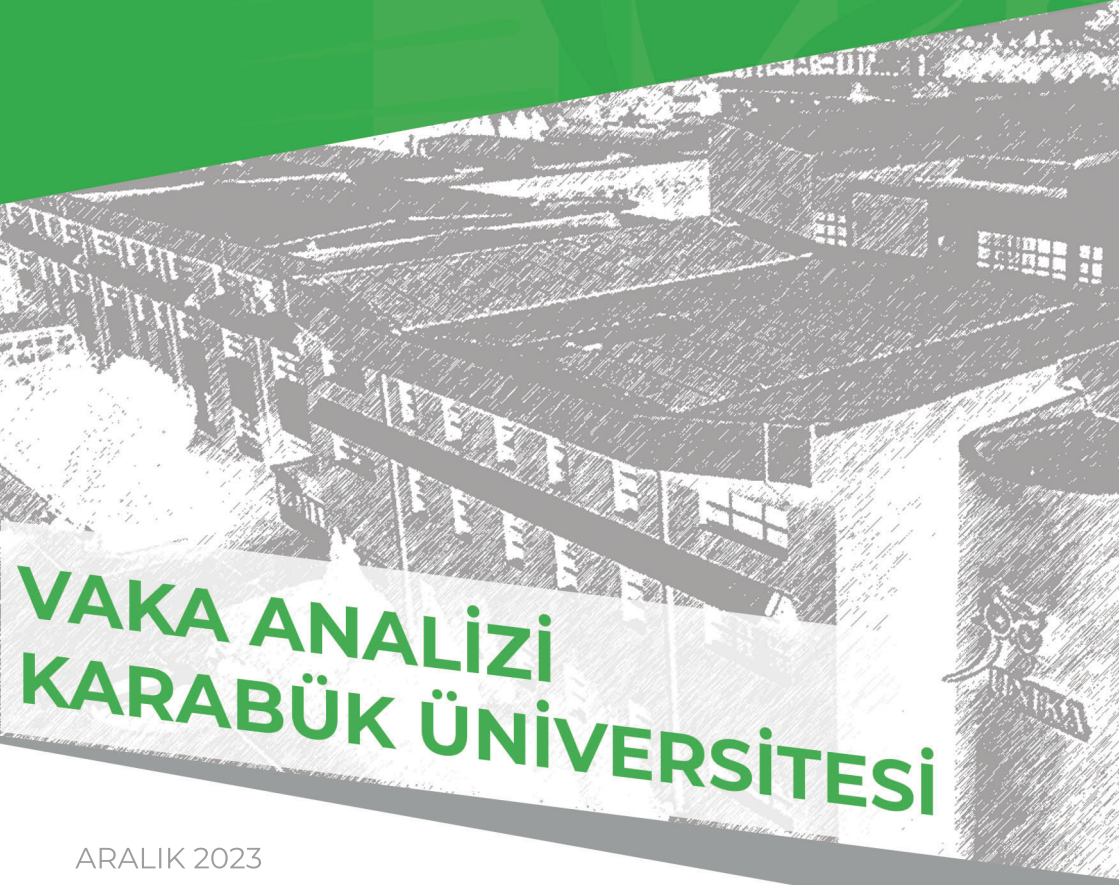




VAKA ANALİZİ KARABÜK ÜNİVERSİTESİ

ARALIK 2023

EEPB/DB/MoEU/QCBS-SUBPR-01



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



THE WORLD BANK
IBRD • IDA | WORLD BANK GROUP



PROJE HAKKINDA – KABEV

Kamu Binalarında Enerji Verimliliği (EEPB / KABEV) projesi, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞB), **Yapı İşleri Genel Müdürlüğü (YİGM)** tarafından Dünya Bankası finansmanı ile yürütülmektedir.

Proje ile ÇŞB, merkezi hükümet ve merkezi hükümete bağlı binaların (okullar, üniversiteler, adliye binaları, idari binalar ve hastaneler gibi) yenilenmesini desteklemektedir. Bu tür alt projelerin, kamu binalarında enerji verimliliği (EV) için ulusal düzeyde bir programın geliştirilmesine temel oluşturacak şekilde, binalardaki konfor düzeyinin iyileştirilmesi gibi sosyal yan faydalara ek olarak en az %20 enerji maliyeti tasarrufu ve CO₂

emisyollarında azalma sağlaması beklenmektedir.

Proje yatırımları öncelikle yüksek enerji tüketimine ve daha kısa geri ödeme sürelerine sahip kamu binalarına odaklanmaktadır.

Toplam 500 kamu binasının enerji verimli bir şekilde yenilenmesini hedefleyen proje ile en az %20 enerji ve CO₂ tasarrufu sağlanarak, derin renovasyonlar ve neredeyse sıfır enerjili binalar (NSEB), enerji performans sözleşmeleri (EPS), konforun artırılması gibi uygulamalar sergilenerek iklim değişikliği ile mücadele edilmesi amaçlanmaktadır.

PROJE ÖZETİ

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ



Karabük, Türkiye



Devlet Üniversitesi



Eğitim Binaları



83.277 m²



Üniversite Binaları



Enerji Verimliliği
Yenileme Projesi



Resim 1. Karabük Üniversitesi (Öncesi ve Sonrası)

Karabük Üniversitesi içerisinde 4 eğitim binası (Rektörlük Binası, Mühendislik Fakültesi, İdari Bilimler Fakültesi, Yabancı Diller Yüksekokulu) ve enerji merkezi binası bulunduran bir üniversitedir. Binalar yaklaşık 14 yıl önce inşaa edilmiştir. Binalar, ısıtma suyu sirkülasyon çevriminin kötü işletilmesinden kaynaklı olarak mahallerin verimsiz ısıtılması, HVAC otomasyon sistemi kaynaklı kısıtlı kontrol problemi, eski ve yetersiz aydınlatma sistemi ve yüksek enerji faturaları gibi birçok büyük sorunla karşılaşmıştı.

Bina yönetimi, yetersiz ısıtma sistemi, sık sık arızalanan ısıtma kazanları ve aydınlatma ampullerinden dolayı teknik ve konfor anlamında sorunlar yaşadıkları için KABEV programına katılmak istiyordu. Ayrıca, arızalı kazanlar nedeniyle çok sık olan plansız onarım masraflarından kaçınmak istiyorlardı. Daha fazlası, bina yönetimi yüksek enerji faturalarını da azaltmak istiyordu.

Enerji verimliliği uygulaması, geleneksel renovasyon uygulama sözleşmesi yoluyla enerji verimliliği yenileme yüklenicisi tarafından gerçekleştirilmiştir.

Bina Kabuğu

Yabancı Diller Yüksekokulu Binası yalıtımsızdı, eski alüminyum çerçeveli, çift cam pencereleri olan ana bina kışın soğuk oluyordu. Bina cephesine eklenen 6 cm taş yünü izolasyon sayesinde ısı kaybı azaldığından dolayı ortam sıcaklığı daha kolay korunmuştur. Aynı zamanda, cephe izolasyonu ve yenilenmiş dış cepheyle okul yeni bir görünüm kazanmıştır.



Resim 2. Bina Cephesi (Öncesi)



Resim 3. Bina Cephesi (Uygulama)

Isıtma Sistemi ve Mekanik Tesisat Yenilemesi

Isıtma sistemi, enerji merkezinde bulunan 5 adet yer tipi doğal gaz ısıtma kazanlarından (2 tanesi 2.000.000 kCal/h ve 3 tanesi 2.500.000 kCal/h) oluşmaktadır. Sıcak su sirkülasyon çevrimi; sabit hızlı eskimiş sirkülasyon pompaları, yanlış çaplandırılmış boruları, gereğinden fazla basınç kayıpları ve pompaların bina kapasitesinden daha büyük seçilmesi, üç yollu vananın yanlış kullanımı gibi nedenlerden dolayı çok defa arızalı duruma düşmektedir. Sıcak su sirkülasyon hattı bileşenleri (borulama, vanalar, eşanjör vb.), kapasiyete uygun ve yeni cihazlarla

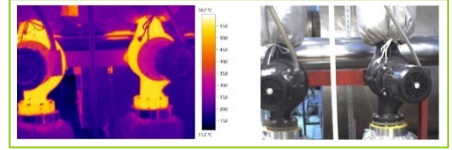
değiştirilmiştir. Birçok ısı pompası opsiyonu irdelenmiş fakat geri ödeme süresi KABEV proje gerekliliklerinden daha uzun olduğundan dolayı tercih edilmemiştir (Binanın ısıtma için yıllık işletim süresi 600 saat olduğundan dolayı geri ödeme süresi diğer tercihlere göre daha uzun çıkmıştır).

Modüler kazanlar ve dış hava sıcaklığına göre sıcak su besleme sıcaklığı kontrolü opsiyonu, ısıtma enerjisinin sadece talep kadar binaya gönderilmesini sağlamaktadır. Böylece daha az ısıtma enerjisi tüketilmektedir.

Mekanik ve sıhhi tesisatta kullanılan borulama, vana gibi malzemelerin ısı yalıtımı yoktu. Kazan dairesinde kullanılan boru tesisatı ve diğer malzemeler, yenileriyle değiştirilip, yerel sıhhi tesisat yalıtım standartlarına uygun olarak yalıtılmıştır.



*Resim 4. Mekanik tesisat ve Pompalar
(Öncesi ve Sonrası)*



Resim 5. Mekanik tesisat yalıtımı – Öncesi ve Sonrası

Değişken Hızlı Sirkülasyon Pompaları

Sabit hızlı sıcak su sirkülasyon pompaları her zaman çalışmaktaydı, bu da fazla enerji tüketimine ve düşük ısı konforuna yol açmaktaydı. Eski ve sabit hızlı sıcak su sirkülasyon pompaları yeni, değişken hızlı sirkülasyon pompalarıyla değiştirildi. Böylece, ısıtma enerjisi daha verimli bir şekilde, gereğinden fazla ısıtma (overheating) ve enerji tüketiminden kaçınılarak dağıtılmaya başlandı. Sirkülasyon pompaları kendi hızlarını ayarlayarak ve sadece ihtiyaç halinde çalışarak hem ısıtma enerjisinden hem de pompa enerjisinden tasarruf sağlamayı başarmıştır.



*Resim 6. Sirkülasyon pompası yenilenmesi
(Öncesi ve sonrası)*

Aydınlatma Sistemi Tadilatı

Üniversite kampüs binaları içerisinde çeşitli tip ve güçlerde aydınlatma armatürleri bulunmaktaydı. Genel olarak kullanılan armatürler, iç aydınlatma için manyetik balastlı tavana monte T8 floresanlar ve dış aydınlatma için sodyum buharlı ampullerdi. Tüm armatürler, mevcut ampullere göre daha verimli LED'lerle değiştirilmiştir.

İlk olarak genel aydınlatma sisteminin değerlendirmesi için aydınlatma armatürü envanter listesi oluşturulmuştur. Aydınlatma armatürlerinin çeşitleri, güçleri, konumları, günlük ve yıllık çalışma saatleri listelenmiştir. Enerji tasarrufu hesaplamaları bu parametrelere göre yapılmıştır. Sonuç olarak, 5.500'ün üstünde aydınlatma ampulü, LED tipi ampul ile değiştirilmiştir.



Resim 7. Eskimiş T8 Floresan ampuller ve LED aydınlatma

Enerji etüdü sırasında ve yenileme çalışmaları uygulandıktan sonra ışık akısı ve aydınlatma seviyeleri ölçülmüştür. Bina personeli ile saha araştırması görüşmeleri ve enerji etüdü sırasında aydınlatma uzmanının görsel incelemesi ile birlikte yeni aydınlatma armatürlerinin aydınlatma seviyelerinde herhangi bir sorun olmadığı doğrulanmıştır. Önerilen LED armatürlerin ışık akısı mevcut T8 armatürlere göre daha iyi sonuç vermiştir. Dolayısıyla aydınlatma tadilatından sonra daha iyi bir aydınlatma kalitesi elde edilmiştir.



Resim 8. Aydınlatma Seviyesi Ölçümü

Yenilenebilir Enerji

Eğitim tesisi bünyesinde daha öncesinde yenilenebilir enerji sistemi bulunmamaktaydı. Enerji talebi ve tüketimi minimum seviyeye indirildikten sonra tesisin karbon ayak izinin daha fazla azaltılması amacıyla yerinde yenilenebilir enerji sistemi eklenmesine karar verilmiştir. Tesisin etkin çatı alanı ve trafo kapasitesine bağlı olarak çatılarda 100 kW_e kurulu güce sahip fotovoltaik güneş enerji sistemi uygulanmıştır.



Resim 9. Çatı Üstü Fotovoltaik Panel Sistemi (PV)

Bina Otomasyon ve Enerji İzleme Sistemi

Kampüste herhangi bir otomasyon veya enerji izleme sistemi bulunmamaktaydı. Bina mahallerinin ısıtma talebi kontrol edilmiyordu. Otomasyon sisteminin kurulması genel enerji verimliliğine katkı sağlayabilirdi. Buradan yola çıkılarak enerji verimliliği yenileme çalışması kapsamında enerji izleme sisteminin yanı sıra HVAC ve yardımcı sistemler için basit bir bina otomasyon sisteminin entegre edilmesi önerildi. Böylece, sistemler otomatik olarak kontrol edilebileceği için enerji tasarrufu sağlanacaktı. Ayrıca, yeni kurulacak enerji izleme sistemi sayesinde bu proje kapsamında yapılan enerji tasarrufu ve

gelecekte yapılması muhtemel enerji verimliliği projeleri Uluslararası Performans Ölçüm ve Doğrulama Protokolü'ne (IPMVP) uygun olarak takip edilecek ve doğrulanacaktır.

Diğer taraftan, kamu binalarında işletme ve bakım personelinin yetkinlikleri ve becerileri dikkate alınarak operasyonun karmaşıklığını azaltmak, kullanıcı dostu olmak ve bakım maliyetini azaltmak için basit seviyede bir kontrol ve izleme sistemi tercih edilmiştir. Böylece bina otomasyon sistemleri konusunda üst düzeyde yetkinliğe sahip olmayan bina personelinin rahatlıkla kullanabileceği temel bir sistem kurulmuştur. Sonuç olarak, temel seviyede ana HVAC ekipmanlarının kontrol ve takibini, bina seviyesinde ise enerji tüketiminin takibini yapabilen bir sistem kurulmuştur.

Bina Sistemi	EVÖ'lerin Uygulanmasından Önce	EVÖ'lerin Uygulanmasından Sonra
Bina Kabağı	Yabancı Diller Yüksekokulu Binasında yalıtım yoktur.	Yerel bina yalıtım standardı gerekliliklerinin ötesinde kalınlıkta yalıtım (6 cm taş yünü).
Isıtma Sistemi	2 x 2.000.000 kCal/h + 3 x 2.500.000 kCal/h yer tipi doğal gaz ısıtma kazanları ve sabit hızlı sirkülasyon pompaları	2 x 2.000.000 kCal/h + 3 x 2.500.000 kCal/ yer tipi doğal gaz ısıtma kazanları ve değişken hızlı sirkülasyon pompaları
Soğutma Sistemi	VRF Sistemi	VRF Sistemi
Havalandırma Sistemi	Isı Geri Kazanım Üniteli Klima Santralleri	Isı Geri Kazanım Üniteli Klima Santralleri
Sıcak Su Sistemi	Ana kazanlar tarafından ısı eşanjörleri kullanılarak beslenmiştir.	Ana kazanlar tarafından ısı eşanjörleri kullanılarak beslenmiştir.
Mekanik/Sihhi Tesisat	Sihhi tesisatta eski yalıtım.	Yerel tesisat yalıtım standardına göre yalıtılmıştır.
İç Aydınlatma Sistemi	Çoğunlukla T8 floresan lambalar	LED aydınlatma lambaları (5.500 adetden fazla)
Dış Aydınlatma Sistemi	Sodyum buharlı lambalar	LED aydınlatma lambaları
Elektrik Sistemi	3 x 1.250 kVA ana dağıtım panosu	3 x 1.250 kVA ana dağıtım panosu
Kompanzasyon Sistemi	Operasyonel vaziyette	Operasyonel vaziyette
Yenilenebilir Enerji Sistemi	Yok	100 kWc kurulu güce sahip fotovoltaik güneş enerji sistemi.
Enerji İzleme Sistemi	Yok	Isıtma ve elektrik tüketiminin bina bazında izlenmesine olanak sağlayan enerji izleme sistemi
Dağıtık Enerji Kaynağı: Kojenerasyon/Trijenerasyon	Yok	Yok

Tablo 1. Bina Sistemleri Karşılaştırması (EVÖ'lerden Önce ve Sonra)

ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEMLERİ VE BEKLENEN TASARRUFLAR

No	Enerji Verimliliği Önlemleri	Enerji Türü	Enerji Tasarrufu		Enerji Maliyet Tasarruf	Yatırım Maliyeti	Geri Ödeme Süresi
			kWh/yıl	%	TL/yıl	TL	Yıl
1	Yabancı Diller Yüksekokulu Binasının Isı Yalıtımı	Doğal gaz	400.448	%4,8	101.939	1.724.463	16,9
2	Sıcak Su Sirkülasyonu Hattının Yenilenmesi	Doğal gaz	1.432.762	%17,3	407.869	546.776	1,3
		Elektrik	40.038	%0,5			
3	Ana Isı Merkezindeki Sirkülasyon Pompalarının Yeni Sirkülasyon Pompalarıyla Değiştirilmesi	Elektrik	24.876	%0,3	26.806	213.556	8,0
4	Eski Aydınlatma Armatürlerinin LED armatürlerle standartlarda belirtilen aydınlatma seviyelerini yakalayarak değişimi	Elektrik	378.283	%4,6	407.628	3.486.894	8,6
5	Bina Otomasyon ve Enerji İzleme Sistemi	Doğal gaz	212.410	%2,6	54.071	453.558	8,4
6	Fotovoltaik Güneş Enerji Sistemi	Elektrik	88.718	%1,1	95.601	1.384.119	14,5
TOPLAM TASARRUF		Doğal gaz (kWh)	2.045.621	%24,8	1.093.914	7.809.367	7,1
		Elektrik (kWh)	531.915	%6,4			
		TOPLAM	2.577.535	%31,2			

Tablo 2. Enerji Verimliliği Önlemleri Listesi

Referans (Baseline) Enerji Kullanımı

Doğal gaz ayarlanmış nihai enerji kullanımı 6.075.704 kWh/yıl ve elektrik nihai enerji kullanımı 2.186.275 kWh/yıl olup, IPMVP'ye göre 8.261.979 kWh/yıl referans (baseline) nihai enerji kullanımına karşılık gelmektedir.

2.045.621 kWh/yıl $\pm$ 130.736 kWh/yıl doğal gaz enerjisinden %24,8 $\pm$ %1,6 oranında tasarruf sağlanması hedeflenmiştir.

Fotovoltaik güneş enerji sistemi dahil edilerek 531.915 kWh/yıl $\pm$ 116.971 kWh/yıl elektrik enerjisinden %6,4 $\pm$ %1,4 oranında tasarruf sağlanması hedeflenmiştir.

Fotovoltaik güneş enerji sistemi dahil edilerek, 2.577.535 kWh/yıl $\pm$ 247.707 kWh/yıl toplam nihai enerjiden (doğal gaz + elektrik) %31,2 $\pm$ %3,0 oranında tasarruf sağlanması hedeflenmiştir.

SONUÇLARIN ÖZETİ

Öge/Konu	Enerji (Öncesi)	Enerji (Sonrası)	Enerji Tasarrufu	Enerji Tasarrufu %
Doğal Gaz Tüketimi [kWh]	6.075.704	3.642.231	2.433.473	%40,1
Elektrik Tüketimi [kWh]	2.186.275	1.630.946	555.329	%25,4
Toplam Enerji Tüketimi [kWh] (FV Güneş Paneli Hariç)	8.261.979	5.273.177	2.988.802	%36,2
Yenilenebilir Enerji Sistemi				
Fotovoltaik Güneş Enerji Üretimi [kWh]		-91.581	91.581	%1,1
Net Enerji Tüketimi [kWh] (FV Güneş Paneli Dahil)	8.261.979	5.181.596	3.080.383	%37,3
Yıllık Enerji Maliyeti [TL]	3.902.515	2.585.952	1.316.563	%33,7
Sera Gazı Emisyonu [ton CO_{2e}]	2.479,9	1.597,3	882,6	%35,6
Karşılık Gelen Ağaç Sayısı [Adet]			40.541	

Tablo 3. Enerji ve Sera Gazı Emisyonu Sonuçları Özeti

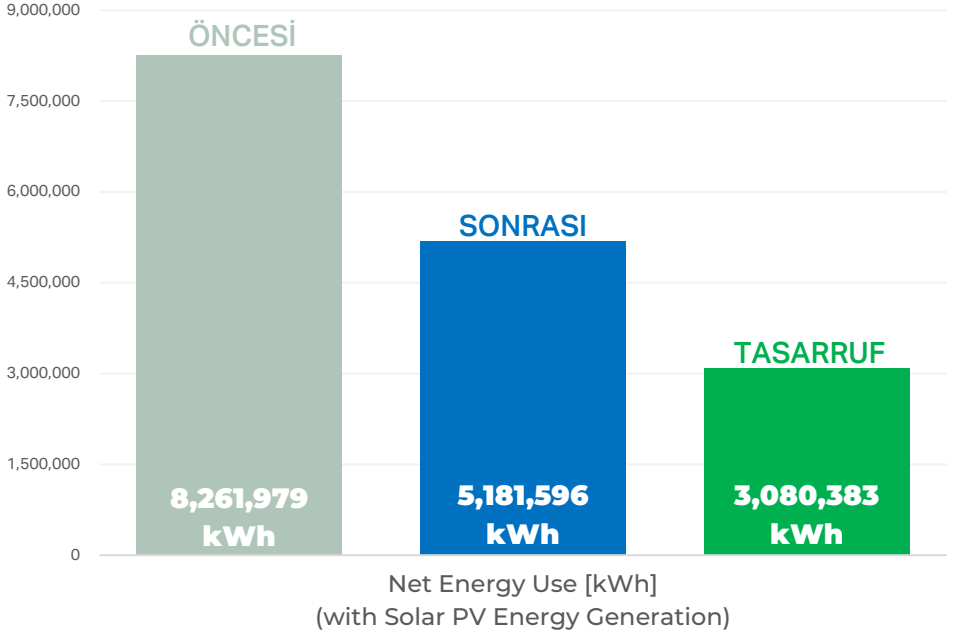
Tesisin referans enerji tüketimi 8.261.979 kWh/yıl'dı. Güneş panellerinin üretimi hariç enerji tüketimi 5.273.177 kWh/yıl'a kadar indirilmiştir, bu da %36,2 oranında bir tasarrufa karşılık gelmektedir. Güneş panellerinin ürettiği enerji de hesaba katıldığında toplam nihai enerji tüketimi 5.181.596 kWh/yıl'a düşürülmüş ve 2.577.535 kWh/yıl $\pm$ 247.707 kWh/yıl¹

(%31,2 $\pm$ %3,0) öngörülen tasarrufa kıyasla 3.080.383 kWh/yıl tasarruf (%37,3'lik enerji tasarrufu) gerçekleşmiştir.

Sonuç olarak, gerçekleşen enerji tasarrufu, beklenen tasarruftan 502.848 kWh/yıl daha fazla tasarruf sağlamıştır (beklenen tasarruftan %19,5 daha fazla).

¹ IPMVP'ye göre %90 güven seviyesinde hesaplanan referans model belirsizliğine dayanmaktadır.

Net Enerji Kullanımı ve Toplam Tasarruf [kWh]



Grafik 1. Net Enerji Tüketimi Karşılaştırması (Öncesi ve Sonrası) ve Genel Enerji Tasarrufu (PV Panel Dahil edilerek)

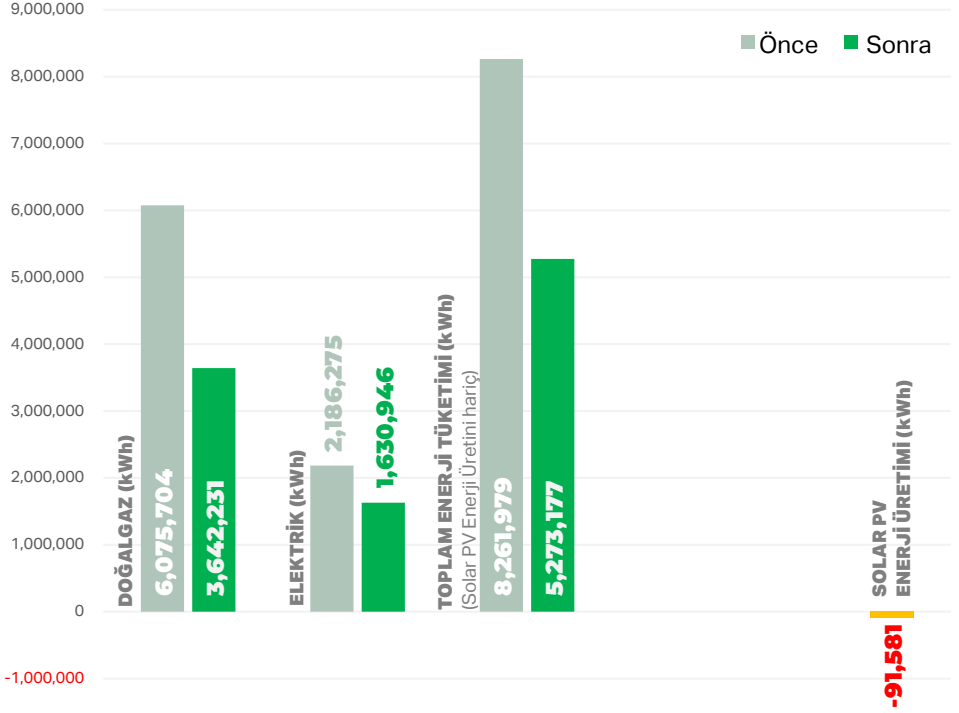
Yerinde yenilenebilir enerji dahil edilerek EVÖ'lerin hayata geçirilmesi öncesi ve sonrası doğal gaz ve elektrik enerjisinin

karşılaştırması verilmektedir.

aşağıdaki

grafikte

Enerji Kullanımı Dağılımı ve Enerji Üretimi [kWh]



Grafik 2. Enerji Kullanım Dağılımı ve Enerji Üretim Karşılaştırması (Öncesi ve Sonrası)

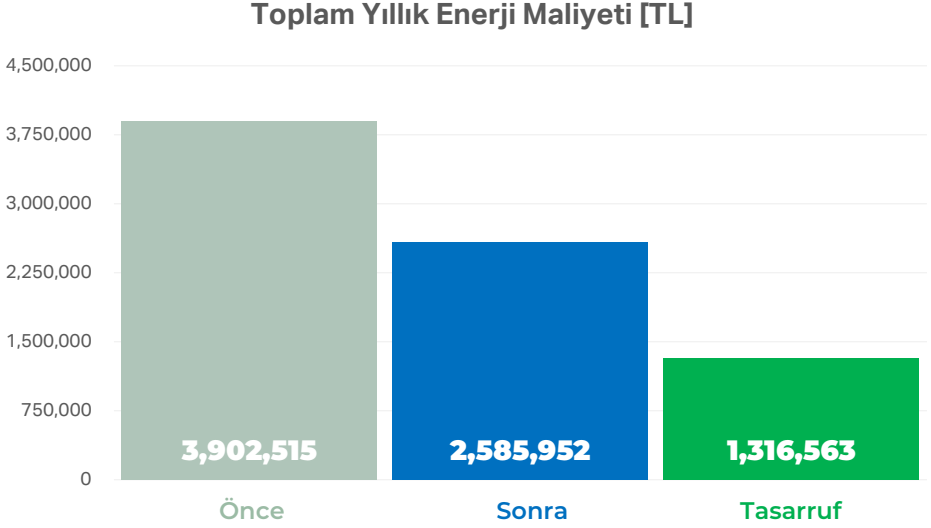
Sera gazı emisyonları 2.479,9 ton CO_{2e}'dan 1.597,3 ton CO_{2e}'ye düşürülerek 882,6 ton CO_{2e} azalma hesaplanmıştır. Genel sera gazı emisyonlarının %35,6 oranında azaltılması, gelecekte binaların

karbonsuzlaştırılması açısından diğer eğitim tesislerine iyi bir örnek teşkil edecektir.



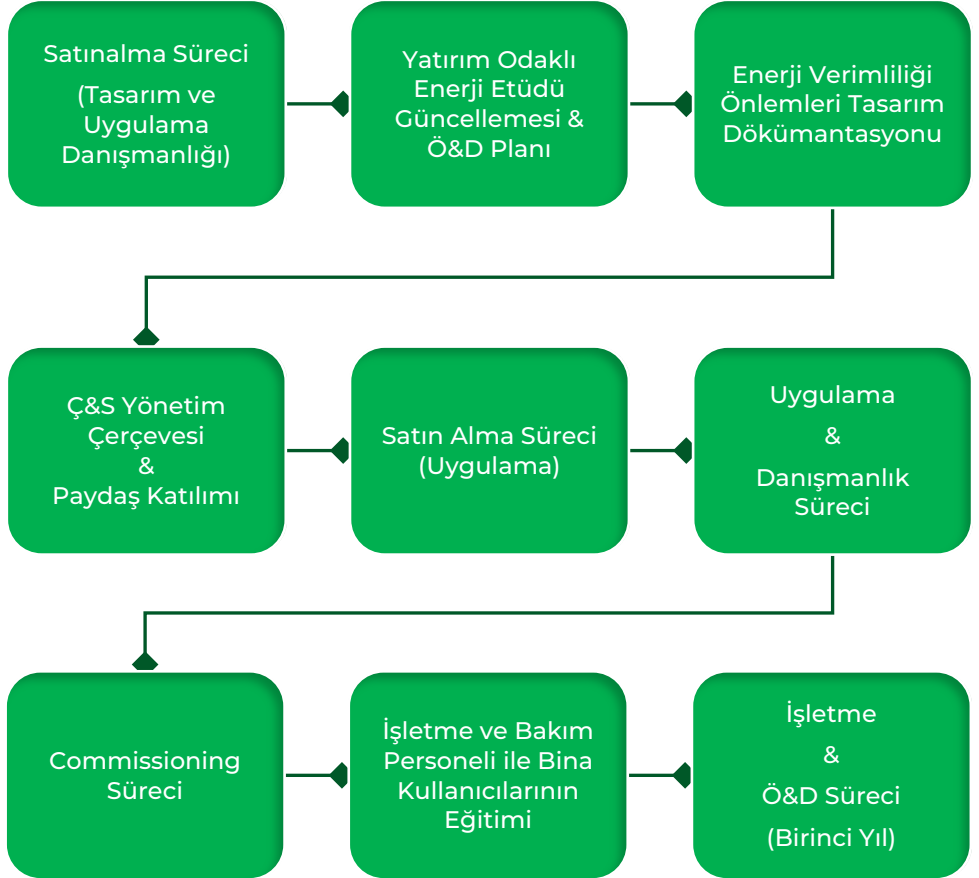
Grafik 3. Sera Gazı Emisyonlarının Karşılaştırılması ve Karşılık Gelen Ağaç Sayısı

EVÖ'lerin hayata geçirilmesi öncesi ve sonrası eğitim tesisinin genel enerji maliyeti aşağıdaki grafikte gösterilmektedir. Enerji maliyeti 3.902.515 TL'den 2.585.952 TL'ye düşerek yıllık 1.316.563 TL enerji maliyeti tasarrufu sağlanmıştır. 7.809.367 TL yatırım maliyeti ile 5,9 yıllık geri ödeme süresine karşılık gelmektedir.



Grafik 4. Toplam Yıllık Enerji Maliyeti (Öncesi ve Sonrası)

PROJE UYGULAMA SÜRECİ



Figür 1. KABEV Proje Uygulama Süreci

Satınalma Süreci (Tasarım ve Uygulama Süpervizyonu)

Karabük Üniversitesi reel enerji verimliliği potansiyelini ve ilgili yatırımı ortaya çıkarmak için 2019 yılında yatırım odaklı bir enerji etüt çalışması geçirmiştir.

YİGM tarafından; 2019 yılında yapılmış enerji etüdündeki enerji verimliliği önlemlerinin (EVÖ'ler) güncellenmesine yönelik danışmanlık hizmetleri, EVÖ'lerin projelendirme ve tasarım süreci ve EVÖ'lerin uygulanmasının süpervizyonu için kalite ve maliyet esaslı (QCBS) bir ihale yapılmasına karar verilmiştir. İhaleyi, teknik ve mali tekliflerden alınan toplam puanlara göre en yüksek puanı alan tasarım ve uygulama süpervizyonu yapan bir firma kazanmıştır.

Enerji Etüdünün Güncellenmesi

Sözleşme şartlarına bağlı olarak, tasarım ve uygulama süpervizyonu danışmanının, nihai yatırım odaklı enerji etüdündeki EVÖ'leri güncellemesi gerekmektedir.

Son enerji etüdü ihaleden neredeyse bir yıl önce yapıldığından, aşağıdaki sistemler danışman tarafından hem verimlilik hem de konfor iyileştirme açısından yeniden denetlenmiş ve değerlendirilmiştir:

- Bina kabuğu (dış duvarlar, çatı, bodrum, pencereler vb.)
- HVAC sistemi
- Sıcak kullanım suyu sistemi
- Pompalar ve fanlar
- Sıhhi tesisat sistemi ve mekanik tesisat yalıtımı
- Güneş enerjili sıcak su sistemi
- Aydınlatma Sistemi

- Elektrik altyapısı ve kompanzasyon sistemi
- Fotovoltaik güneş enerji sistemi
- Dağıtık enerji üretim sistemi (kojenerasyon, trijenerasyon, biyokütle, vb.)
- Isı pompaları (hava, su veya toprak kaynaklı)
- Bina enerji izleme ve otomasyon sistemleri

Sonuç olarak, önceki EVÖ'ler tekrar gözden geçirilmiş ve hepsinin hâlâ geçerli olduğu görülmüştür. En güncel yılın enerji tüketim profili, güncel enerji birim fiyatları ve yatırım maliyetleri baz alınarak enerji ve maliyet tasarrufları güncellenmiştir.

No	Enerji Verimliliği Önlemleri (EVÖ)
1	Bina bloklarında ısı yalıtımı
2	Isıtma sistemi sirkülasyon hattında yalıtım uygulaması ve mekanik tesisat tadilatı
3	Mevcut sirkülasyon pompalarının değişken hızlı sirkülasyon pompalarıyla değiştirilmesi
4	Verimsiz aydınlatma armatürlerin verimli LED armatürlerle değiştirilmesi
5	Çatı üstü fotovoltaik güneş enerji (FV) sistemi
6	Bina Otomasyonu ve Enerji İzleme Sistemi Entegrasyonu

Tablo 4. Nihai EVÖ'ler

Yapılan planlamanın 2021 yılında Covid-19 pandemi dönemine denk gelmesinden dolayı, herhangi bir yanlış uygulamanın okul yönetimi tarafından tolere edilemeyecek olmasından dolayı uygulama planı özellikle detaylı bir şekilde yeniden ele alınmıştır.

Ölçme & Doğrulama (Ö&D) Süreci

Ölçme ve Doğrulama (Ö&D), bir enerji verimliliği projesinin enerji performansının nihai değerlendirmesidir ve bu nedenle projenin genel başarısının değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar. KABEV projesinde Ö&D sürecinin merkezinde Uluslararası Performans Ölçümü ve Doğrulama Protokolü (IPMVP) yer almaktadır.

Tüm KABEV alt projelerinde tutarlılığı sağlamak ve Ö&D süreci hakkında nispeten daha az bilgi sahibi olan Türk enerji verimliliği işleri uygulama yüklenicilerine rehberlik etmek amacıyla, YİGM tarafından Türkçe bir Ö&D kılavuzu² geliştirilmiş ve KABEV'in web sitesinde yayınlanmıştır.

Her bir EVÖ için tasarrufların nasıl doğrulanacağını, referans enerji tüketiminin (veya referans modelin) nasıl ayarlanacağını açıklayan Ö&D Planı tasarım ve süpervizyon danışmanı tarafından hazırlanmıştır. Planda tasarrufların doğrulanma yöntemi, alınması gereken önemli önlemler, bu faaliyetlerin zamanlaması, tarafların görev ve sorumlulukları ile sürece ilişkin kalite güvencesinin nasıl sağlanacağı yer almaktadır.

Her bir EVÖ için ölçme ve doğrulama yöntemi, IPMVP'nin uygulama seçenekleri (Seçenek A, B, C ve D) arasından seçilmiştir. YİGM tarafından Ö&D planı gözden geçirilmiş ve referans model ayarlama formülleri, belirsizlik düzeyi ve güvenilirlik ile ilgili belirli bir mertebeye gelene kadar revizyonlar yapılması

istenmiştir. Sonuç olarak, Ö&D planı YİGM tarafından kabul edilmiş ve enerji verimliliği yenileme çalışmalarının devreye alınmasından sonra 12 aylık ölçme ve doğrulama süresi boyunca kullanılmak üzere saklanmıştır.

Tasarım Dokümantasyonu

Enerji verimliliği yenileme projeleri, yeni bir bina tasarım sürecinde gerektiği gibi tam teşekküllü bir tasarım geliştirme süreci gerektirmez. Binanın tamamı ve tüm sistemlerinden ziyade, enerji verimliliğini ve konforunu iyileştirmek için müdahalenin gerekli olduğu belirli sistemler veya bileşenler ya da alanlar veya bölümler vardır. Bu nedenle tasarım projeleri ve dokümanları şunları sağlamalıdır:

- Çevresindeki yardımcı bileşenlerle birlikte yenilenecek mevcut sistemin genel görünümü,
- Önerilen tasarımın projeleri ve şemaları (iyileştirilmiş durum),
- Tasarımcının tasarım projeleri ve şemaları üzerindeki notları ve yorumları, EVÖ'yü, yapılacakları ayrıntılı olarak açıklar ve uygulama çalışmalarının kapsamı hakkında önemli ayrıntıları vurgular.

Bu tür özel bir enerji verimliliği uygulama çalışmasında tasarım dokümantasyonunun gerekliliklerini ve beklentilerini doğru bir şekilde tanımlamak için YİGM'nin asgari gereklilikleri ve beklentileri temel alınarak bir tasarım kılavuzu³ geliştirilmiştir. Tasarımcılar tasarım projelerini ve belgelerini geliştirirken bu kılavuzu takip etmişlerdir.

² <https://www.kabev.org/en/wp-content/uploads/2021/11/OLCME-VE-DOGRULAMA-KILAVUZU.pdf>

³ https://www.kabev.org/en/wp-content/uploads/2022/03/TASARIM_EL_KITABI.pdf

Tasarım projeleri ve dokümantasyonu tasarım ve süpervizyon danışmanı tarafından oluşturulmuş ve nihai onay için YİGM tarafına gönderilmiştir. Tasarım projeleri ibrazı ve onay süreci; tasarım ve süpervizyon danışmanı, YİGM (idare) ve inşaat ihalesi sonucunda ihaleyi kazanacak inşaat firması için enerji verimliliği tedbirlerinin uygulama çalışmalarının kapsamına ilişkin ortak anlayışın sağlanması amacıyla yapılmıştır. Örneğin, EVÖ'lerden birisi olarak aydınlatma ampullerinin değişmesi gerektiği belirtilmektedir. Fakat, ampullerin yanında armatürlerin de değişip değişmeyeceği ya da aydınlatma armatürlerinin monte edildiği tavanın da boyanıp boyanmayacağı gibi kafa karışıklığı yaratabilecek durumların önüne geçmek için tasarım projeleri ve dokümanları, işlerin kapsamı ve uygulama çalışmalarının amacı hakkında net bir resim sunmalıdır.

Son olarak tasarım ve süpervizyon danışmanı, tüm planları, teknik şartnameleri, malzeme tanımları vb. içerikleri kapsayan tasarım dokümantasyonunu hazırlamıştır. YİGM'nin onayına istinaden enerji verimliliği yenileme işleri YİGM tarafından ihale edilmiştir.

İnşaat süreci öncesinde Karabük Üniversitesi⁴ çevresel ve sosyal yönetim planı, genel KABEV projesinin çevresel ve sosyal çerçevesi⁵ temel alınarak geliştirildi. Üniversite yönetimi, veli, Üniversite personeli gibi ilgili tüm paydaşlarla paydaş katılım toplantıları gerçekleştirildi.



Resim 10. Paydaş katılım toplantısı

Paydaş katılımını daha da artırmak ve eğitim tesisi paydaşları arasında farkındalığı artırmak amacıyla projeye özel bir kitapçık oluşturuldu ve dağıtıldı.



Resim 11. Projeye özel kitapçık

Farkındalığı daha da artırmak amacıyla bina cephesine "Kamu binalarında enerji verimliliği projesi kapsamında yenilenmektedir" yazan büyük bir tabela asıldı.

⁴https://www.kabev.org/wp-content/uploads/2022/09/KARABUK_UNI_CSYP_Nihai_R1.pdf

⁵ Environmental and Social Framework of KABEV Project: <https://www.kabev.org/cevresel-sosyal-yonetim/>

Satınalma Süreci (Uygulama İhalesi)

Tasarım ve süpervizyon danışmanı tarafından sunulan proje ve tasarım belgelerine dayanarak, YİGM idari şartnameleri hazırlanmıştır ve ihale dosyası tamamlanmıştır. Son olarak KABEV projesinin web sitesinde ihale açıklanmıştır: <https://www.kabev.org/ihale-ilanlari/>

İhale türü, ihaleye girmek isteyen firmaların ihalenin minimum teknik, mali ve idari gerekliliklerini karşılaması koşuluyla katılım sağlayabilecekleri maliyet esaslı seçim olarak belirlenmiştir. Proje enerji verimliliği açısından bilgi ve deneyim gerektirdiği için ihaleye katılan firmalardan benzer projeleri iş bitirmeleri istenmiştir. Projenin amacı eski kazan ve soğutma gruplarını değiştirmekten çok, proje binasında belli bir oranda enerji tasarrufu sağlanması ve karbon salımını azaltması olduğundan ihaleye katılan yüklenicilerin en azından temel düzeyde enerji verimliliği, karbon emisyonu azaltımı gibi bilgilere sahip olmaları gerekmektedir.

Uygulama ve Süpervizyon Süreci

Enerji verimliliği yenileme ihalesinin sonuçlanmasının ardından saha uygulama çalışmaları ve buna bağlı olarak sahanın süpervizyon çalışmalarına başlanmıştır. Tüm süpervizyon süreci, enerji verimliliği yenileme ihalesi süreci öncesinde seçilen ve YİGM danışmanı olarak da görev yapan süpervizyon danışman şirketi tarafından yürütülmüştür. Süpervizyon danışmanı

saha çalışmalarını, taahhüt firmasının revizyon taleplerini yönetmiş, bütçeyi yönetmiş ve inşaatın ilerlemesini nitelik ve nicelik açısından takip etmiş, commissioning sürecini koordine edip kontrol etmiş ve son olarak geçici kabul sürecini organize etmiştir.

Commissioning Süreci

Özellikle enerji verimliliği odaklı bir projede sistemlerin commissioning süreci önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle sistemlerin sadece işlevsel düzeyde değil, enerji performansı açısından da denetlenmesi ve test edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bir enerji verimliliği yenileme projesi olduğu için, beklenen enerji tasarrufunun sağlanıp sağlanmadığının öğrenilmesi özellikle önemliydi ve commissioning süreci bu konuda çok önemli bir role sahipti.

Bu nedenle, uygulama yüklenicilerine ve süpervizyon danışmanlarına rehberlik sağlamak amacıyla YİGM tarafından commissioning el kitabı⁶ geliştirilmiştir. Bu kılavuza dayanarak, commissioning süreci süpervizyon danışmanı tarafından denetlenmiş ve uygulama yüklenicisi tarafından yürütülmüştür.

Entegre edilen EVÖ'lerin ön-işlevsel kontrolleri ve fonksiyonel performans testleri, daha önce tanımlanmış test metodolojileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

YİGM, testler tamamlandıktan ve nihai commissioning raporu gönderildikten sonra teknik danışmanı aracılığıyla gönderilen raporu incelemiştir.

⁶https://www.kabev.org/en/wp-content/uploads/2022/03/D5.2_Commissioning-Handbook_ENG_Web_version_Final.pdf

Ölçme & Doğrulama (Ö&D) Süreci

Üç aylık Ö&D raporları ve ilk yılın sonundaki nihai Ö&D raporu, uygulama çalışmaları başlamadan önce YİGM tarafından onaylanan Ö&D planına dayanarak tasarım

ve süpervizyon danışmanı tarafından hazırlanmıştır.

Karabük Üniversitesi projesi için ölçme ve doğrulama yöntemleri tablosu aşağıdaki tabloda verilmektedir.

No	Enerji Verimliliği Önlemleri (EVÖ)	Ö&D Seçeneği
1	Yabancı Diller Yüksekokulu Binası Isı Yalıtımı	
2-1	Sıcak Su Sirkülasyon Hattı ve Mekanik Tesisat Tadilatı	Doğal Gaz Seçenek C
5	Bina Otomasyonu ve Enerji İzleme Sistemi Entegrasyonu	
2-2	Sıcak Su Sirkülasyon Hattı ve Mekanik Tesisat Tadilatı	Elektrik Seçenek A
3	Mevcut Sirkülasyon Pompalarının Değişken Hızlı Sirkülasyon Pompalarıyla Değiştirilmesi	
4	Verimsiz Armatürlerin Verimli LED Armatürlerle Değiştirilmesi	Elektrik Seçenek A
6	Çatı Üstü Fotovoltaik (FV) Güneş Enerji Sistemi	Elektrik Seçenek B

Tablo 5. IPMVP Seçenek Tablosu

Ö&D raporunun hazırlanması için gerekli ölçümler üç ayda bir yapılmıştır. Süpervizyon danışmanı, referans ve performans dönemi enerji faturalarını, derece günlerine (HDD ve CDD) ilişkin düzenlemeleri, işletme kullanımındaki değişiklikleri, enerji fiyatlarındaki değişiklikleri, bina doluluk oranlarını vb. değişkenleri karşılaştırıp son olarak YİGM'ye sunmuştur.

Nihai Ö&D raporu, yenileme çalışmalarının tamamlanmasından bir yıl sonra hazırlanmıştır. YİGM, rapora ilişkin birkaç revizyon talebinin ardından Ö&D raporunu inceleyerek onaylamıştır. Revizyon taleplerinin istenme sebebi, böyle bir Ö&D sürecinin Türkiye'de kamu sektörü içerisinde daha önce çok kez gerçekleştirilmemesinden dolayı kaynaklanmıştır. Ö&D raporu, performans dönemi enerji tüketimini IPMVP'ye göre gerekli düzenlemelerin yapıldığı referans

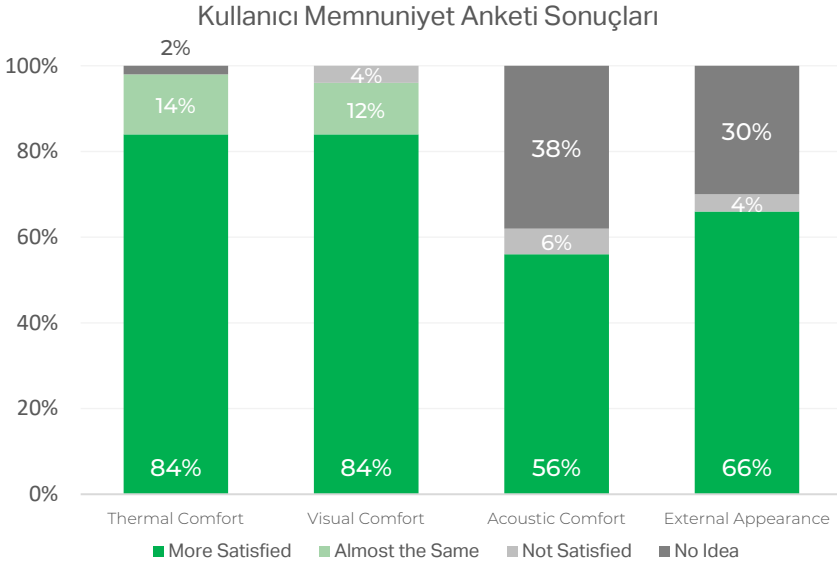
enerji tüketimiyle karşılaştırarak tasarruf miktarını ortaya koymuştur.

Enerji verimliliği uygulama çalışmaları kapsamında kurulan enerji izleme sistemi, Ö&D süreci için nitelikli ve tutarlı veriler sağlamıştır. Bu nedenle, enerji izleme sistemi ve ilgili sayaçlar ile sensörlerin Ö&D hesaplamalarına güvenilir veriler sağlamada yararlı bir araç olduğu kanıtlanmıştır.

BİNA KULLANICI DENEYİMİ

Yenileme süreci sırasında, kullanıcıların önerilerini, memnuniyet ve şikayetlerini toplamak için iki yol izlenmiştir. 450 bina kullanıcısı arasından rastgele seçilen kişilere renovasyon öncesi ve sonrası anketleri gerçekleştirilmiş ve kullanıcıların geri bildirimleri alınmıştır.

Geri bildirimlerin ve önerilerin alınabilmesi için memnuniyet anketleri yöntemi uygulanmıştır. Bina kullanıcılarının memnuniyet oranları dört konfor kriteri (termal, görsel, akustik ve dış görünüm) için ölçülmüş ve sonuçlar aşağıda grafikte verilmiştir.



Grafik 5. Kullanıcı Memnuniyet Anketi Sonuçları

Diğer yandan, Karabük Üniversitesi Üniversiteler Arası Enerji Verimliliği (ÜNVER) yarışmasında birinci olmayı başarmıştır. Enerji verimliliği yarışmasında birincilik ödülü ulusal medyanın ve kamuoyunun ilgisini çekmiştir ve aşağıdaki linklerden ilgili haber yansımaları görülebilir:

<https://kulliye.karabuk.edu.tr/universiteler-arasi-enerji-verimliliği-yarışmasında-kbu-birinci-oldu/>

<https://www.haberturk.com/karabuk-haberleri/30726374-karabuk-universitesi-universiteler-arasi-enerji-verimliliği-yarışmasında-birinci-oldu>

ÖĞRENİLEN DERSLER

Karabük Üniversitesi enerji verimliliği iyileştirme projesi sıradan bir renovasyon projesinden farklı olarak proje uygulama birimi (YİGM), süpervizyon danışmanı, uygulama yüklenicisi, yararlanıcı kurum (eğitim binası), yerel yönetim vb. dahil olmak üzere tüm paydaşlar için pek çok yeniliğin ilk kez deneyimlendiği bir uygulama projesi olmuştur. Bu yüzden, bu özel projenin sonucunda birçok ders öğrenilmiştir:



Enerji Verimliliği Yenileme Projesi Kapsamı:

Projede ağırlıklı olarak enerji verimliliği hedeflenmiştir. Böylece, bütün saha uygulama tedbirleri enerji verimliliği ve karbon emisyonunun azaltılmasına yönelik alınmıştır. Diğer taraftan, yararlanan kurumun da bir renovasyon projesinden iç mimari, mobilya, döşeme, banyo, cephe, boya vb. yenilemeler gibi beklentileri olmuştur. Bu da yararlanıcı kurum ile sözleşme kapsamında bir uyumsuzluğa yol açmıştır.

Paydaş katılım toplantısıyla birlikte yararlanıcı kurumun beklentileri ile sözleşme kapsamı aynı çizgide buluşmuştur. Bu konudan alınan ders, projenin tam kapsamı ve spesifik hedefi hakkında daha odaklı ve net bir iletişim ile yararlanıcı kurumun beklentilerini projenin erken aşamalarında yönetmektir.



Tasarım Dokümantasyon Süreci:

Tasarım ve süpervizyon danışmanın bir diğer görevi ise tasarım projelerini ve dokümantasyonunu hazırlayıp YİGM'e onaya göndermesidir. Binanın mevcut durumunun herhangi bir mimari projesi veya çizimi olmamasından dolayı, tasarım ve uygulama danışmanı mimari bir keşif yapıp güncel rölöve projelerini oluşturmak zorunda kalmıştır. Bu süreç, enerji verimliliği önemlerinin projelendirme ve dokümantasyonu için ön gerekliliktir. Fakat, enerji verimliliği projesi gereklilikleri için yapılan mimari rölöve projelerinin detay seviyesi, uygulama projelerinde çitayı en yukarı koyan YİGM'nin yüksek standartlarını karşılamaya yetmemiştir. Bu anlaşmazlık, mimari rölöve projelerinin onay sürecinin uzaması ve dolaylı olarak projelendirme sürecinin bitişinin gecikmesine yol açmıştır. Öte yandan, bu projenin sıfırdan başlanan bir proje olmamasından kaynaklı olarak binanın ve katların enerji verimliliği önemleriyle ilgili olmayan her detayının rölövesine gerek görülmemiştir. Örneğin, pencere değişiminin yapılacağı bu projede her pencerenin çerçeve ve çita genişliğinin ölçülmesine zaman ayrılmamıştır. İç kapı veya süpürgeliklerin yükseklikleri enerji verimliliği açısından ihtiyaç duyulan bir husus olmadığı için ölçümleri yapılmamıştır. Banyo ve tuvaletin iç detaylarına enerji verimliliği projesi içerisinde ihtiyaç oluşmamıştır.

Buradaki ders, YİGM'nin mimari rölöve projesinden beklentileriyle enerji verimliliği projesi için gerekli sistem elemanlarının detaylarını asgari müşterekte buluşturmak olmuştur. Ayrıca, rölöve projeleri onay tasarım süreci dokümantasyonu sürecinden çıkarılmıştır. Bunun yerine, her disiplindeki

(mimari, mekanik, elektrik, sıhhi tesisat vb.) yalnızca enerji verimliliği yenileme tasarım projelerinin YİGM tarafından onaylanmasına karar verilmiştir.



Resmi İzinler:

Fotovoltaik güneş enerji sistemi gibi sistemler birçok resmi onay sürecinden geçmesi gerektiği için izin prosedürleri ihale öncesinden başlatılabilir. Böylece, fotovoltaik güneş enerji sistemi için şebekeye bağlantı izni ve geçici kabul süreci tamamlanıp sistem birkaç ay öncesinden elektrik üretmeye başlayabilir.



İhale Koşulları:

Enerji verimliliği yenileme sektörü yeni büyüyen bir pazar olduğundan ihalenin mali şart ve koşulları, hem yerel hem de uluslararası uygulama yüklenicilerinin daha fazla ilgisini çekmek için daha esnek ve çekici olabilir.

İhalenin mali koşulları, uluslararası para birimlerine ve yüksek enflasyona karşı baskı altında olan yerel para birimi cinsindendi. İhale tüm genel giderlerin, yönetim giderlerinin, malzeme ve işçilik maliyetlerinin uygulama dönemi boyunca tahmin edilmesini zorlaştıran yurtiçi yüksek enflasyon koşullarında yapıldı. Dolayısıyla ihale fiyatları uluslararası alanda daha istikrarlı olan para birimleri üzerinden yapılabilir; bu da en azından ekipman ve malzeme fiyatlarındaki dalgalanmaları sınırlandırarak ilgilenen firmalarda risk algısının azalmasına yol

açabilirdi. Böylece ihale, uluslararası firmaların da ilgisini çekecek ve firmaların döviz kuru ve yüksek yurt içi enflasyon riskleri hakkında endişelenmemelerini sağlardı. Yerel para birimi bazında yurt içi maliyetlere ilişkin risklerin sınırlandırılması amacıyla ihale finansal şartlarına bir fiyat ayarlama mekanizması da yerleştirilebilirdi. Böylece, ihalenin mali açıdan risk algısı azaltılabilir ve ilgili yüklenicilerin ihalenin teknik yönlerine daha fazla dikkatlerini vermelerini sağlayabilirdi



Ölçme ve Doğrulama:

Genel olarak ölçme ve doğrulama süreci deneyiminin olmayışı, ölçme ve doğrulama planının sonuçlandırılmasında gecikmeye yol açmıştır. Yerel bir Ö&D profesyonelinin ilk kez bu kadar EVÖ içeren kapsamlı bir Ö&D planı hazırlaması nedeniyle tasarım ve süpervizyon danışmanı ile YİGM arasında Ö&D planı gidip gelmiştir. Fakat, bu süreç hem tasarım ve süpervizyon danışmanı hem de YİGM için bir öğrenme süreciydi.

Sağlıklı işleyen bir enerji verimliliği piyasası için daha fazla Ö&D uzmanına ihtiyaç olduğu aşikardır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, uluslararası Ö&D akreditasyon programlarından sertifika alan Ö&D profesyonellerinin akreditasyonunu kabul etmeyi değerlendirecektir.