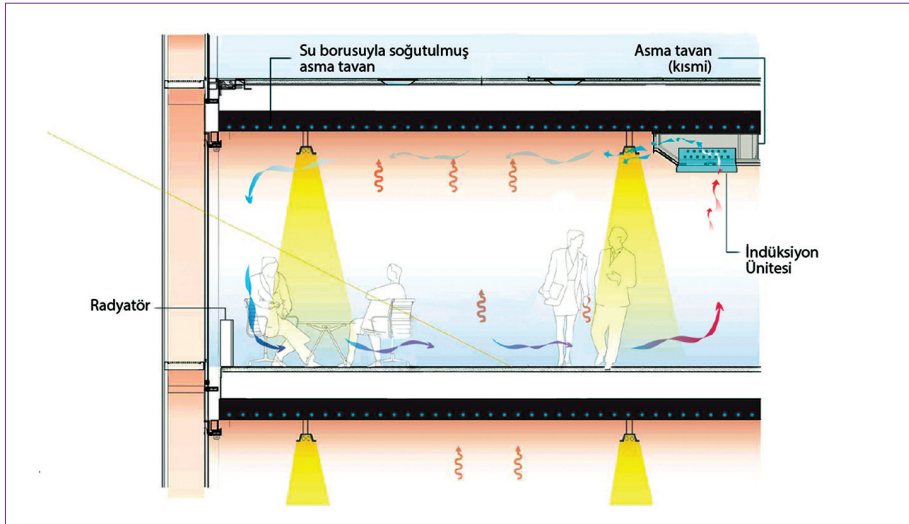
Mekanik tesisat kararları alınırken de disiplinler arası iletişim sürdürülerek, ısıtma-soğutma cihazlarının kapasitelerinin seçilmesinde ve en etkin fayda-maliyet oranını sağlayan mekanik sisteme karar verilmesinde enerji simülasyonları etkili katkı sağlamıştır.

Fan-coil sistemi, beklenildiği gibi en yüksek enerji tüketimine sahiptir. Diğer alternatifler fan-coil sistemine göre düşük soğutma ve fan-pompa enerji tüketimine sahiptirler. Aktif chilled beam sisteminde fan ve pompa enerji ihtiyacı, hava çevrimi (fanlar aracılığı ile değil) doğal olarak sağlandığından dolayı düşüktür. Deplasman havalandırma ve döşemeden soğutma sisteminde ise, soğutma ihtiyacının bir bölümü döşemede yaratılan ısı kütlesi ile sağlandığından soğutma enerji tüketimi daha düşüktür. Fan enerji tüketimi ise aktif chilled beam iklimlendirmesi ile benzerdir. İndüksiyon ünitesi ve döşemeden ısıtma-soğutma sistemi simülasyonlara göre en düşük soğutma ve fan enerji tüketimlerine sahiptir. Fakat yüksek ilk yatırım maliyetine sahip olduğundan dolayı bu sistem tercih edilmemiştir.



Şekil 13. Enerji Karşılaştırması

Değerlendirilen sistemlerin arasında düşük ilk yatırım maliyeti ile birlikte yüksek enerji performansı sağlayan soğutma sistemi olarak indüksiyon ünitesi ve döşemeden ısıtma/soğutma sistemi (Beton Isısı Kontrolü) uygun görülmüştür. Beton ısı kontrol sistemi, döşemeleri ısıtma/soğutma olarak kullanarak, aktif ısıtma / soğutmanın yanında binanın ısı kaybını veya kazancını herhangi bir aktif sistem çalışmadan da dengelemektedir, bundan dolayı bina ısıtma veya soğutma ihtiyaçlarını pasif olarak azaltmaktadır. Bu sisteme ek olarak, indüksiyon ünitesi binanın soğutulmasında havanın sıcaklık ile hareketinden faydalanarak, fan enerjisinden tasarruf sağlamaktadır.



Şekil14. Beton Isısı Kontrol Sistemi ve İndüksiyon Ünitesi

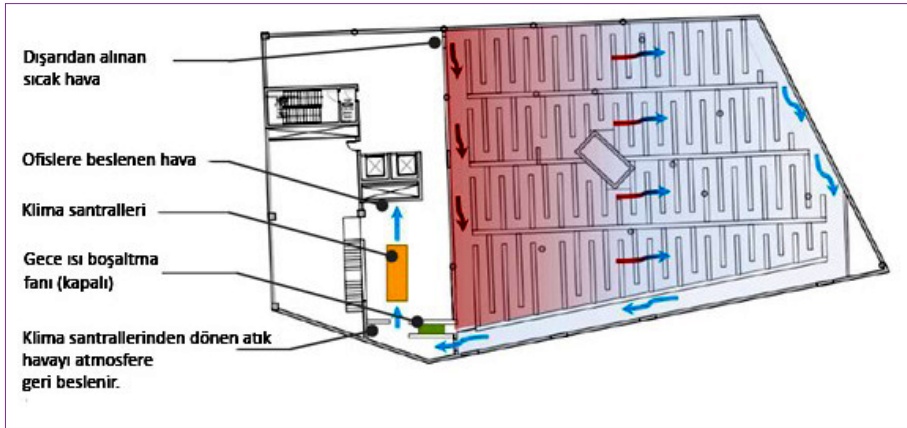
2. Labirent Tasarımı



Şekil 15. Labirent Tasarım Örneği

Labirent sistemi, yeraltına labirent şeklinde beton duvarlardan oluşmaktadır. Soğutma döneminde, geceleri düşük sıcaklığa sahip hava beslenerek oluşturulan soğuk ısıl kütle, gündüz ön-soğutma sağlar. Isıtma döneminde ise dış hava sıcaklığından daha yüksek sıcaklık derecesine (ortalama 15°C) sahip yeraltı sayesinde sıcak ısıl kütle işlevi gören labirent, gündüz ısıtma sağlar.

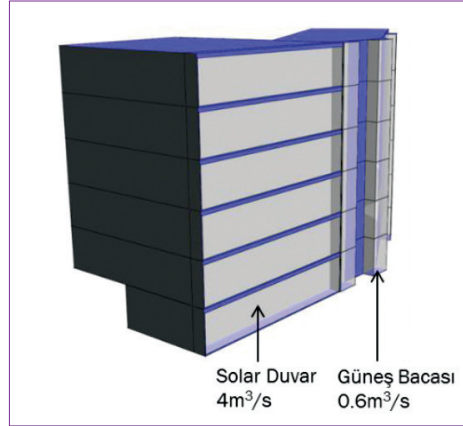
İlk olarak, labirent sisteminin ön-soğutma ve ön-ısıtma olarak sağlayacağı fayda dinamik termal modelleme ile belirlenmiştir.



Şekil 16. Labirent Sistemi İşleyiş Prensibi

3. Güneş Duvarı Sistemi

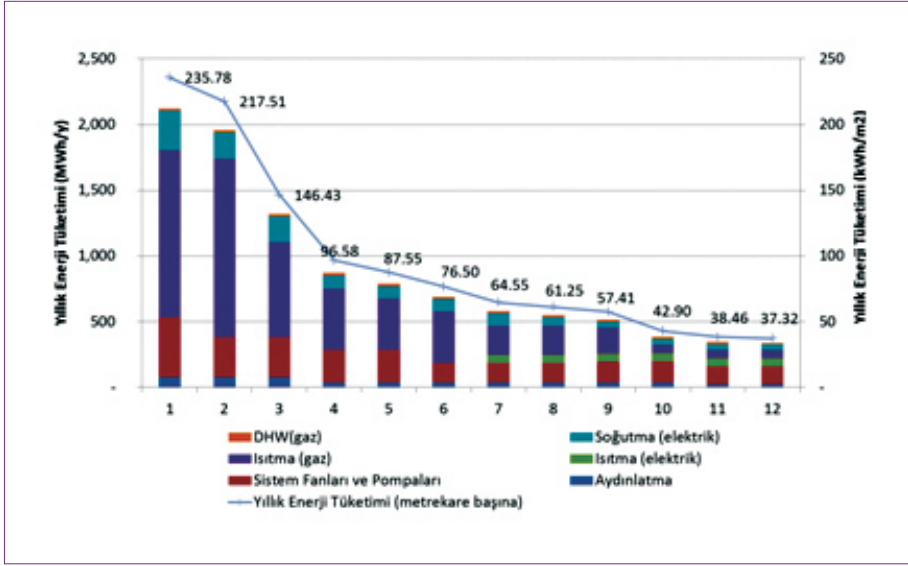
Solarwall (güneş duvarı) ise güneş enerjisi ile hava ısıtma sistemidir. Bina cephelerine kurulabilen delikli metal paneller ile güneş enerjisini absorbe ederek havanın enerji tüketmeden ısınmasını sağlar. Bu panellerden geçen hava havalandırma sistemine beslenerek bina havalandırmasının ön-ısıtmasından kullanılır. Solarwall (güneş duvarı) uygulamasının faydasını, yıllık yakıt tüketimine sağlayacağı katkı yapılan analizlerle tahmin edilmiş, buna göre sistemin tasarımı yapılmıştır.



Şekil 17. Güneş Duvarı Sistemi

Tapu ve Kadastro Müdürlüğü Binası'nda baz bina üzerinden yapılan enerji iyileştirmeleri şu şekildedir. Baz bina, kabuğu TS 825 standartlarına uygun ve konvansiyonel mekanik sistemlere sahip bina olarak kabul edilmiştir:

1. Baz bina, hesaplamalarda, iyileştirmelerin yapılacağı temel birim olarak kabul edilmiştir.
2. Bina ısı kayıp/ kazançlarına ve güneş enerjisi sistemlerine göre optimum güneş yöneliminin sağlanması
3. Havalandırma sisteminde %70 ısı geri kazanımlı klima santralleri kullanılması
4. Artırılmış yalıtım malzemeleri, uygun güneş kırıcı yerleşimleri ve aydınlatma kontrolünün sağlanması
5. Ofis mahallerinde beton ısısı kontrol sistemi kullanılarak ısıtma ve soğutma yüklerinin azaltılması
6. Ofis mahallerinde chilled beam ünitesinin kullanılması
7. Isı pompası ile ısıtma uygulanması
8. Isı pompası ile soğutma uygulanması
9. Labirent sisteminin yıllık faydasının eklenmesi
10. Güneş duvarı sisteminin yıllık faydasının eklenmesi
11. Fotovoltaik sisteminin yıllık elektrik enerji üretiminin eklenmesi
12. Güneş enerji ile su ısıtma sisteminin yıllık katkısının eklenmesi



Şekil 18. Tapu ve Kadastro Müdürlüğü Binasında yapılan Enerji İyileştirmeleri

3.3 MEB Ankara Eryaman Cezeri Yeşil Teknoloji Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi:

Binalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılması Projesi kapsamında bütünleşik bina tasarımı yöntemi ile projelendirilen bir diğer yapı MEB Ankara Eryaman Cezeri Yeşil Teknoloji Teknik ve Endüstri Meslek Lisesidir. Bu bina okul Binası, spor salonu ve misafirhane olmak üzere 3 yapıdan oluşmaktadır. Okul Binası derslikler ve atölyeler olmak üzere iki kısım ve onları birleştiren bir atriyumla şekillenmiş ana dolaşım aksı atriyum çevresinde sağlanmıştır.

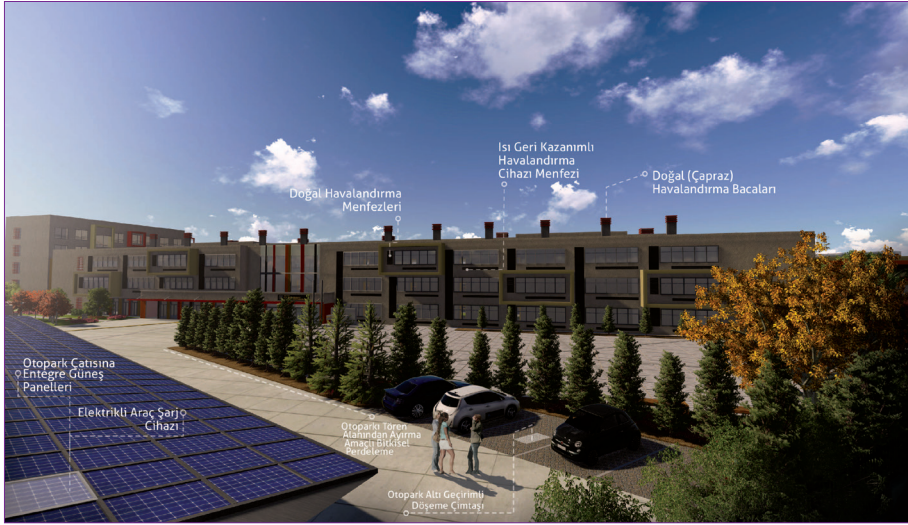
Tüm sınıflarda ve atölyelerde doğal havalandırma imkânı, geçiş dönemlerinde (baharlarda) doğal havalandırma ile iklimlendirme sistem prensibi uygulanmıştır.

Binalar ile ilgili bilgiler:

- **Arsa alanı:** 17.030 m²
- **Kapalı alan:** 21.940 m²
- **26 Derslik, 6 Laboratuvar, 10 Atölye, Kapalı Spor Salonu**
- **Misafirhane binası:** 147 yatak kapasiteli toplam 52 oda



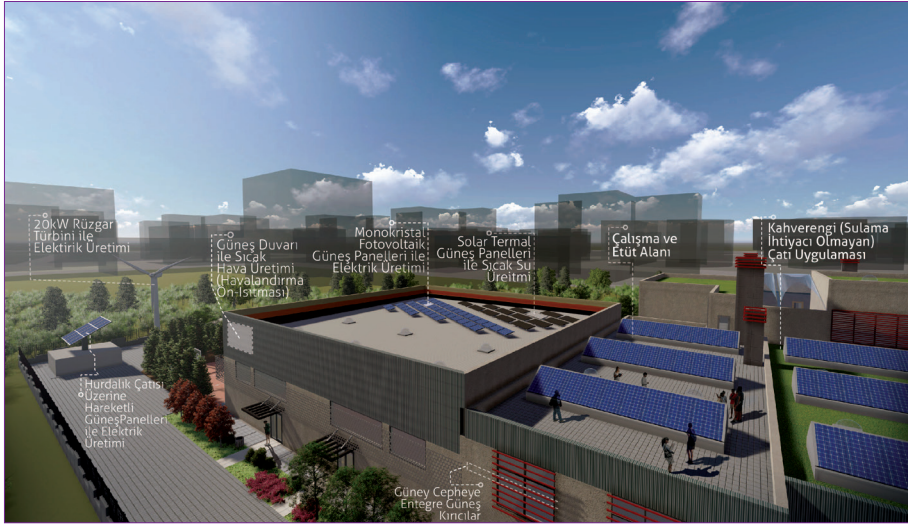
Şekil 19. Okul Kampüs Planı



Şekil 20. Okul Giriş (Kuzey) Cephesi



Şekil 21. Okul Giriş (Kuzey) Cephesi, Derslikler

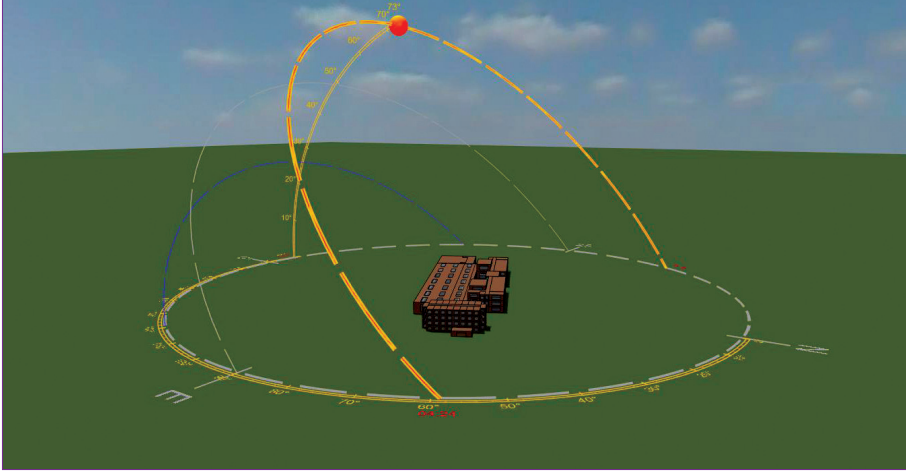


Şekil 22. Okul Binası'nda Enerji Uygulamaları

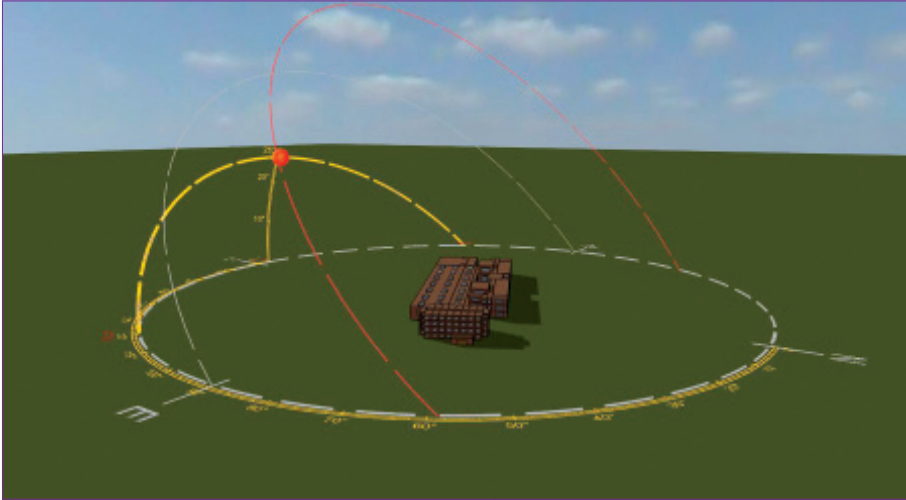
Yapıda kullanılan pasif sistemler:

1. Yapının Konumu ve Güneşle İlişkisi

Okul binasının cepheleri (güneş kırıcılar vb.), cephe açıklıkları, mahallerin yerleşimi ve yönelimi tasarlanırken, binanın yıllık güneş hareketine göre konumu göz önünde bulundurulmuştur. Binanın konumuna göre en dik ve en eğik gelen güneş ışınlarının günlük hareketi sarı ile gösterilmiştir.



Yaz Güneşi (21 Haziran) 73°lik güneş açısı



Kış Güneşi (21 Aralık) 26°lik güneş açısı

Şekil 23. Okul Binası günüşi modellemesi

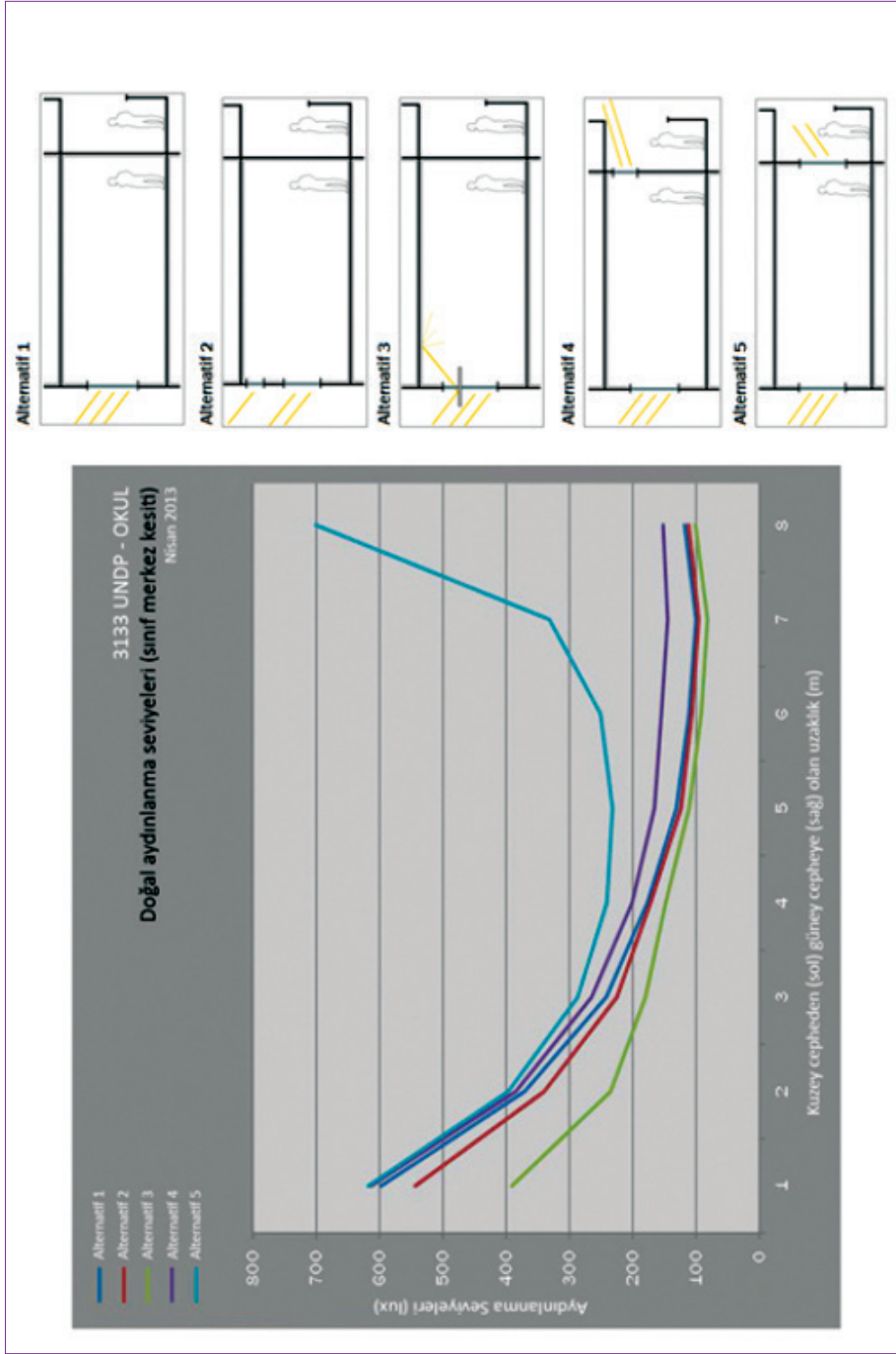
2. Cephe Optimizasyonu



Şekil 24. Derslik Aydınlatma prensibi

1. Üst pencere, gün ışığının sınıfın derinliklerine ulaşmasını sağlar.
2. Alt pencere, doğal aydınlatmanın büyük kısmını sağlar.
3. Elektrikli aydınlatma sınıfın arka taraflarında gün ışığını desteklemek için kullanılır.
4. İç kısımdaki ikinci üst pencere gün ışığının dengesini ve homojenliğini yükseltir.

Şekil 23'de görüldüğü gibi farklı cephe açıklık senaryoları değerlendirilmiştir ve LEED sertifikasyon sistemi doğal aydınlatma kriterleri referans alınarak, sınıflarda yapay aydınlatma olmadan minimum 100 lux değeri sağlanmıştır.



Şekil 25. Derslikler için Doğal Aydınlanma Seviyeleri (5 farklı alternatif)

Isıtma, soğutma ve iklimlendirme sistem tasarımları yapılırken iklim koşullarına uygunluk ve enerji verimliliği kriterlerinin yanında, sağlıklı ve gerekli iç ortam koşulları ve uygulamalı eğitim açısından mekanik sistemlerde çeşitlilik de göz önünde bulundurulmuştur. İç ortam koşullarına yüksek önem verilerek sınıf ve atölyeler gibi öğrencilerin yoğun olduğu mahallerde karbondioksit oranı ve sıcaklık kontrolüne sahip ve akustik yalıtımlı sistemler bütünleştirilmiştir. Ayrıca, doğal havalandırmadan faydalanmak için sınıflarda havalandırma menfezleri ve akustik kontrollü bacalar tasarlanmıştır.

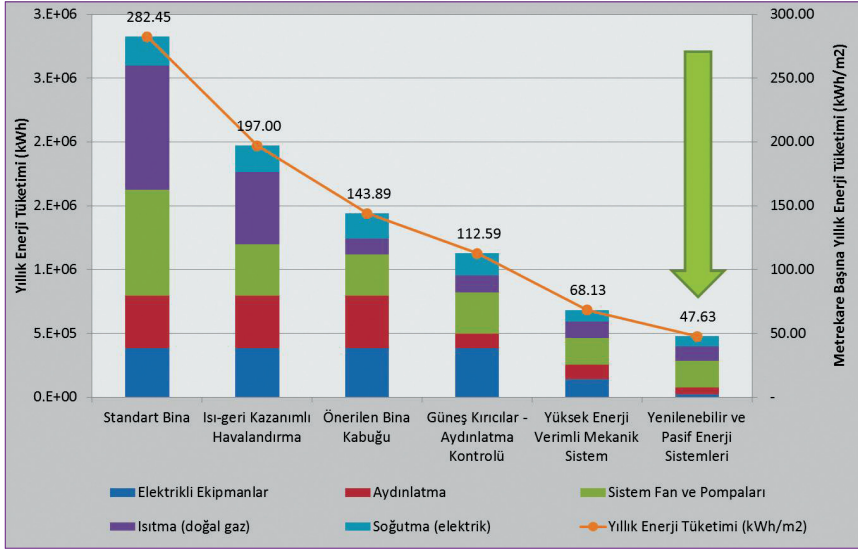
Isıtma ekipmanları: Isı pompası, kazan ve kojenerasyon

Soğutma ekipmanları: Isı pompası, absorpsiyonlu chiller ve soğutma kulesi

Havalandırma ekipmanları: Isı geri kazanımlı paket klima santralleri (school air conditioning özelliğiyle birlikte), ısı geri kazanımlı merkezi klima santralleri ve toprakaltı havalandırma boruları ile pasif ısıtma/soğutma

Doğal havalandırma sistemleri: Havalandırma menfezleri, motor kontrollü açılabilir atriyum pencereleri ve havalandırma bacaları

Baz bina enerji modelinden Okul Binası enerji hedeflerine 5 iyileştirme adımıyla ulaşılmıştır. Bu iyileştirmeler aşağıdaki gibidir: Havalandırma sisteminde %70 ısı geri kazanımlı klima santralleri kullanılması, Yüksek performanslı bina kabuğu, Güneş bacaları ile doğal aydınlanma, uygun güneş kırıcı yerleşimleri ve aydınlatma kontrolünün sağlanması, Yüksek verimli toprak kaynaklı ısı pompası, absorpsiyonlu chiller ve kojenerasyon ünitesinden oluşan sürdürülebilir mekanik tesisat bütünleştirilmesi ve Atölyelerde havalandırmaya destek olan güneş duvarı, elektrik üretimi sağlayan fotovoltaik ve kafeterya, atriyum mahallerindeki havalandırmaya destek sağlayan yeraltı borulama sistemlerinin yıllık enerji katkılarının eklenmesi



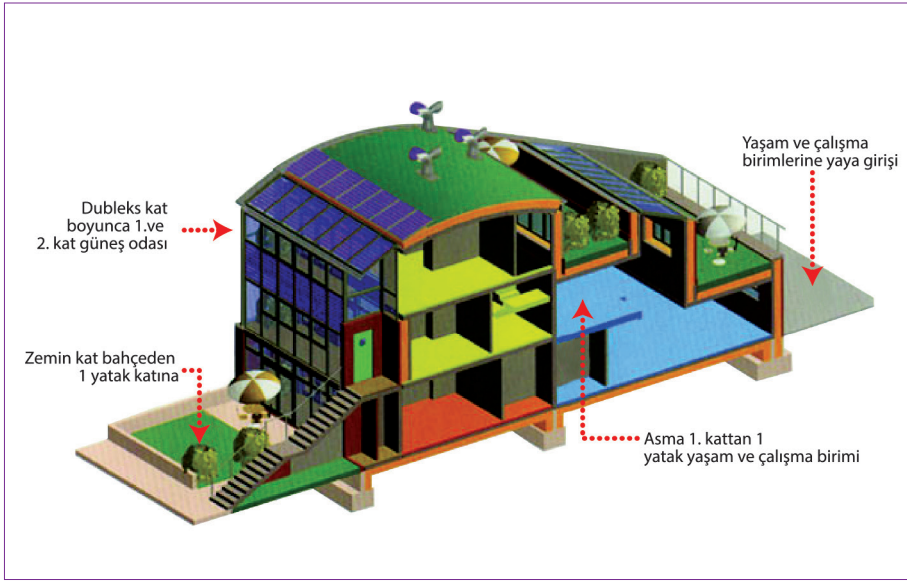
Şekil 26. Okul için Enerji İyileştirmeleri (ref: Ekodenge)

4 Avrupa Birliği'nden Örnek Bina Tasarımları

4.1 BedZED- Beddington Sıfır Enerji Yerleşkesi, Hackbridge, Londra, İngiltere

Güney Londra'da 2002 yılında inşa edilen, 82 konut, yaklaşık 1600m² ofis alanı, tıp merkezi, kreş, spor alanları, kafe-bar, sosyal tesis vb. fonksiyonları içeren bir karma kullanım yerleşkesidir. İngiltere'deki en büyük eko-köy olarak da tanımlanmaktadır.

Teraslı yapılarıyla tüm evlerin bahçesi olması hedeflenmiş, konutlar pasif güneş sistemi prensipleriyle ve maksimum ısı kazanımı için güneye cephe vermiştir. Terasların arkasında ofis kütleleri, fazla ısınmayı engellemek, soğutma ihtiyacını azaltmak ve gün ışığından optimum yararlanmak için kuzeye yönelimle yerleştirilmiştir. Yüksek izolasyonlu yapı kabuğu, cepheye bütünlük olarak tasarlanmış fotovoltaik paneller, rüzgar etkisiyle çalışan havalandırma bacaları ve kojen sisteminin kullanılmasıyla konvansiyonel olarak tasarlanmış benzer yapılara göre %25 enerji tasarrufu elde edilmiştir.



Şekil 27. BedZED yerleşkesi yapı izometrik çizimi (ref: www.inhabitat.com)

Enerji kullanımı daha bütüncül bir bakış açısıyla, sadece binanın harcadığı miktar olarak değerlendirilmeyip, yapıda kullanılan malzemelerin 60 km yarıçaplı bir alandan temin edilmesiyle ulaşım için gerekli enerjinin de azaltılmasına çalışılmıştır.

2003 yılında yapılan ölçümlere göre, BedZED yerleşkesi, İngiltere'deki ortalama değerlere kıyasla aşağıdaki kazanımları başarmıştır:

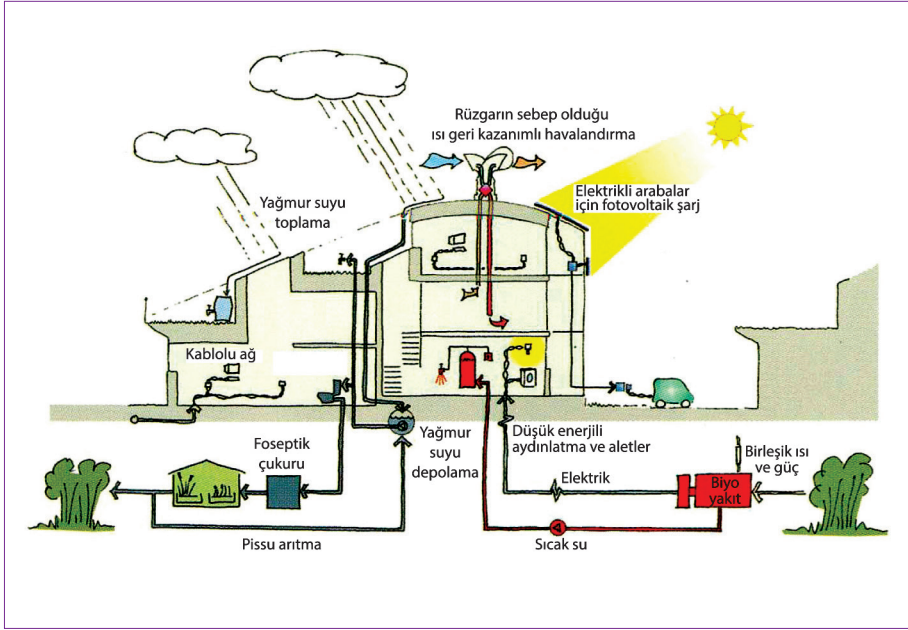
- Isıtma gereksinimleri: %81 daha az
- Elektrik kullanımı: %45 daha az
- Sıcak su kullanımı: % 57 daha az
- Kişi başına elektrik kullanımı: ortalama vatandaşlara göre %25 daha az. Bu harcamaların da %11'i güneş panelleri ile üretilmektedir.
- Araç kullanım mesafeleri: %64 daha az



Şekil 28. BedZED Yerleşkesi Konutların Görünüşü (ref: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk>)



Şekil 29. BedZED Yerleşkesi Konutların Görünüşü (ref: www.solaripedia.com)



Şekil 30. BedZED Yerleşkesi Sürdürülebilirlik Mühendisliği Arup Firması tarafından yapılmıştır.

(Ref: <http://www.energy-cities.eu>)

Ref: Mimarlık ve Yapılı Çevre Komisyonu

(Commission for Architecture and the Built Environment) Arşivi

www.zedfactory.com

4.2 WWF –Doğal Hayatı Koruma Vakfı Merkez Binası - Yaşayan Gezegen Merkezi (Living Planet Centre), Surrey, İngiltere

Hopkins Architects tarafından mimari tasarımı ve Atelier Ten tarafından sürdürülebilirlik mühendisliği gerçekleştirilen yapı, dünyanın öncü koruma kuruluşlarından Doğal Hayatı Koruma Vakfı'nın çevre hedefleri doğrultusunda aşağıdaki konu başlıklarında başarılı uygulamalar arasında yerini almıştır.

1. **Yeşil Bina Sertifikasyonu:** Yapı BREEAM sertifikasyon sisteminde en üst seviye olan Outstanding (mükemmel) sertifikasına sahiptir.
2. **Sıfır Karbon Hedefi:** Yaşam döngüsü karbon salınımda %42 azaltım başarılmıştır. 1.884 kgCO₂e/m². Pasif sistemler: doğal havalandırma, toprak kanalları ile ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarında destek, fazla ısıyı dışarı atan baca sistemi, çevredeki ağaçlar, dış ve iç jalousiler ile gölgeleme stratejisi, güneşi ile optimum aydınlatma (ofis mekanlarında 300 lux hedefi), inşaat sürecinde enerji verimliliği stratejileri, yapı kullanım sürecinde enerji verimliliği stratejileri ve enerji yönetim planı, PV ve Kojen üniteleriyle elektrik üretimi,

3. **Sıfır Atık Hedefi:** Tasarım sürecinde atıkları en aza indireyecek prensiplerin benimsenmesi, inşaat sürecinin planlanması yapılması ve atık yönetimi stratejileri, kullanım sürecinde atıkların kompost ve geri dönüşüm için değerlendirilmesi
4. **Su Yönetimi:** Bina çevresinde su toplama kanalları, gri su toplama ve yeniden kullanımı
5. **Sürdürülebilir Kaynak Kullanımı:** Tüm malzeme seçimlerinin sürdürülebilir kaynaklardan, düşük karbon barındıran, geri dönüşümlü, Uçucu Organik Bileşen (VOC) içermeyen özellikte olması, sertifikalı ahşap kullanımı, geri dönüşümlü agrega içerikli beton kullanımı



Şekil 31. WWF Merkez Binası Görünüşü (Ref: www.wwf.org.uk)

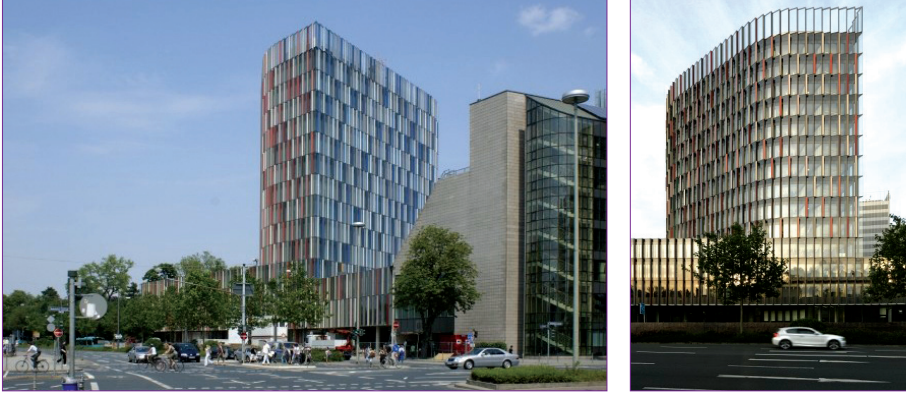
6. **Biyçeşitliliğin Artırılması**
7. **Sağlık ve Refah**
8. **Sosyal sürdürülebilirlik**



Şekil 32. Yapının İç Mekan Görünüşü (Ref: www.ukgbc.org)

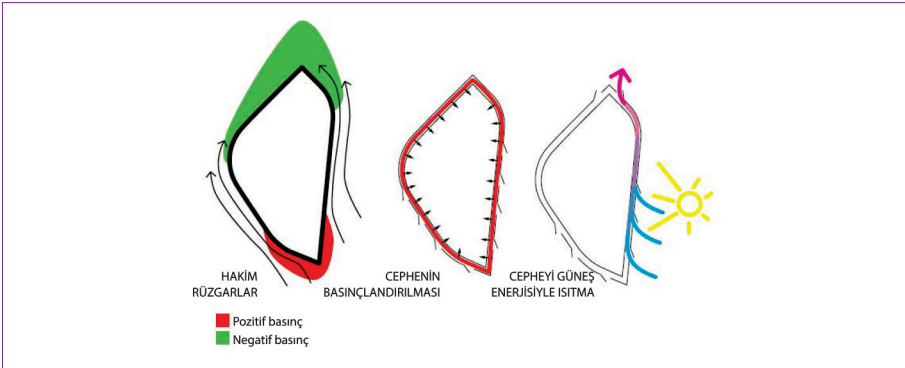
4.3 KfW Bankası Ofis Binası, Frankfurt, Almanya

KfW bankasının ofis binası olarak kullanılan bina, Sauerbruch Hutton mimarlık tarafından tasarlanmış, 2010 yılında kullanıma girmiştir. 39.000 m² kullanım alanına sahip bina, dünyadaki yüksek yapılar içinde 100 kWh/m² birincil enerji tüketim değerinin altında çalışabilen ilk binalardandır. Bina 2011 yılında, Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) tarafından verilen dünyanın en iyi yüksek binası ödülünü almıştır.



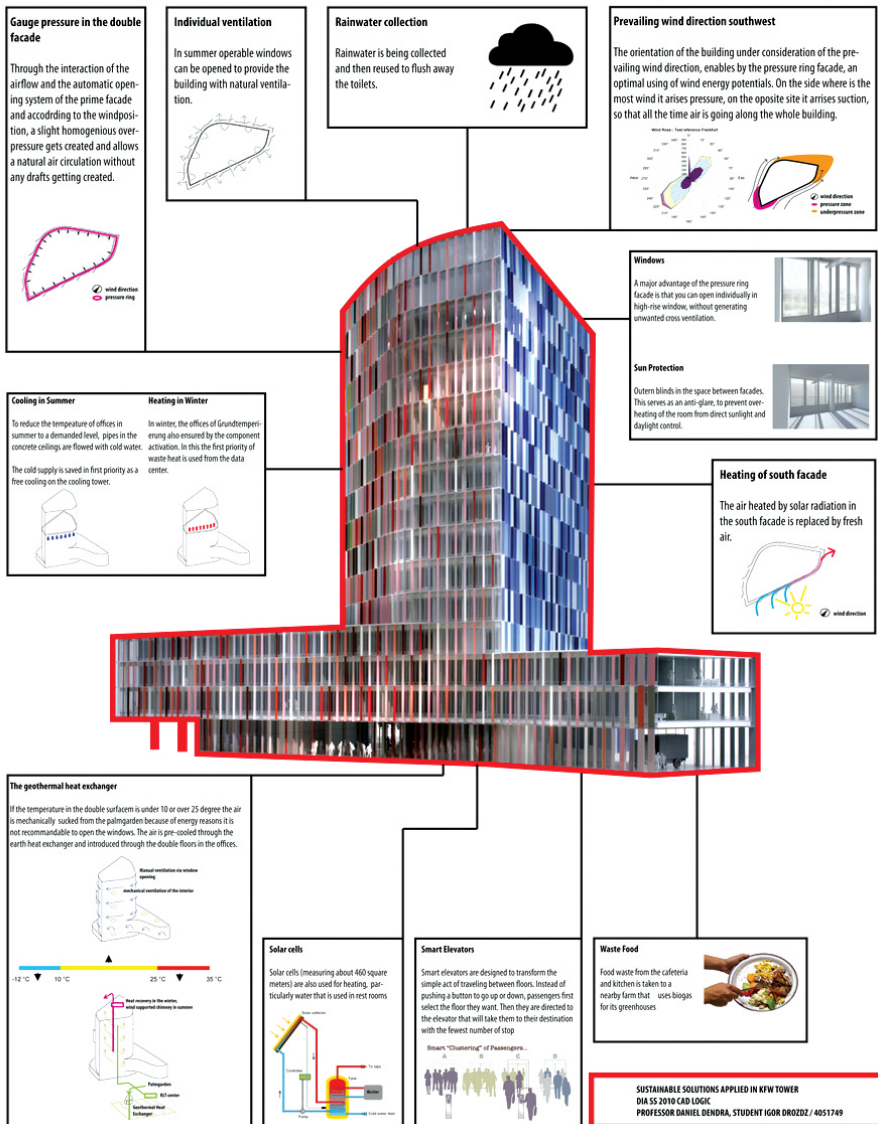
Şekil 33. Yapının Görünüşleri (Ref: www.archdaily.com)

Binanın önde gelen özellikleri; Çift cidarlı cephe sistemi, doğal aydınlatma özellikleri, optimize edilmiş aydınlatma, doğal havalandırma ve ısı geri kazanımı, trijenerasyon sistemi ile, elektrik, ısıtma ve soğutma sistemi, bina otomasyon ve kontrol sistemi, yağmur suyu toplama sistemi ve solar ısınım ile kazanımların bina içinde kullanımı Binanın malzeme ve renk seçimi açısından dikkat çekici dış cephesi, çift cidarlı ve rüzgara göre optimal tasarıma sahip bir doğal kabuk özelliğindedir. Yüksek yalıtım değerlerine sahip bina cephesi, rüzgârın beklenen yönüne göre tasarlanmıştır. Sebep olduğu alçak ve yüksek basınç noktaları sayesinde, doğal havalandırma sağlamaktadır. Binanın ısıl özellikli zemin donatısı ve jeotermal destekli ısıtma sistemi, enerji verimliliğini arttırmaktadır.



Ref: www.zdnet.com; image Copyright Sauerbruch Hut

KfW Bank Group, Frankfurt - West Arcade



References: <http://www.triplepundit.com/2010/04/kfw-bankengruppes-green-building-green-loans-and-walking-the-walk/>, <http://campus.kfw.de/>

5. Yerleşke Ölçeğinde Enerji Verimliliği

Yerleşke ve kent ölçeği, birçok açıdan enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik adına fırsatlar barındırır. Bunların bazıları;

- **Ölçek ekonomisi:** Kullanıcı sayısı ve enerji talebinin artışı ile birlikte, daha büyük ölçekli ısıtma ve soğutma sistemlerinin, daha ekonomik koşullar ile kullanımı hayata geçirilebilir.
- **Farklı kullanım profilleri:** Konut, ofis, hastane gibi farklı tip tüketim profillerine sahip binaların bir arada bulunduğu sistemlerde, toplam talebin daha dengeli ve günün saatlerine dağılmış olduğu ve sistemlerin daha verimli çalışmasını sağlayacak altyapıların kurgulanması mümkün hale gelir.
- **Simbiyotik ilişkiler:** Enerji tüketimindeki farklı profiller ve ısıtma ve soğutma sistemlerinin kullanım kurguları, birbirlerinin atık ısılarının kullanılmasına imkân verir. Bu tip simbiyotik ilişkiler, yerleşke sınırları dışındaki, endüstri tesisleri veya enerji santralleri gibi dış kaynaklarla da gerçekleştirilebilir.
- **Enerji Yönetimi ve İzleme:** Enerjinin üretimi ve iletimi ile ilgili verinin merkezi olarak daha detaylı ölçülmesi ve optimal koşullar ile operasyonunun sağlanması mümkündür.

Yukarıdaki temel kazanımlar ve ilave edilebilecek ilave faydalar nedeniyle, AB ülkeleri uzun yıllardır, kentsel ve merkezi ısıtma sistemleri üzerine yatırımlarını gerçekleştirmiş ve sistemler kurmuşlardır. Güncel yaklaşım bu tip merkezi sistemlerin mikro kaynaklı yenilenebilir enerji kaynakları ve ısı depolama yetenekleri ile bütünleştirilerek edilerek optimal ve an düşük karbon salınımlı sistemlerin kurgulanması üzerinedir. Bu yaklaşımlar, bina ölçeğinde olduğu gibi, ilk olarak enerji talep azaltımı ile desteklenmelidir.

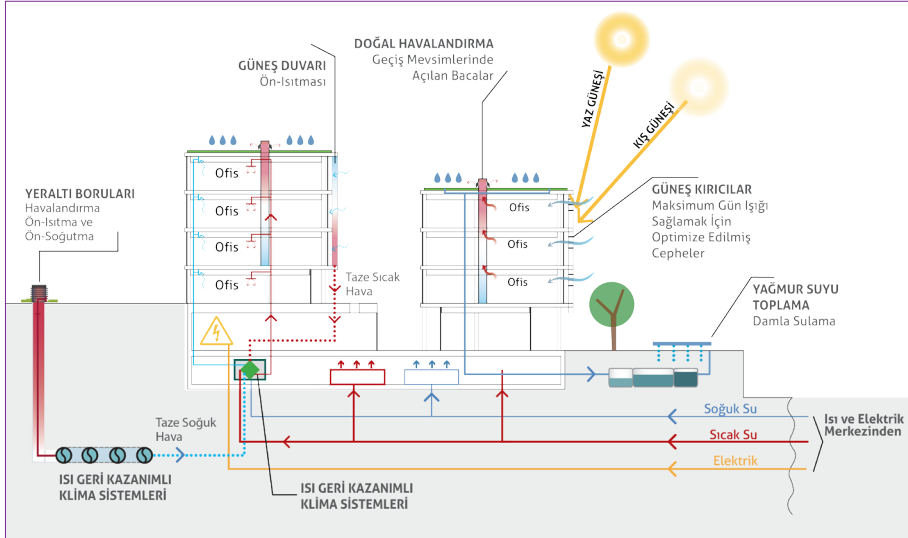
5.1 OSTİM Ekopark Projesi

ANKARA OSTİM OSB içerisinde gerçekleştirilecek ve sürdürülebilirlik özellikleri barındırması beklenen yerleşke için açılan davetli yarışmada, Ekodenge ekibi ikincilik ödülü almıştır. Bu projede, temelde ofis, konferans, eğitim mekânları, atölyeler ve sosyal mekânlar gibi farklı tip özellikleri olan binaların yer aldığı 80.000 m²'den büyük bir yerleşke için ön mimari ve mühendislik tasarımı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 34. Ostim Ekopark Projesi Genel Görünüm (ref: Ekodenge Arşivi)

Yerleşke binaları, çağdaş mimari özellikleri ile sürdürülebilirlik gereksinimlerini ekonomik bir kur-
guyula uygulanabilir hale getirmiştir. Bu yaklaşımla, tüm ofislerde doğal havalandırma ve aydınlatma
gibi gereksinimler bütüncül tasarım prensibi ile sağlanmış, talebi en aza indirecek yönelim ve bina
kabuğu seçilmiştir. Bu çalışmaların sonucu saatlik enerji modelleri ile tespit edilen ısıtma ve
soğutma yükleri, merkezi ve ölçeklenebilir olarak kurgulanan bir ısıtma ve soğutma sistemi ile karşı-
lanmıştır. Merkezi sistemde öncelikli olarak yenilenebilir kaynaklar kurgulanmıştır.



Şekil 35. Ostim Ekopark Projesi Sistem Prensibi (ref: Ekodenge Arşivi)

5.2 Enerji Verimli Restorasyon ile Maliyet Etkin ve Uyarlanabilir Binalar - Affordable and Adaptable Public Buildings through Energy Efficient Retrofitting (A2PBEER) Projesi

AB, FP7 çerçeve programı tarafından fonlanan projede, yeni nesil enerji etkin sistemlerin tasarımı ve kullanılmasına dair geliştirmeler yapılmakta ve uygulanmaktadır. 3 demo bölgesinden biri olan Ankara Fen Lisesi'nin enerji verimli yerleşke haline getirilmesi için farklı hedefler tanımlanmıştır.



projesi, 20'nin üzerinde ortağıyla kamu binalarında maliyet etkin, enerji verimliliği yüksek yenilemeler yapılmasını sağlayan, 4 yıllık yenilikçi bir Avrupa projesidir. Avrupa'da kullanıma hazır enerjinin %40'ını binalar tüketmektedir. Enerji etkin iyileştirmeler, AB 20-20-20 hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynamaktadır. Konut dışı binalar, konut binalarına oranla %40 daha fazla enerji harcamaktadır, dolayısıyla konut dışı binalarda yapılacak iyileştirmeler ile daha büyük bir etki yaratılabilir. Avrupa'da konut dışı binaların %30'unu kamu binaları oluşturmaktadır. Bu nedenle A2PBEER projesi kamu binalarının enerji etkin iyileştirilmesine yoğunlaşmıştır.

HEDEFLER & MESAJLAR

-  Sıfıra Yakın Enerji Tüketimine sahip mevcut Binaların gereksinimlerinin, kamu binalarında da, halihazırda kullanılan, maliyet etkin ve uyarlanabilir teknolojiler ile karşılanabileceğini göstermek
-  Mevcut kamu binalarının, hali hazırdaki enerji tüketimlerini %50'den daha fazla oranda düşürmenin teknik açıdan olanaklı ve maliyet etkin olduğunu göstermek
-  Bu sürecin farklı kullanımlar ve iklimler için 7 yıldan kısa geri dönüş süreleri ile uyarlanabilir olduğunu göstermek
-  Sıfıra yakın enerji tüketimine sahip yerleşkeler için yapım modelleri oluşturarak Avrupa'daki mevcut yapı stoğunun yenilenmesini sağlamak
-  İnşaat sektöründeki tüm paydaşları harekete geçirmek (üreticiler, mimarlar, bina yöneticileri, ESCO sahipleri ve kullanıcıları)

Ankara Fen Lisesi Yerleşkesi Yurt Binası, kafeterya ve ısıtma merkezindeki enerji verimli yenileme çalışmaları şu şekildedir:

- Vakumlu yalıtım panelleri ve havalandırılmalı cephe kaplaması
- Akıllı pencereler
- DALI (Digital Addressable Lighting Interface) kontrollü LED aydınlatma
- Gün ışığını takip eden fiberoptik aydınlatma
- İnovatif güneş kolektörleri ile soğutma ve sıcak su üretimi
- Isı geri kazanımlı havalandırma

TEKNOLOJİLER

OPTİMİZE EDİLMİŞ AKILLI THERMAL AG

ClimateWell, CoolStore TM adında enerji verimliliği yüksek kış süresince ısıtma, yaz süresince soğutma ve tüm mevsimlerde kullanma sıcak suyu sağlayabilen, güneş kolektörleri ile entegre bir ısı pompası bileşeni geliştirmiştir.



BİNA KABUĞU

Isoleika'nın Vakumlu Yalıtım Panelleri, mikroboşluklu çekirdeğe sahip olan bir yalıtım malzemesidir. Vakum, çekirdeğin metal bazlı bir kaplama malzemesi ile kaplanması ile oluşturulur ve çok düşük ısı geçirgenliği sağlar. **Bergamo**, bu sistemi farklı havalandırmalı cephe düzenlemeleri ile entegre ederek enerji etkin bir sistem oluşturmaktadır.



AKILLI PENCERELER

Comfort Window Systems tarafından üretilen bu pencereler, binaya girecek güneş radyasyonu miktarını ayarlamak için özel olarak tasarlanmışlardır. Kış döneminde, güneşten gelen ısı pencereden geçerek odanın içine girebilirken (radyatör etkisi), yaz mevsiminde güneş radyasyonu uzak tutulur (uzaklaştırma etkisi).



AKILLI AYDINLATMA

Parans, doğal güneş ışığını yakalayıp, bina içine ileten yenilikçi bir sistem geliştirmiştir. **Toshiba**, enerji etkin LEDler ile birlikte projelere özgü aydınlatma kontrol sistemleri üretmektedir. Bu iki teknoloji birlikte kullanıldığında enerji verimliliği son derece yüksek aydınlatma sistemleri oluşturulmaktadır.



UYGULAMA BÖLGELERİ

Bu metodoloji ve geliştirilmiş iyileştirme paketleri, Avrupa'daki ana iklim bölgelerini (Karasal, Okyanus, Akdeniz) kapsayan 3 gerçek iyileştirme sahasında uygulanacak ve doğrulanacaktır.

LEIOA ÜNİVERSİTESİ
Bilbao, İSPANYA
(Ofis Binası)

BİLİM MÜZESİ,
Malmö, İSVEÇ
(Kültür Merkezi)

ANKARA FEN LİSESİ,
Ankara, TÜRKİYE
(Yurt Binası)

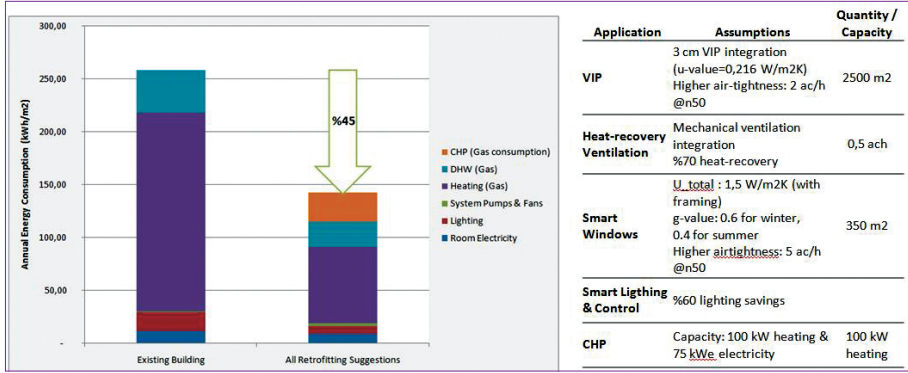


Ayrıca, proje yöntemleri farklı iklim bölgelerini ve kullanıcıları kapsayan 3 sanal bölgede de doğrulanacaktır.

- Oslo, **NORVEÇ**
- Zagreb, **HIRVATİSTAN**
- Cenova, **İTALYA**



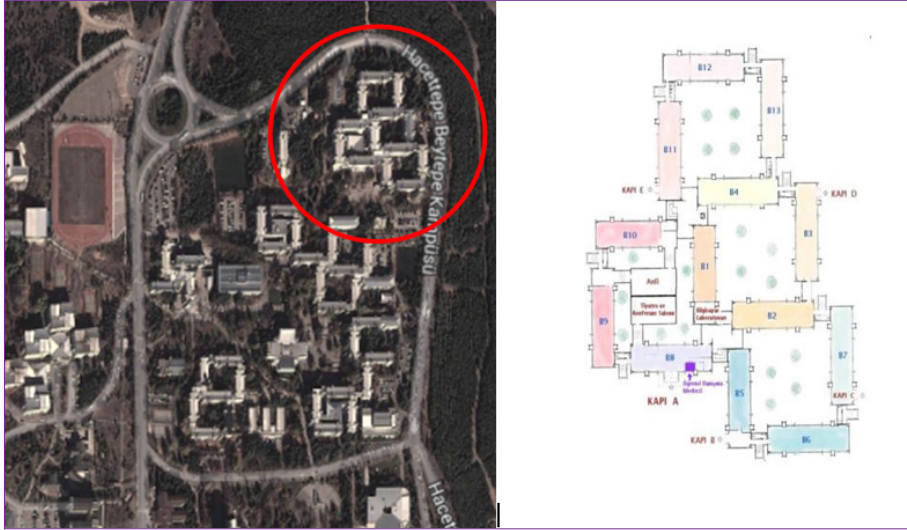
Yapılacak olan iyileştirmelerin enerji tasarrufunu tahmin edebilmek için saatlik iklim verileri ile toplam 1 yıllık enerji simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Ankara Fen Lisesi yerleşkesindeki tüm binaların enerji tüketimi hesaplanmış ve gerçek fatura bilgileri ile karşılaştırılarak kalibre edilmiştir. Bu simülasyon sonuçları ile yapılacak olan iyileştirmelerin yıllık toplam enerji tüketiminden %45 tasarruf edileceği öngörülmüştür.



Şekil 36. A2PBEER Projesi Enerji Simülasyon Sonuçları

5.3 Hacettepe Üniversitesi Yerleşkesi Enerji Verimliliği Etüdü

Etüde konu olarak seçilen Edebiyat Fakültesi binası, yerleşke genelinde diğer binalara örnek olabilecek nitelikte, kış aylarında ısınma problemleri bulunan ve iyileştirme çalışmalarına ihtiyaç duyulan bir binadır. Bu binada yapılan etütler ışığında, hem bina ölçeğinde hem de yerleşke genelinde verimlilik artırıcı projelerin analizleri yapılmıştır.



Şekil 37. HÜ Yerleşkesi Edebiyat Fakültesi Yerleşim Planı

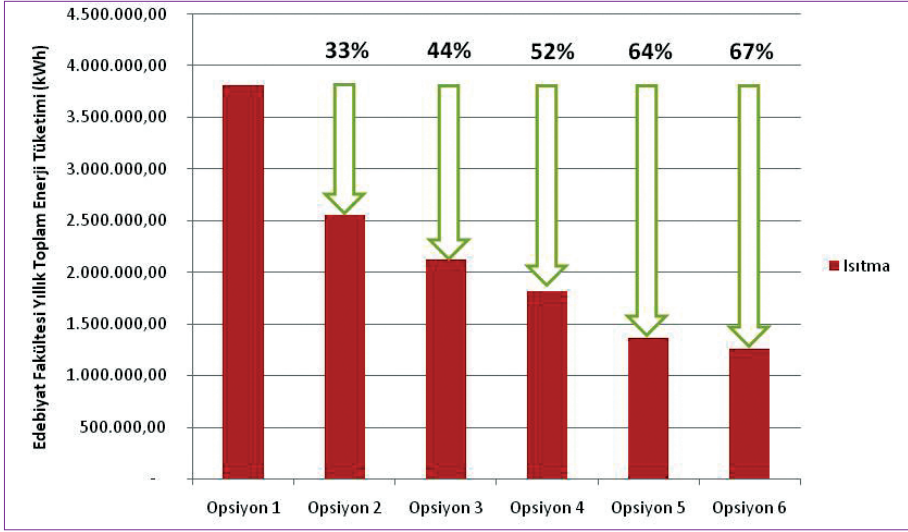
Bu çalışmada uygulanan metodoloji ve karar verme aşamaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- **Bina verisi toplama:** kabuk, yapı, ısı iletim sistemleri ile ilgili bilgiler toplanmıştır.
- **Isı santrali yapısal ve tüketim verileri toplama:** Isı santralinde bulunan ekipmanların kapasitesi, yenilenme yılı, çalışma profilleri ve kontrol mekanizmaları ile ilgili bilgi toplanmıştır. Aylara göre toplanan dış hava sıcaklığı, sıcak su besleme sıcaklığı ve doğal gaz tüketim miktarları bilgileri elde edilmiştir.
- **Örnek bina enerji modelleme etkinlikleri:** Edebiyat Fakültesi'nin modeli edinilen bilgilere (bina kabuğu, iklimlendirme sistemleri, güneşe göre yönelimi) ile oluşturulmuş ve Ankara iklim verilerinde saatlik bazda tüm yıllık enerji simülasyonları farklı senaryolar kapsamında (mevcut durum, kabuk iyileştirmeleri, termostatik vana uygulanması gibi) gerçekleştirilmiştir.
- **Bina ve yerleşke enerji talepleri analizleri:** Enerji modeli oluşturulan Edebiyat Fakültesi'nin yıllık tüketim değerleri, yerleşke ölçeğindeki tüketimlerini tahmin edebilmek amacı ile kalibre edilmiştir. Böylece yerleşkenin toplam doğal gaz giderleri ile karşılaştırılmıştır.
- **İyileştirme senaryolarının tanımlanması ve enerji kazanım analizleri**
- **Maliyet ve uygulama analizleri**
- **Öneriler ve bulguların sunulması**

Enerji Tüketimi Senaryoları

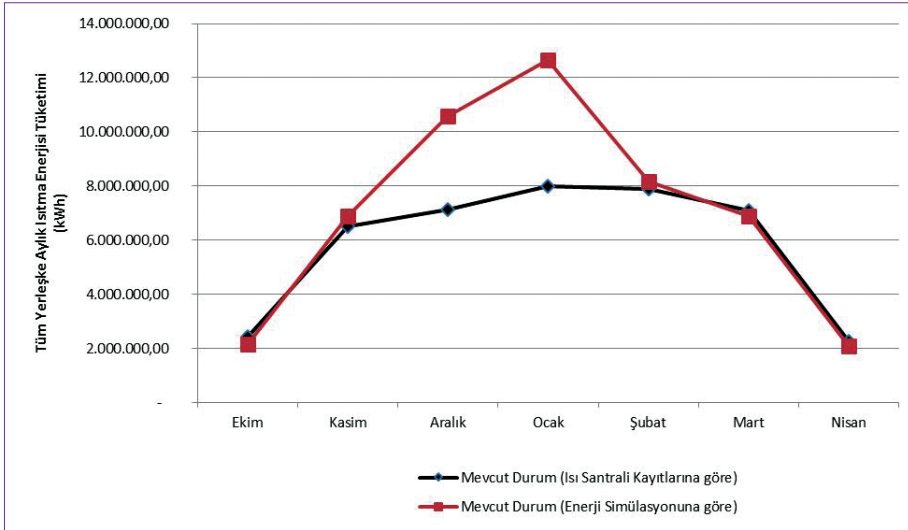
Opsiyon	Bina Özellikleri
1	Mevcut durum
2	Opsiyon 1 + Duvar ısı yalıtımı • 6 cm taş yünü
3	Opsiyon 2 + Çatı ısı yalıtımı • 6 cm polistren dolgu alüminyum levhalar
4	Opsiyon 3 + Termostatik vana uygulaması • Sınıflar 20°C • Koridorlar 16°C
5	Opsiyon 4 + yerleşke ısı iletim sistemlerinin iyileştirilmesi • Edebiyat Fakültesi'ne ayrı ısı iletim hattı yapılması
6	Opsiyon 5 + Binalarda su ve nem yalıtımı uygulanması

Yukarıda bahsedilen senaryoların yıllık ısıtma enerjisi tüketimleri üzerine olan etkileri aşağıda görülmektedir. Edebiyat Fakültesi binalarında duvar yalıtımı uygulanması sonucunda, mevcut enerji tüketiminden % 33 oranında tasarruf edilecektir. Tüm olası iyileştirmeler eklendiğinde Edebiyat Fakültesi yıllık ısıtma enerjisi tüketiminin % 67 daha az olacağı simülasyonlar sonucunda öngörülmüştür.



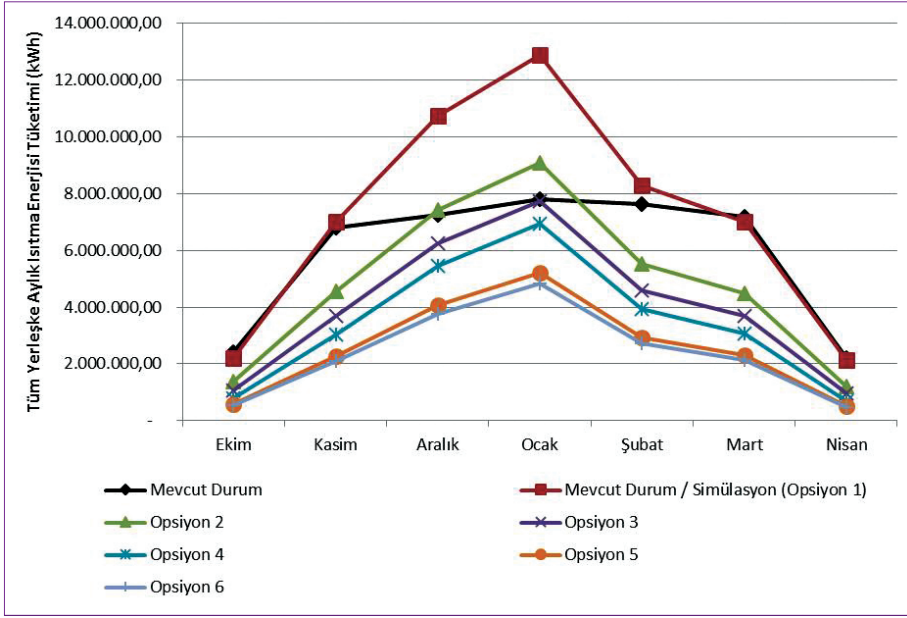
Şekil 38. Edebiyat Fakültesi İyileştirme Senaryolarının Karşılaştırılması

Yerleşke içinde 300.000 m² kapalı alanın merkezi ısı santralinden beslendiği kabul edilerek, yapılan simülasyonlar ışığında tahmin değerlerin karşılaştırılması Şekil 37'de görülmektedir. Sadece Edebiyat Fakültesi'nin enerji tüketim değerleri ölçülmediği için tüm yerleşkenin harcadığı enerji tüketimi ile karşılaştırılma yapılmıştır. Simülasyon sonuçları, ısıtma yapılan yedi ayın beşinde gerçek değerler ile tutarlı sonuç verdiği göz önüne alınarak, kış aylarının en soğuk geçtiği Aralık ve Ocak aylarında yerleşkenin ısıtma ihtiyacının tam olarak karşılanamadığı sonucuna varılmıştır. Önerilen yalıtım iyileştirmeleri sadece enerji verimliliği ve enerji maliyeti açısından değil, yerleşke kullanıcılarının rahat termal koşullara ulaşması açısından da gerekli görülmüştür.



Şekil 38. Yerleşke Ölçeğinde Simülasyon Sonuçlarının ve Gerçek Enerji Tüketimlerinin Karşılaştırılması

Ayrıca, önerilen iyileştirmelerin yerleşke ölçeğindeki faydaları da tespit edilmiştir. Öneriler doğrultusunda yerleşke genelinde de %70'e yakın enerji tasarrufu sağlanması olasıdır.



Şekil 39. Yerleşke Ölçeğinde Tüm Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

[illegible]

[illegible]



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

Ofis / Office

Türkiye Cumhuriyeti evre ve Şehircilik Bakanlığı
Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü
Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Devlet Yolu
(Dumlupınar Bulvarı) 9.km (Tepe Prime yanı) no.278
Kat: 16 Ankara Türkiye
beva.csb.gov.tr
beva@csb.gov.tr

Bu yayın Avrupa Birliği'nin mali desteği ile hazırlanmıŐtır. Yayının içeriğinden yalnız Niras IC Sp z o.o. liderliğindeki konsorsiyum sorumlu olup, yayın hiçbir Şekilde Avrupa Birliği'nin görüŐlerini yansıtmamaktadır.

This publication was developed with the financial assistance of the European Union.
The contents of this publication is the sole responsibility of the Consortium led by NIRAS IC Sp. z.o.o and can in no way be taken to reflect the views of the European Union.



NIRAS

**T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK
BAKANLIğI**