



VAKA ANALİZİ ORTAKÖY 80. YIL MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

ARALIK 2023

EEPB/DB/MoEU/QCBS-SUBPR-01



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



THE WORLD BANK
IBRD • IDA | WORLD BANK GROUP



PROJE HAKKINDA – KABEV

Kamu Binalarında Enerji Verimliliği (EPPB / 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 emisyonlarında 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

ORTAKÖY 80. YIL MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ



Ankara, Türkiye



Devlet Okulu



3 Okul Binası



13.825 m²



Mesleki ve Teknik
Anadolu Lisesi



Enerji Verimliliği
Yenileme Projesi



Resim 1. Ortaköy 80. Yıl MTAL – eski hali (sol), yeni hali (sağ)

Ortaköy 80. Yıl Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi içerisinde üç okul binası (sınıflar, yönetim ve spor salonu bulunduran ana bina, elektrik ve elektronik binası ve mobilya makineleri metal teknolojisi binası) barındıran bir lisedir. Binalar yaklaşık 20 yıl önce inşaa edilmiştir. Binalar, sürekli arızalanan ısıtma kazanlarından kaynaklı ısınma sorunu, HVAC otomasyon sistemi kaynaklı kısıtlı kontrol problemi, eski ve yetersiz aydınlatma sistemi ve yüksek enerji faturaları gibi birçok büyük sorunla karşılaşmıştır.

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

Binaların hepsinin bina kabuğu yalıtımsızdı. Ana binada çift cam olmasına karşılık diğer bloklarda tek bölmeli ve eski alüminyum doğramalı pencereler mevcuttu. Bundan dolayı kış mevsiminde iç mekanlar soğuk oluyordu. Çatıda ve cephede 12 cm taş yünü yalıtım, pencerelerde yüksek yalıtım değerli çerçeveler ve üçlü camlar kullanıldıktan sonra cepheden dolayı oluşan ısı kaybı azaldığı için iç mekan sıcaklıkları daha kolay korunmuştur. Ek olarak, pencerelerin şekli ve boyutları üçlü bölmeye dönüştürülerek sınıflara daha fazla gün ışığı geçirgenliği sağlanmış,

böylece eğitim kalitesinin artırılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda, cepheye yalıtım eklenip camlar değiştirildiğinde okul yeni bir görünüm kazanmıştır.



Resim 2. Bina Kabuğu (Öncesi ve Sonrası)



Resim 3. Bina Kabuğu (Öncesi ve Sonrası)

Isıtma Sistemi

Isıtma sistemi 2 adet 700.000 kCal/h'lık yer tipi sıvı yakıtlı ısıtma kazanı ile hem ana binaya hem de eskimiş vana ve sabit debili ısıtma sirkülasyon pompasına sahip olan radyatörlü iki binaya daha hizmet vermektedir. Kazanlarda sık sık arızalar yaşandığından dolayı ısıtma sisteminde sürekli kesintiler yaşanmıştır. Buna ek olarak, baca gazı ölçümlerinde kazanların ısı verim değerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Kazanlar enerji verimliliği bakımından daha verimli iki adet 500.000 kCal/h'lık yer tipi sıvı yakıt kullanan ve dış hava sıcaklığına göre sıcak su besleme sıcaklığı kontrollü kazanlar ile değiştirilmiştir. Sıvı yakıtlı kazanlar yerine doğalgaz ile çalışan kazanlar düşünülmüştür fakat, yakınlarda doğal gaz boru hattı olmaması ve LPG tankını yönetebilecek bir tesisi olmamasından dolayı vazgeçilmiştir. Çeşitli ısı pompası seçenekleri de değerlendirilmiştir ancak, bu seçeneklerin yatırım geri ödeme sürelerinin KABEV proje kriterlerinden daha uzun olduğu ortaya çıkmıştır. (Binanın ısıtma amaçlı yıllık çalışma saati 600 saat civarında olduğu gözlemlenmiştir, bundan dolayı ısı pompası yatırımının geri ödeme süresinin beklenenden daha uzun çıktığı hesaplanmıştır.) Bu nedenle yeni kazanların yüksek verimli sıvı yakıtlı kazan olmasına karar verilmiştir.

Ek olarak, açık tip genleşme tankına sahip eski ısıtma sistemi, kapalı tip diyaframlı genleşme tankı ile değiştirilmiştir.

Spor salonunda çalışır durumda bir ısıtma sistemi bulunmadığından, termal konforu korumak ve gerekli taze havayı sağlamak için ilave radyatörler ve apareyler takılmıştır.

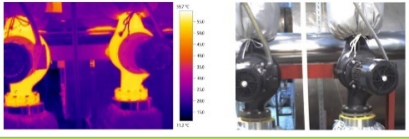
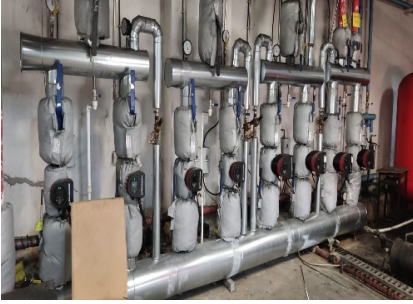
Yeniliklerle beraber, yüksek ısı verimli, değişken kapasiteli kazanlar, binaların ihtiyacı kadar ısıtma enerjisi sağlayarak daha az ısıtma enerjisi tüketimi sağlamıştır.



Resim 4. Kazan Renovasyonu

Mekanik Tesisat Yalıtımı

Borular, vanalar vb. dahil olmak üzere mekanik ve sıhhi tesisat ekipmanlarında yalıtım gözlemlenememiştir. Kazan dairesindeki borular ve ekipmanları, yerel tesisat yalıtım standardına uygun yalıtımlı yeni sistemlerle değiştirilmiştir.



Resim 5. Mekanik Tesisat Yalıtımı – Öncesi ve Sonrası

Termostatik Vana ve Değişken Hızlı Sirkülasyon Pompası

Radyatörler eski tip vanalarla donatılmış olduğundan ısıtma suyu sirkülasyon pompalarının sürekli sabit hızda çalışmasına neden olarak aşırı enerji tüketimine ve düşük ısıl konfora neden olmaktaydı. Eski radyatör vanaları yeni termostatik vanalarla, eski ve sabit hızlı ısıtma suyu sirkülasyon pompaları, değişken hızlı sirkülasyon pompaları ile değiştirilmiştir. Böylece mahaller, termostatik vanalarla kontrol edilen daha verimli radyatörler tarafından ısıtılarak

optimum sıcaklığa getirilmektedir. Bunun sayesinde, mahallerin aşırı ısınması ve aşırı ısıtma enerjisi tüketiminin önüne geçilmektedir. Sirkülasyon pompalarının hızını ayarlayabilmesi ve yalnızca ısıtma talebi kadar çalışmasından dolayı hem ısıtma hem de pompa enerjisinden tasarruf sağlanmaktadır.



Resim 6. Termostatik Vana Renovasyonu – Öncesi ve Sonrası



Resim 7. Sirkülasyon Pompası Renovasyonu – Öncesi ve Sonrası

Aydınlatma Sistemi Tadilatı

Eğitim tesisi içerisinde çeşitli tip ve güçlerde aydınlatma armatürleri bulunmaktaydı. Genel olarak kullanılan armatürler, iç aydınlatma için manyetik balastlı yüzeye monte T8 floresanlar ve dış aydınlatma için sodyum buharlı ampuller kullanılmaktaydı. 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, 1.000'in üstünde aydınlatma ampulü, LED tipi ampul değiştirilmiştir.



Resim 8. Eski 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 9. 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 50 kWe kurulu güce sahip fotovoltaik güneş enerji sistemi uygulanmıştır.



Resim 10. Çatı Üstü Fotovoltaik Güneş Enerji Sistemi (PV)



Resim 11. Çatı Üstü Fotovoltaik Güneş Enerji Sistemi (PV)

olarak, temel seviyede ana HVAC ekipmanlarının kontrol ve takibini, bina seviyesinde ise enerji tüketiminin takibini yapabilen bir sistem kurulmuştur.

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

Bina Sistemi	EVÖ'lerin Uygulanmasından Önce	EVÖ'lerin Uygulanmasından Sonra
Bina Kabuğu	Yalıtım yoktur	Yerel bina yalıtım standardı gerekliliklerinin ötesinde kalınlıkta yalıtım (12 cm taş yünü)
Pencere	Aluminyum çerçeve ve tek bölmeli camlar	Daha iyi eğitim kalitesi için doğal gün ışığını artırmak amacıyla büyük cam boyutuna sahip PVC çerçeve ve üç bölmeli pencereler
Isıtma Sistemi	2 adet 700.000 kCal/h yer tipi sıvı yakıtlı ısıtma kazanı, eski vanalı radyatörler ve sabit devirli sirkülasyon pompaları. (kazanlar sıklıkla arızalanmakta)	Yeni çelik bacalı, 2 x 500.000 kCal/h yer tipi kaskad sıvı yakıtlı kazanlar, termostatik vana eklenmiş radyatörler, değişken hızlı sirkülasyon pompaları
Soğutma Sistemi	Yok.	Yok.
Havalandırma Sistemi	Sadece egzoz fanları bulunmaktadır.	Spor salonuna ısıtıcı hava apareyleri eklenmiştir.
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 (1.000 adetten fazla)
Dış Aydınlatma Sistemi	Sodyum buharlı lambalar	LED aydınlatma lambaları (28 adet)
Elektrik Sistemi	1 x 1.000 kVA ana dağıtım panosu	1 x 1.000 kVA ana dağıtım panosu
Kompanzasyon Sistemi	Operasyonel vaziyette	Operasyonel vaziyette
Yenilenebilir Enerji Sistemi	Yok	50 kW _e 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)

No	Enerji Verimliliği Önlemleri	Enerji Türü	Enerji Tasarrufu		Enerji Maliyet Tasarrufu	Yatırım	Geri Ödeme Süresi
			kWh/yıl	%	TL/yıl	TL	Yıl
1	Bina bloklarında ısı yalıtımı , Camların Yenilenmesi, Mevcut Isıtma Kazanlarının Yenilenmesi, Açık Tip Genleşme Tankının Kapalı Tip Genleşme Tankıyla Değiştirilmesi	Fuel-oil	441.058	%48,7	184.163	3.757.343	20,4
2	Mekanik Tesisata Yalıtım Uygulaması	Fuel-oil	2.468	%0,3	1.031	11.426	11,1
3	Radyatörlere Termostatik Vana Eklmesi ve Mevcut Sirkülasyon Pompalarının Değişken Hızlı Sirkülasyon Pompalarıyla Değiştirilmesi	Fuel-oil	15.456	%1,7	6.599	86.120	13,1
		Elektrik	229	%0,03			
4	Verimsiz Armatürlerin Verimli LED Armatürlerle Değiştirilmesi	Elektrik	40.123	%4,4	37.591	819.474	21,8
5	Çatı Üstü Fotovoltaik Güneş Enerji (PV) Sistemi (İç kullanım için üretim)	Elektrik	35.552	%3,9	61.826	522.569	8,5
	Çatı Üstü Fotovoltaik Güneş Enerji (PV) Sistemi (Civardaki eğitim tesislerine verilmek üzere üretim)	Elektrik	30.438	%3,4			
6	Bina Otomasyon ve Enerji İzleme Sistemi	Fuel-oil	12.382	%1,4	7.082	93.957	13,3
		Elektrik	2.040	%0,2			
TOPLAM TASARRUF		Fuel-oil (kWh)	471.364	%52,0	298.291	5.290.890	17,7
		Elektrik (kWh)	108.381	%12,0			
		TOPLAM	579.745	%64,0			

Tablo 2. Enerji Verimliliği Önlemleri Listesi

Referans (Baseline) Enerji Kullanımı

Fuel-oil nihai enerji kullanımı 827.748 kWh/yıl ve elektrik nihai enerji kullanımı 77.943 kWh/yıl olup, IPMVP'ye göre 905.961 kWh/yıl referans (baseline) nihai enerji kullanımına karşılık gelmektedir.

Verimlilik Hedefleri

471.364 kWh/yıl $\pm$ 106.529 kWh/yıl¹ fuel-oil enerjisinden %52,0 $\pm$ %11,8 oranında tasarruf sağlanması hedeflenmiştir.

Fotovoltaik güneş enerji sistemi dahil edilerek 108.381 kWh/yıl $\pm$ 3.293 kWh/yıl² elektrik enerjisinden %12,0 $\pm$ %0,4 oranında tasarruf sağlanması hedeflenmiştir.

Fotovoltaik güneş enerji sistemi dahil edilerek, 579.745 kWh/yıl $\pm$ 109.822 kWh/yıl³ toplam nihai enerjiden %64,0 $\pm$ %12,1 oranında tasarruf sağlanması hedeflenmiştir.

¹ IPMVP'ye göre %90 güven seviyesinde hesaplanan referans model belirsizliğine dayanmaktadır. (Göreceli belirsizlik= $\pm$ %22,6)

² IPMVP'ye göre aydınlatma sistemi enerji tasarrufu için %80 güven düzeyinde ve güneş PV sistemi enerji üretimi için %95 güven düzeyinde hesaplanan referans model belirsizliğine dayanmaktadır. (Göreceli belirsizlik = $\pm$ %3,0)

³ IPMVP'ye göre referans model belirsizliğine dayanmaktadır. (Göreceli belirsizlik = $\pm$ %18,9)

SONUÇLARIN ÖZETİ

Öge/Konu	Enerji Öncesi	Enerji Sonrası	Enerji Tasarrufu	Enerji Tasarrufu %
Fuel-oil Tüketimi [kWh]	827.748	359.703	468.045	%56,5
Elektrik Tüketimi [kWh]	77.943	36.566	41.377	%53,1
Toplam Enerji Tüketimi [kWh] (PV Panel hariç)	905.691	396.269	509.422	%56,2
Yenilenebilir Enerji Sistemi				
Fotovoltaik Güneş Enerji Üretimi [kWh]		-71.611	-71.611	(%7,9)
Net Enerji Tüketimi [kWh] (PV Panel dahil)	905.691	324.658	581.033	%64,2
Yıllık Enerji Maliyeti [TL]	418.649	139.772	278.877	%66,6
Sera Gazı Emisyonu [ton CO _{2e}]	269,0	83,5	185,5	%69,0
Karşılık Gelen Ağaç Sayısı [adet]			8.521	

Tablo 3. Enerji ve Sera Gazı Emisyonu Sonuçları Özeti

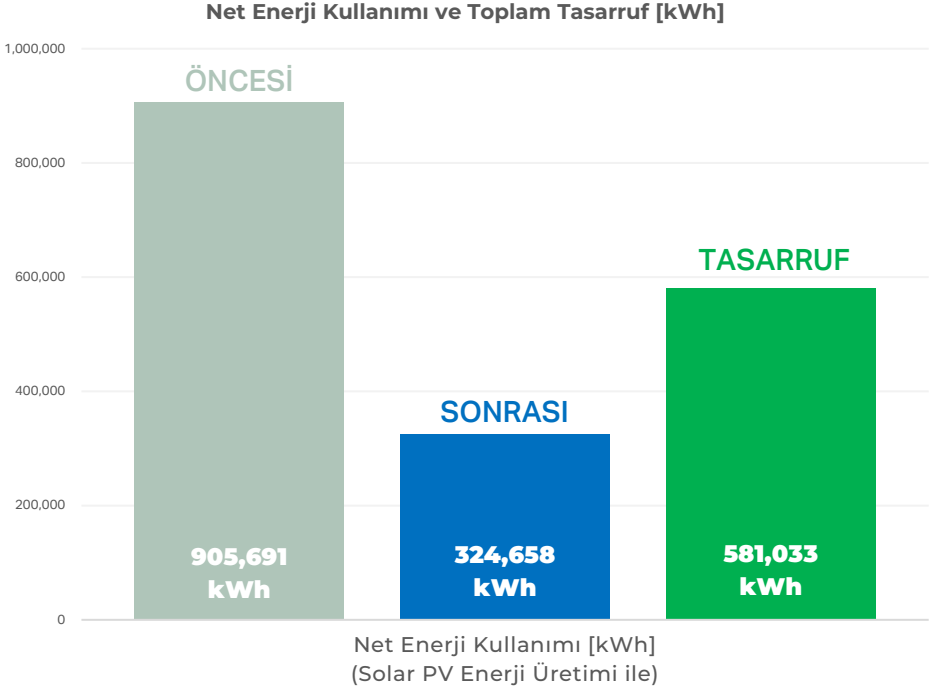
Tesisin referans enerji tüketimi 905.691 kWh/yıl'dı. Güneş panellerinin üretimi hariç enerji tüketimi 396.269 kWh/yıl'a kadar indirilmiştir, bu da %56,2 oranında bir tasarrufa karşılık gelmektedir. Güneş panellerinin ürettiği enerji de hesaba katıldığında, 579.745 kWh/yıl $\pm$ 109.822 kWh/yıl⁴ öngörülen tasarrufa kıyasla 581.033 kWh/yıl tasarruf (%64,2'lik enerji tasarrufu) gerçekleşmiştir. Tasarruflar sonrası nihai olarak yıllık net 324.658 kWh/yıl enerji tüketimine denk gelmektedir.

Sonuç olarak, gerçekleşen enerji tasarrufu, beklenen tasarruftan 1.288 kWh/yıl kadar fazla tasarruf sağlamıştır (%0.2 oranında beklenenden daha fazla tasarruf).

Sera gazı emisyonlarının 269 ton CO_{2e}'den 83,5 ton CO_{2e}'ye düşerek toplam olarak 185,5 ton CO_{2e} azaldığı hesaplanmıştır.

Bina sakinlerinin, enerji verimliliği önlemlerinin uygulanmasından sonra termal konfor seviyesinden memnun olduğu tespit edilmiştir.

⁴ IPMVP'ye göre %90 güven seviyesinde hesaplanan referans model belirsizliğine dayanmaktadır.

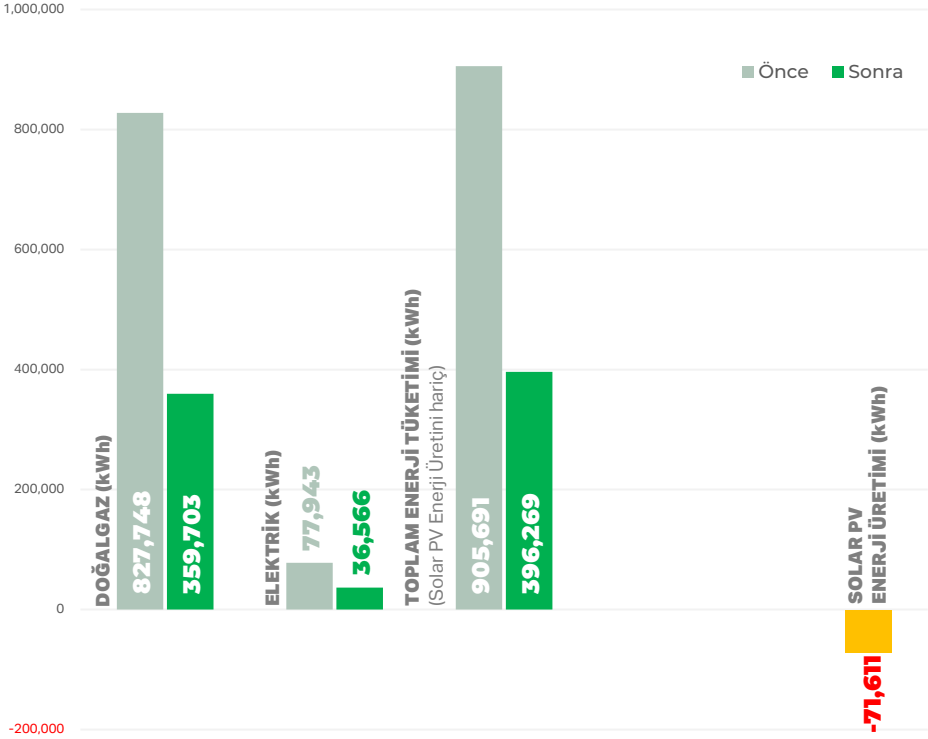


Grafik 1. Net Enerji Tüketimi Karşılaştırması (Öncesi ve Sonrası) Genel Enerji Tasarrufu

Yerinde yenilenebilir enerji dahil edilerek EVÖ'lerin hayata geçirilmesi öncesi ve

sonrası fuel-oil ve elektrik enerjisinin karşılaştırması, aşağıda verilmektedir.

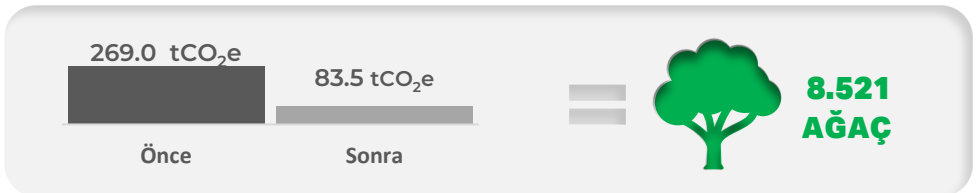
Enerji Kullanımı Dağılımı ve Enerji Üretimi [kWh]



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

EVÖ'lerin hayata geçirilmesi öncesi ve sonrası sera gazı emisyonları aşağıdaki grafikte gösterilmektedir. Genel sera gazı emisyonlarının %69 oranında azaltılması,

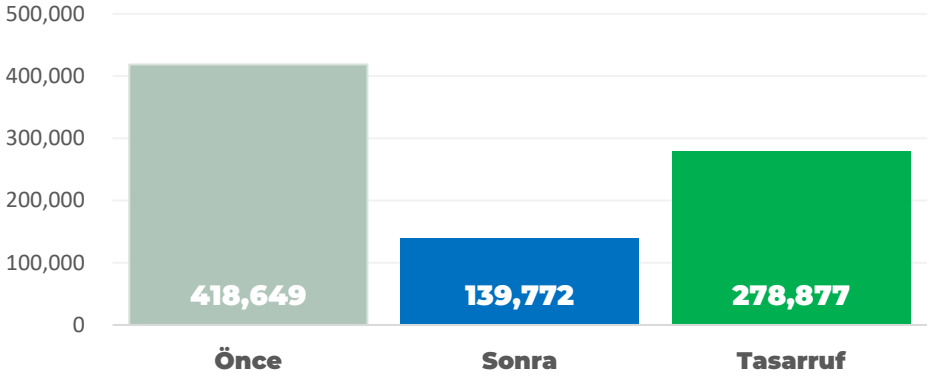
gelecekte binaların karbonsuzlaştırılması açısından diğer eğitim tesislerine iyi bir örnek teşkil edecektir.



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

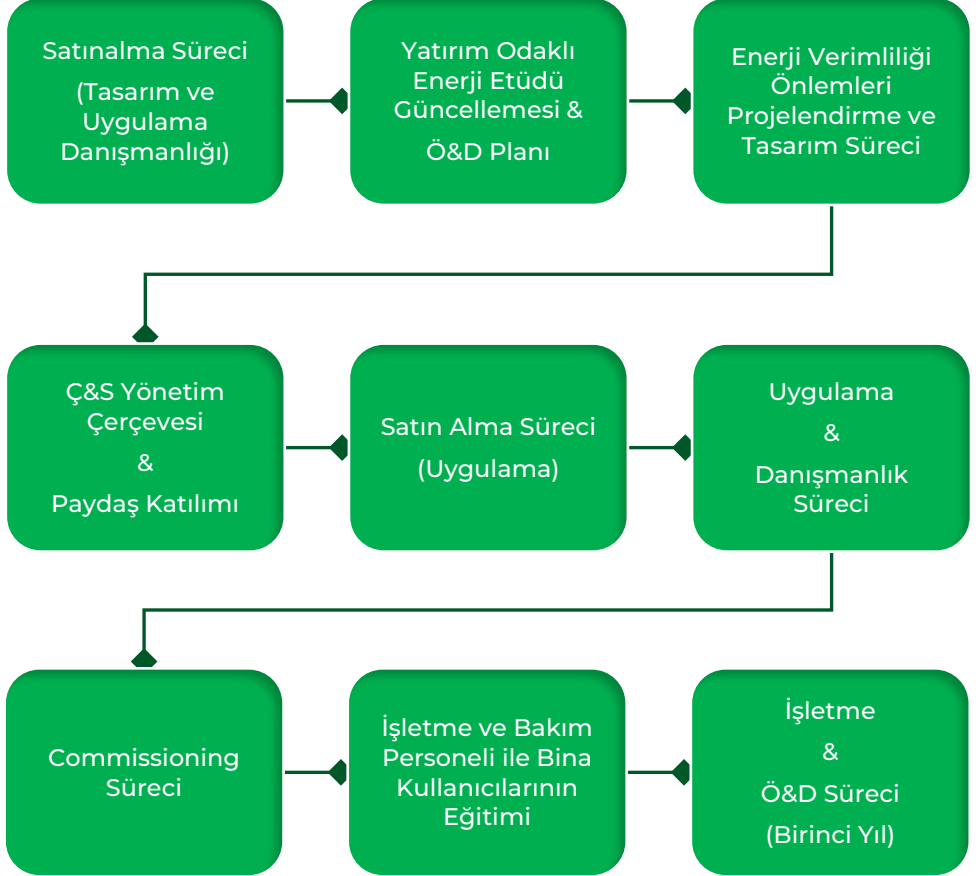
EVÖ'lerin hayata geçirilmesi öncesi ve sonrası eğitim tesisinin genel enerji maliyeti aşağıdaki grafikte gösterilmektedir. Enerji maliyeti 418.649 TL'den 139.772 TL'ye düşerek yıllık 278.877 TL enerji maliyeti tasarrufu sağlanmıştır. 5.290.890 TL yatırım maliyeti ile 17,7 yıllık geri ödeme süresine karşılık gelmektedir.

Toplam Yıllık Enerji Maliyeti [TL]



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

PROJE UYGULAMA SÜRECİ



Şekil 1. KABEV Proje Uygulama Süreci

Satınalma Süreci (Tasarım ve Uygulama Süpervizyonu)

Ortaköy 80. Yıl MTAL, reel enerji verimliliği potansiyelini ve ilgili yatırımı ortaya çıkarmak için 2019 yılında yatırım odaklı bir enerji etüd 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 tekliflerinden 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 sistemleri
- 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 (kojenereasyon, trijenereasyon, 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, Pencerelerin Yenilenmesi, Mevcut Isıtma Kazanlarının Yenilenmesi, Açık Tip Genleşme Tankının Kapalı Tip Genleşme Tankıyla Değiştirilmesi
2	Mekanik Tesisata Yalıtım Uygulaması (Yalıtımsız vanalar vb.)
3	Radyatörlere Termostatik Vana Eklenmesi ve Mevcut Sirkülasyon Pompalarının Değişken Hızlı Sirkülasyon Pompalarıyla Değiştirilmesi
4	Verimsiz Aydınlatma Armatürlerinin Verimli LED Armatürlerle Değiştirilmesi
5	Çatı Üstü Fotovoltaik Güneş Enerji (PV) Sistemi (50 kW _e)
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)

Süreç

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 kılavuzu⁵ 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 tarafından hazırlanmıştır. Planda tasarrufların doğrulanma yöntemi, alınması gereken önemli önlemler, bu faaliyetlerin zamanlaması, tarafların görev ve sorumlulukları ile süreçle 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 kılavuzu⁶ geliştirilmiştir. Tasarımcılar tasarım projelerini ve belgelerini geliştirirken bu kılavuzu takip etmişlerdir.

⁵ <https://www.kabev.org/en/wp-content/uploads/2021/11/OLCME-VE-DOGRULAMA-KILAVUZU.pdf>

⁶ 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 Ortaköy 80. Yıl MTAL'nin çevresel ve sosyal yönetim planı, genel KABEV projesinin çevresel ve sosyal çerçevesi temel alınarak geliştirildi. Okul yönetimi, veli, okul personeli gibi ilgili tüm paydaşlarla paydaş katılım toplantıları gerçekleştirildi.



Resim 12. Paydaş katılım toplantısı

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



Resim 13. Proje özel kitapçık

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



Resim 14. Enerji verimliliği farkındalık tabelası

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 kitabı⁷ 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.

Ölçme ve 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.

Ortaköy 80. Yıl MTAL projesi için ölçme ve doğrulama yöntemleri tablosu aşağıdaki tabloda verilmektedir.

No	Enerji Verimliliği Önlemleri (EVÖ)	Ö&D Seçeneği
1	Bina bloklarında ısı izolasyonu, Camların Yenilenmesi, Mevcut Isıtma Kazanlarının Yenilenmesi, Açık Tip Genleşme Tankının Kapalı Tip Genleşme Tankıyla Değiştirilmesi	
2	Mekanik Tesisata İzolasyon Uygulaması (Yalıtımsız vanalar vb.)	Fuel-oil Seçenek C
3-1	Radyatörlere Termostatik Vana Eklenmesi ve Mevcut Sirkülasyon Pompalarının Değişken Hızlı Sirkülasyon Pompalarıyla Değiştirilmesi.	
6	Bina Otomasyonu ve Enerji İzleme Sistemi Entegrasyonu	
4	Verimsiz Armatürlerin Verimli LED Armatürlerle Değiştirilmesi	Elektrik Seçenek A
3-2	Radyatörlere Termostatik Vana Eklenmesi ve Mevcut Sirkülasyon Pompalarının Değişken Hızlı Sirkülasyon Pompalarıyla Değiştirilmesi.	Elektrik Seçenek A
5	Çatı Üstü Fotovoltaik Güneş Enerji (PV) Sistemi	Elektrik Seçenek B

Tablo 5. IPMVP Seçenek Tablosu

⁷ https://www.kabev.org/en/wp-content/uploads/2022/03/D5.2_Commissioning-Handbook_ENG_Web_version_Final.pdf

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.

ÖĞRENİLEN DERSLER

Ortaköy 80. Yıl MTAL enerji verimliliği iyileştirme projesi sıradan bir renovasyon projesinden farklı olarak proje uygulama birimi (YİGM), süpervizyon danışmanı, uygulama yüklenicisi, yararlanıcı kurum (eğitim kurumu), 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.

Bir diğer ders ise sadece kazanlar değiştirilse bile tüm kazan dairesi, zemin, duvarlar, tavan, vb. yenilenmesi gibi direkt enerji verimliliği ile ilgili olmayan bazı tedbirlerin de uygulamaya dahil edilmesidir. Bu yaklaşım, enerji verimliliği önemlerinin uygulanmasına ilişkin kalite algısını iyileştirecektir.



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 çıta genişliğinin ölçülmesine zaman ayrılmamıştır. İç kapı veya süpürgeliklerin yükseklikleri enerji verimliliği açısından ihtiyaç duyulan bir husus olmadığı için ölçümleri yapılmamıştır. Banyo ve tualetin 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 geçici 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 sınırlayarak ilgilenen firmalarda risk algısının azalmasına yol açabilir. Böylece ihale, uluslararası firmaların da ilgisini çekecek ve firmaların döviz kuru ve yüksek yurt içi

enflasyon riskleri hakkında endişelenmemelerini sağladı. 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 sertifikalı alan Ö&D profesyonellerinin akreditasyonunu kabul etmeyi değerlendirecektir.