



## 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 CO<sub>2</sub>

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 CO<sub>2</sub> tasarrufu sağlanarak, derin renovasyonlar ve neredeyse sıfır enerjili binalar (NZEB), enerji performans sözleşmeleri (EPS), konforun artırılması gibi uygulamalar sergilenerek iklim değişikliği ile mücadele edilmesi amaçlanmaktadır.

## PROJE ÖZETİ

### BURSA KIZ LİSESİ



Bursa, Türkiye



Devlet Okulu



2 Okul Binası + 1 Yurt Binası



10.285 m<sup>2</sup>



Lise ve Yurt



Enerji Performans Sözleşmesi (EPS)



Resim 1. Bursa Kız Lisesi – A Blok Resimleri – soldaki eski, sağdaki yeni

Bursa Kız Lisesi, iki eğitim binası ve bir yurt binasından oluşan bir lisedir. Binalar 40 yaşın üzerinde olup, yeterli bakım yapılmamasından dolayı görünüşleri eskidir. Cephe yalıtımı eksikliği ve genellikle arızalı kazanlar nedeniyle yetersiz ısıtma, eski tek camlı pencerelerden aşırı sızma gibi önemli teknik ve konfor sorunları vardı.

Bina yönetimi, yetersiz ısıtma, sık sık arızalanan kazanlar, kış aylarında tek camlı pencerelerin eski çerçevelerinden gelen hava akımından kaynaklanan konfor sorunlarını çözmek için KABEV programına katılmayı istiyordu. Ayrıca, arızalı kazanlar ve brülörler nedeniyle çok sık olan onarım hizmetlerinden kaçınmak istiyorlardı. Ayrıca bina yönetimi, öğrenciler ve aileleri tarafından çok eski ve modası geçmiş olarak algılanan binaların görünümünün yenilenmesini istiyordu.

Enerji verimliliği çalışmalarının uygulanması bir enerji hizmet şirketi (ESCO) tarafından enerji performans sözleşmesi (EPS) aracılığıyla yapılmıştır. Bu yöntem, derin yenilemelerin EPS yöntemiyle gerçekleştirilebileceğini göstermek ve diğer kamu kurumları ve özel sektör için bir örnek teşkil etmek amacıyla YİGM tarafından bilinçli olarak seçilmiştir.

### Bina Kabağı

Binalar yalıtımsız ve tek camlı olduğundan kışın soğuk, yazın ise sıcaktı. Binanın dış cephesine ve çatı katına 10 cm taş yünü yalıtım uygulanması ve pencerelerin yüksek yalıtımlı çerçevelere sahip üç bölmeli pencerelerle değiştirilmesiyle, kışın ısı kayıpları ve yazın ısı kazancı azaltıldı için artık daha iyi bir iç ortam sıcaklığı sağlanabilmektedir. Aynı zamanda cephe yalıtımı ve yeni pencereler binanın dış cephesini iyileştirmiştir ve artık dışarıdan yeni bir bina gibi görünmektedir.



Resim 2. Bina cepheleri ve çatılar – Öncesi (Sol) ve Sonrası (Sağ)

## Isıtma Sistemi

Isıtma sistemi 700 kW'lık kata monte doğalgazlı kalorifer kazanı, eski vanalı radyatörler ve sabit hızlı düşük verimli sirkülasyon pompalarından oluşmaktadır. Kazanlar sık sık arızalanarak ısıtma sisteminde çok fazla kesintiye neden oluyordu. Ayrıca, baca gazı ölçümleri yapıldığında kazanların ısı verimliliğinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Kazanlar yeni ve verimli 4 x 90 kW duvar tipi doğalgazlı kaskad yoğunmalı kombi ile değiştirilmiştir. Artık daha yüksek ısı verim ve kapasite modülasyonuna sahip kazanlar, binaların ihtiyacı kadar ısıtma enerjisi sağlayarak çok daha az ısıtma enerjisi tüketimi sağlıyor.



Resim 3. Kazan Dairesi - Öncesi ve Sonrası

Radyatörlerin içleri eski ve paslıydı, ayrıca eski tip vanalar ısıtma suyu sirkülasyon pompalarının sürekli sabit hızda çalışmasına neden oluyor ve aşırı enerji tüketimine ve düşük ısı konforuna neden oluyordu. Radyatörler yeni panel radyatörlerle değiştirilmiştir.

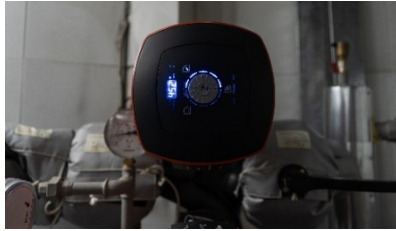
Radyatörlerde eski vanalar termostatik vanalarla değiştirilmiştir. Eski ve sabit hızlı ısıtma suyu sirkülasyon pompaları, yepyeni değişken hızlı sirkülasyon pompaları ile değiştirilmiştir. Artık tüm mekanlar termostatik vanalarla kontrol edilen daha verimli radyatörlerle ısıtılıyor ve odalar ideal ısıtma sıcaklığına getirilerek aşırı ısınma ve fazla ısıtma enerjisi tüketimi önleniyor. Sirkülasyon pompaları artık hızlarını ayarlıyor ve yalnızca ısıtma talebi kadar çalışarak hem ısıtma hem de pompa enerjisinden tasarruf sağlıyor.



Resim 4. Radyatör ve Termostatik Vanalar - Öncesi ve Sonrası

### Kazan Dairesi Tadilatı

Borular, vanalar vb. dahil olmak üzere mekanik tesisat ve sıhhi tesisat aletlerinde yalıtım yoktu. Kazan dairesindeki borular ve enstrümantasyon, yerel tesisat izolasyon standardına uygun izolasyona sahip yeni sistemlerle değiştirilmiştir.



Resim 5. Kazan Dairesi Pompaları - Öncesi ve Sonrası

### Kullanım Suyu - Sıcak

Kullanım sıcak suyu, 175 kW'lık eski kata monte doğal gazlı kalorifer kazanı ve 2 adet 500 litrelik eski sıcak su depoları ile sağlanmıştır. Artık 1.000 litrelik sıcak su

deposuna sahip merkezi kaskad kazan sistemi ile sağlanmaktadır. Merkezi kazan sistemi eski kazan sistemine göre daha yüksek verimliliğe sahip olduğundan kullanım sıcak suyu ısıtmasında enerji tasarrufu sağlanmaktadır.



Resim 6. Kazan Dairesi (Sıcak Kullanım Suyu Tankı) - Öncesi ve Sonrası

### Dış Aydınlatma

Eski dış aydınlatma ampulleri metal halide ve sodyum buharlı tipte olup, daha yüksek verim ve aydınlatma kalitesi sağlayan LED ampuller ile değiştirilmiştir.

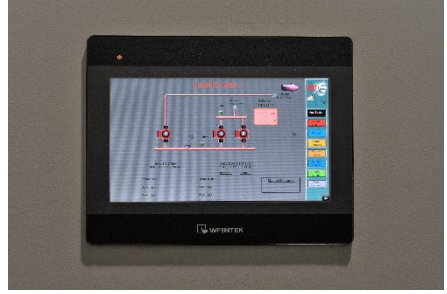


Resim 7. LED dış aydınlatma ampülü



Doğalgaz kazanlarında fosil yakıt kullanımını azaltarak ısınma amaçlı nihai kullanımdan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasını sağlayacak ve elektrik tüketimi hem ücretsiz hem de sıfır emisyonlu olacaktır çünkü elektriği yerinde çatı üstü güneş fotovoltaik panelleri

tarafından üretilecektir. Sonuç olarak, 16 kW'lık hava kaynaklı ısı pompası, yeni değiştirilen ısıtma sistemine geçiş mevsimlerinde tamamlayıcı kapasite olarak uyarlanmış ve gücü çatı üstü PV sistemi tarafından üretilmiştir.



*Resim 11. Isıtma otomasyon sistemi ve ilgili ekipmanlar, sensörler ve vanalar*

## **Enerji İzleme Sistemi**

Enerji Verimliliği uygulama çalışmaları kapsamında Ö&D süreci için nitelikli ve tutarlı veri sağlayacak enerji izleme sistemi kurulmuştur.

Enerji izleme sistemi ve ilgili ölçüm cihazları ile sensörlerin, Ö&D hesaplamalarına güvenilir veriler sağlamada yararlı bir araç olduğu kanıtlanmıştır.

## Elektrik Panolarının Yenilenmesi

Çok eski ana dağıtım kontrol panosu, gelişmiş elektrik güvenlik sistemlerine sahip yepyeni ana dağıtım kontrol panosu ile değiştirilmiştir. Kötü çalışan eski kompanzasyon sistemi, elektrik şebekesinin reaktif güç limitlerinin aşılması nedeniyle cezalı hale getirilmiş olup, ilave olarak eklenen frekans invertörleri, LED ampuller vb. sayesinde daha yüksek kapasiteli yeni kompanzasyon sistemi ile değiştirilmiştir.



Resim 8. Kompanzasyon, ana dağıtım kontrol panellerinin değiştirilmesi

## Yenilenebilir Enerji

Enerji talebi ve tüketimi minimum seviyeye indirildikten sonra kalan enerjinin çatı üstü güneş fotovoltaik sistemi ile sahada üretilmesi hedeflenmiştir. Binaların trafo kapasitesine göre güneş fotovoltaik sistemi kurulmuştur. Güneş fotovoltaik sisteminin yıllık elektrik üretimi, binaların yıllık elektrik tüketiminden fazladır. Bu durum, özellikle okulun kapalı olması nedeniyle elektrik tüketiminin düşük olduğu ve güneş enerjisi üretiminin sırasıyla daha yüksek yaz güneşi radyasyon seviyesi nedeniyle zirvede olduğu yaz aylarında, bölgedeki diğer eğitim tesislerine fazla miktarda elektriğin şebekeye geri verilmesine yol açmaktadır.



Resim 9. Çatı üstü güneş fotovoltaikleri (PV)

Elektrik tüketimi tamamen güneş fotovoltaik sisteminden sağlanacağından, hem destek ısıtma sistemi hem de kullanım sıcak suyu sistemi için bir ısı pompası uygulamasının benimsenmesi düşünülmüştür.



Resim 10. Güneş FV sistemi ile desteklenen ısı pompası uygulaması

| Bina Sistemi                                               | EVÖ'lerin Uygulanmasından Önce                                                                                            | EVÖ'lerin Uygulanmasından Sonra                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bina kabuğu                                                | Yalıtım yok.                                                                                                              | Dış cephelerde 10 cm taş yünü izolasyon + çatıda 10 cm cam yünü izolasyon.                                                                                                                                      |
| Fenestrasyon                                               | Tek bölmeli pencereler.                                                                                                   | Yepyeni yüksek yalıtımlı çerçevelere sahip üç camlı pencereler.                                                                                                                                                 |
| Isıtma sistemi                                             | 700 kW'lık yerden doğalgazlı kalorifer kazanı, eski vanalı radyatörler ve sabit devirli sirkülasyon pompaları.            | 4 x 90 kW duvar tipi kaskad doğal gaz yoğuşmalı kazanlar, radyatörlerde eski vanalar termostatik vanalarla değiştirilmiş, eski sirkülasyon pompaları değişken hızlı sirkülasyon pompaları ile değiştirilmiştir. |
| Soğutma sistemi                                            | Yok (soğutma sezonu çalışması yok).                                                                                       | Yok.                                                                                                                                                                                                            |
| Havalandırma sistemi                                       | Doğal havalandırma.                                                                                                       | Doğal havalandırma.                                                                                                                                                                                             |
| Sıcak Kullanım Suyu Sistemi                                | 175 kW yer üstü doğalgazlı kalorifer kazanı ve 2 adet 500 litrelik sıcak su depoları.                                     | 1 adet 1.000 litrelik merkezi ısıtma sistemli sıcak su deposu.                                                                                                                                                  |
| Mekanik Tesisat/Sihhi Tesisat                              | Boru sisteminde izolasyon yok.                                                                                            | Yerel tesisat yalıtım standardına göre yalıtılmıştır.                                                                                                                                                           |
| İç Aydınlatma Sistemi                                      | LED aydınlatma ampulleri                                                                                                  | LED aydınlatma ampulleri                                                                                                                                                                                        |
| Dış Aydınlatma Sistemi                                     | Metal halide ampul, sodyum buharlı ampuller ve LED ampuller.                                                              | Metal halojenür ve sodyum buharlı ampuller LED ampullerle değiştirilmiştir.                                                                                                                                     |
| Elektrik sistemi                                           | Aşırı ısınan çok eski ana dağıtım kontrol paneli ve iç kısım.                                                             | Gelişmiş elektrik güvenlik sistemlerine sahip yepyeni ana dağıtım kontrol paneliyle değiştirilmiştir.                                                                                                           |
| Kompanzasyon Sistemi                                       | Kötü çalışan eski kompanzasyon sistemi, elektrik şebekesinin reaktif güç limitlerinin aşılması nedeniyle ceza almaktadır. | Ek olarak takılan frekans invertörleri, LED ampuller vb. nedeniyle daha yüksek kapasiteli yepyeni kompanzasyon sistemi ile değiştirilmiştir.                                                                    |
| Yenilenebilir Enerji Sistemi                               | Yok.                                                                                                                      | Çatıya fotovoltaik güneş enerjisi sistemi kurulmuştur.                                                                                                                                                          |
| Enerji İzleme Sistemi                                      | Yok.                                                                                                                      | Gaz ve elektrik tüketiminin bina seviyesinde izlenmesine olanak sağlayan enerji izleme sistemi.                                                                                                                 |
| Yakıt Dönüşümü ve Elektrifikasyonu: Isı Pompası Adopsiyonu | Yok.                                                                                                                      | 16 kW'lık hava kaynaklı ısı pompası, geçiş sezonlarında tamamlayıcı kapasite olarak yeni değiştirilen ısıtma sistemine uyarlanmıştır ve gücü çatı üstü PV sistemi tarafından üretilmektedir.                    |

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



| No            | Enerji Verimliliği Önlemleri                                                                          | Enerji Türü    | Enerji tasarrufu |      | Enerji Maliyeti Tasarrufu | Yatırım          | Geri Ödeme Süresi |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|------|---------------------------|------------------|-------------------|
|               |                                                                                                       |                | kWh/yıl          | %    | TL/yıl                    | TL               | Yıl               |
| 1             | Bina yalıtım uygulaması ve pencere/kapı değişimi                                                      | Doğalgaz       | 758.962          | 66,9 | 140.408                   | 2.050.928        | 14,6              |
| 2             | Kazan değişimi                                                                                        | Doğalgaz       | 23.676           | 2,3  | 4.380                     | 65.389           | 14,9              |
| 3             | Radyatörlerde ve VSD sirkülasyon pompalarında termostatik vana                                        | Doğalgaz       | 16.470           | 1,5  | 3.407                     | 31.780           | 9,3               |
| 4             | Kazan dairesi mekanik tesisat izolasyonu                                                              | Doğalgaz       | 10.520           | 0,9  | 1.946                     | 13.611           | 7,0               |
| 5             | Isıtma sistemi otomasyonu                                                                             | Doğalgaz       | 22.892           | 2,0  | 4.235                     | 61.111           | 14,4              |
| 6             | Güneş PV sistemi ile desteklenen ısı pompası uygulaması                                               | Doğalgaz       | 10.513           | 0,9  | 1.945                     | 22.000           | 11,3              |
| 7             | Dış aydınlatma için LED ampullerin değiştirilmesi                                                     | Elektrik       | 3.504            | 0,3  | 3.119                     | 12.000           | 3,8               |
| 8             | Çatı üstü güneş fotovoltaik sistemi uygulaması (kendi kendine kullanım için üretilmiştir)             | Elektrik       | 122.443          | 10,8 | 108.989                   | 2.968.210        | 10,7              |
|               | Çatı üstü güneş fotovoltaik sistemi uygulaması (bölgedeki diğer eğitim tesislerine gönderilmek üzere) | Elektrik       | 190.438          | 16,8 | 169.467                   |                  |                   |
| 9             | Enerji izleme sistemi ve elektrik kompanzasyon sisteminin yenilenmesi                                 | Elektrik       | -                | -    | -                         | 35.000           | -                 |
| <b>TOPLAM</b> |                                                                                                       | Doğalgaz (kWh) | 843.033          | 74,3 | 156.321                   | 2.244.819        |                   |
|               |                                                                                                       | Elektrik (kWh) | 316.386          | 27,9 | 281.575                   | 3.015.210        |                   |
|               |                                                                                                       | <b>TOPLAM</b>  | <b>1.159.420</b> |      | <b>437.896</b>            | <b>5.260.029</b> | <b>12,0</b>       |

Tablo 2. Enerji Verimliliği Önlemleri Listesi

1.159.420 kWh/yıl ± 226.675 kWh/yıl Yukarıdaki enerji verimliliği önlemleri (EVÖ'ler) listesine dayalı olarak OF enerji tasarrufu hedeflenmiştir. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> IPMVP'ye göre %90 güven seviyesinde hesaplanan temel model belirsizliğine dayanmaktadır.

## SONUÇLARIN ÖZETİ

| Öge / Konu                                      | Öncesi           | Sonrası        | Tasarruflar      | Tasarruf %    |
|-------------------------------------------------|------------------|----------------|------------------|---------------|
| Doğalgaz Tüketimi [kWh]                         | 1.027.649        | 370.462        | 657.187          | %64,0         |
| Elektrik Tüketimi [kWh]                         | 107.158          | 103.594        | 3.564            | %3,3          |
| Toplam Enerji Tüketimi [kWh]                    | 1.134.807        | 474.056        | 660.751          | %58,2         |
| Yenilenebilir Enerji Üretimi [kWh]              | 0                | -282.708       |                  | (-%24,9)      |
| <b>Net Enerji Kullanımı [kWh]</b>               | <b>1.134.807</b> | <b>191.348</b> | <b>943.459</b>   | <b>%83,1</b>  |
| <b>Enerji Maliyeti [TL]</b>                     | <b>1.295.623</b> | <b>56.402</b>  | <b>1.239.221</b> | <b>%95,6</b>  |
| <b>Sera Gazı Emisyonu [ton CO<sub>2e</sub>]</b> | <b>292,3</b>     | <b>0,0</b>     | <b>292,3</b>     | <b>%100,0</b> |
| <b>Karşılık Gelen Ağaç Sayısı [adet]</b>        |                  |                | <b>13.428</b>    |               |

Tablo 3. Enerji ve Sera Gazı Emisyon Sonuçlarının Özeti

Binanın temel enerji tüketimi, yetersiz ısıtma durumunda bile 1.134.807 kWh/yıl'dı. Çatıda güneş enerjisi üretimi olmadan enerji kullanımı 474.056 kWh/yıla düşürülerek %58,2 tasarruf sağlanmıştır. Çatı üstü güneş enerjisi üretimi genel enerji kullanımı hesaplamalarına dahil edildiğinde, 1.159.420 kWh/yıl  $\pm$  226.675 kWh/yıl<sup>1</sup>F beklenen enerji tasarrufuna kıyasla 943.459 kWh/yıl enerji tasarrufu (%83,1 tasarrufa karşılık gelir) sağlanarak beklenen tasarruf düzeyi karşılanmıştır.<sup>2</sup>

Tasarruflardaki değişkenlik, pandemi sonrası bir alışkanlık olarak öğrencilerin ekstra dış hava havalandırma talebi nedeniyle ders aralarında pencerelerin kontrolsüz bir şekilde açılmasından kaynaklanmaktadır.

Okullardaki sınıflar gibi yoğun olarak kullanılan odalarda kontaminasyon riskini azaltmak için hükümet tarafından uygulanan önlemler nedeniyle, sınıf pencerelerinin fazla açılması anlamına gelen ekstra havalandırma gerekmiş ve bu da pencerelerden nispeten daha yüksek doğal havalandırmaya yol açmıştır. Bu ekstra doğal havalandırma, ısıtma

sisteminin daha yüksek bir ısıtma talebiyle daha fazla saat çalışmasına ve sonuçta EVÖ tasarruf hesaplamaları sırasında öngörülenden daha yüksek doğal gaz tüketimine neden olur.

Beklenen ve gerçekleşen elektrik tasarrufları arasında bir farklılık var gibi görünmektedir, ancak bunun başlıca nedeni güneş fotovoltaik (PV) yenilenebilir enerji sistemi tarafından üretilen elektrik miktarıdır. Güneş PV sisteminin gerçekleşen enerji üretimi, toplam temel enerji tüketiminin %24,9'una (yukarıdaki tablo 3'te) karşılık gelirken, toplam temel enerji tüketiminin %27,6'sı (tablo 2'de) olarak beklenmekteydi. Bunun başlıca nedeni, elektrik dağıtım şirketinin idari prosedüründeki bir gecikme nedeniyle şebeke sistemine bağlanmanın beklenenden birkaç hafta daha uzun sürmesidir. Bu durum, güneş enerjisi sisteminin enerji üretmeye hazır olmasına rağmen birkaç hafta boyunca çalışmamasına neden olmuştur. Gelecek yıl, kesinlikle simüle edilen miktarda enerji üretmesi beklenmektedir. Öte yandan, güneş PV sistemi olmadan gerçekleşen elektrik tasarrufu %3,3 iken (yukarıdaki

<sup>2</sup> IPMPV'ye göre %90 güven seviyesinde hesaplanan temel model belirsizliğine dayanmaktadır.

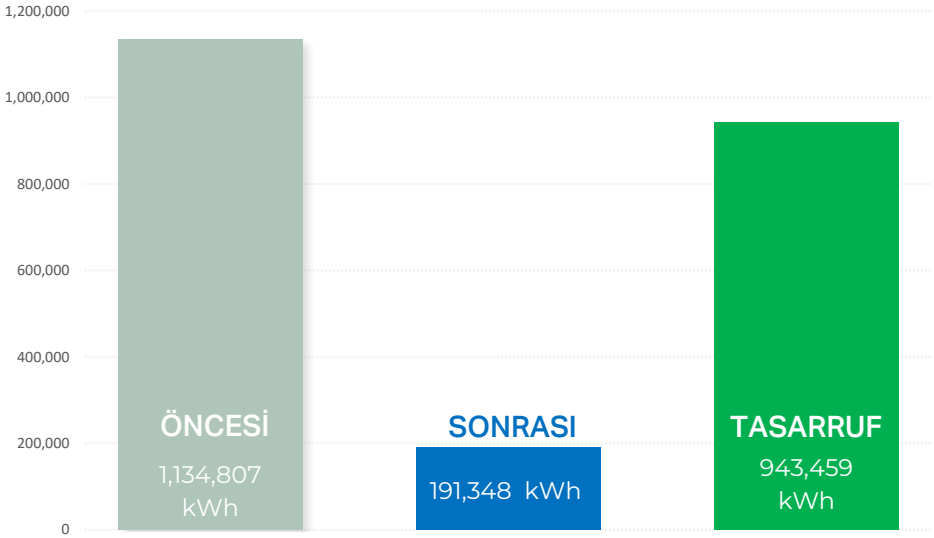
Tablo 3'te), beklenen elektrik tasarrufu %0,3'tür (Tablo 2'de), bu da gerçekleşen elektrik tasarrufunun beklenen elektrik tasarrufunun ötesine geçtiği anlamına gelmektedir.

Doğal gaz kullanımından kaynaklanan yerinde emisyonlar hala mevcuttur, ancak çatıdaki yenilenebilir enerji kaynaklarının

şebekeye ihraç ettiği elektriğin dengeleme etkisi nedeniyle sera gazı emisyonları sıfır olarak hesaplanmıştır.

Bina sakinlerinin tamamı, enerji verimliliği önlemleri uygulandıktan sonra termal konfor seviyesinden memnun kalmıştır.

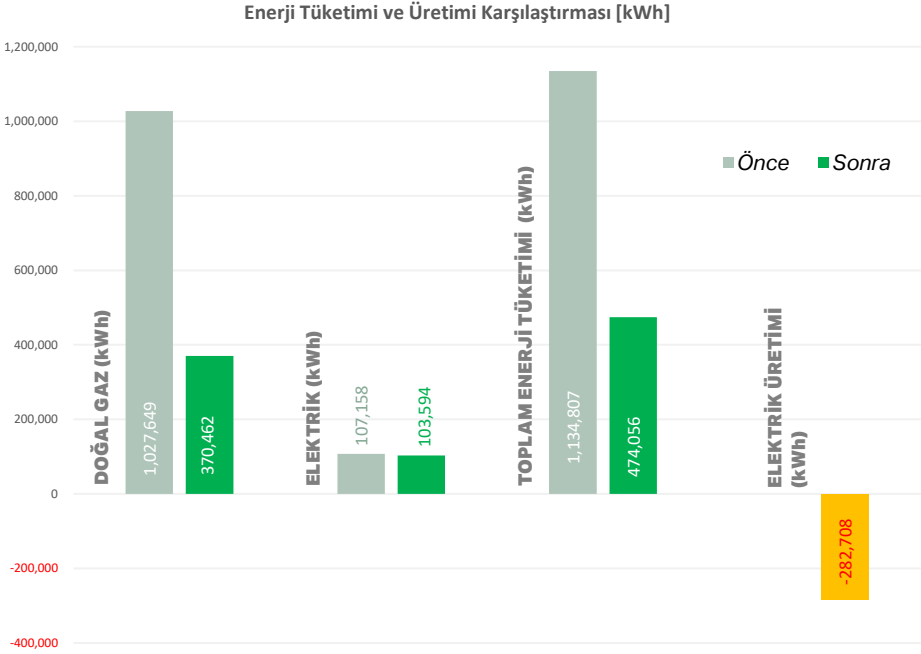
### Net Enerji Kullanımı ve Toplam Tasarruf [kWh]



Grafik 1. Net Enerji Kullanımı Karşılaştırması (Öncesi ve Sonrası) ve Toplam Tasarruf

Aşağıda, EVÖ'lerin hayata geçirilmesi öncesi ve sonrası doğal gaz ve elektrik enerjisi karşılaştırması ile yerinde yenilenebilir enerji üretimi sunulmaktadır. Üretilen enerjinin bir kısmı okul binalarının

kendi tüketimi için kullanılmaktadır. Üretilen enerjinin fazlası şebekeye geri gönderilerek çevredeki eğitim tesislerine gönderilmektedir.



*Grafik 2. Enerji Tüketimi ve Üretimi Karşılaştırması (Öncesi ve Sonrası)*

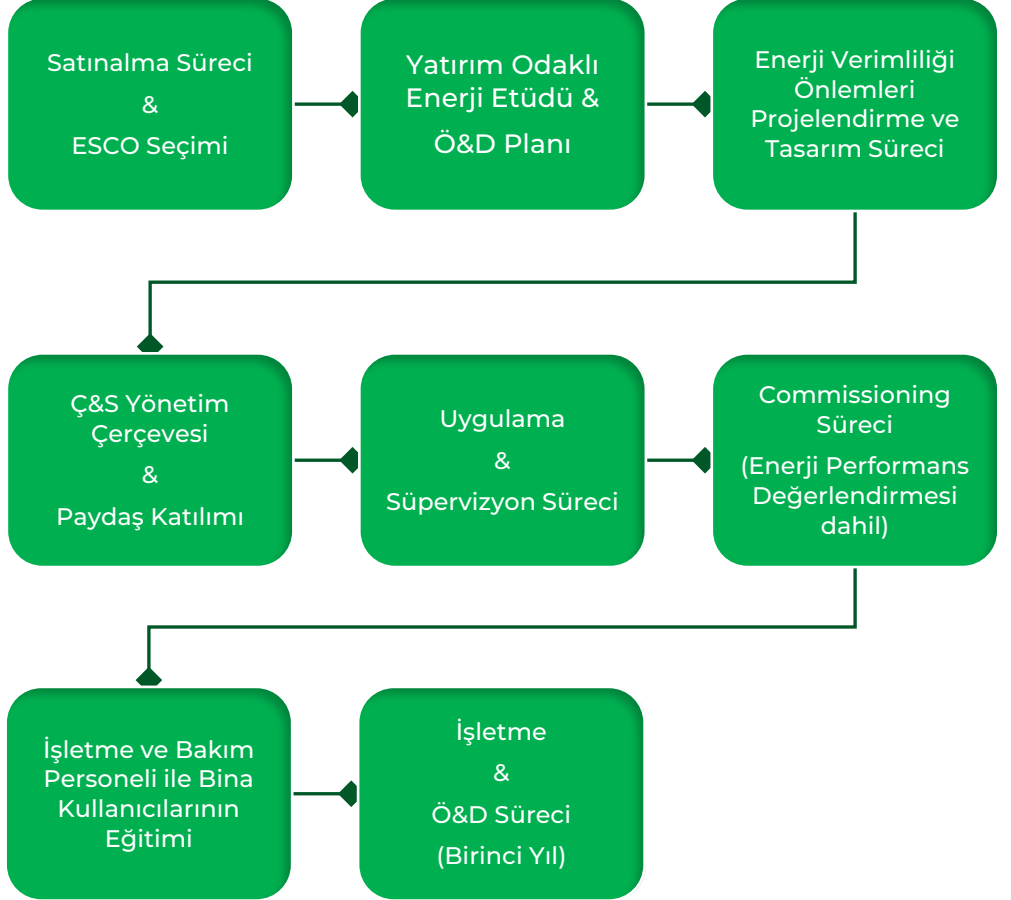
EVÖ'lerin uygulanması öncesi ve sonrası sera gazı emisyonları aşağıdaki grafikte gösterilmektedir. Çok yüksek miktarda enerji tasarrufu ve yerinde yenilenebilir enerji üretimi sayesinde, toplam sera gazı

emisyonları net sıfır karbon seviyesine düşürülmüştür ve bu da gelecekte net sıfır karbon hedefine ulaşılması açısından diğer eğitim tesisleri ve kamu binaları için iyi bir örnek teşkil edecektir.



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

## PROJE UYGULAMA SÜRECİ



**Şekil 1. KABEV Projesi Uygulama Süreci**



## Satınalma Süreci

Bursa Kız Lisesi, gerçek enerji verimliliği potansiyelini ve ilgili yatırımı ortaya çıkarmak için 2019 yılında yatırım yapılabilir seviyede bir enerji etüt çalışmasından geçmiştir.

YİGM tarafından, yatırım yapılabilir seviyedeki bu enerji etüdüne dayanarak, Türkiye'de bir pilot çalışma yapmak ve know-how ve deneyim geliştirmek için EPS (Enerji Performans Sözleşmesi) tipi ihaleye çıkılmasına karar verilmiştir.

Teklif veren ESCOs<sup>3</sup>, tekliflerinin asgari gereklilikleri karşılaması koşuluyla uygun gördükleri herhangi bir EVÖ'yü önermekte serbestti. Bu nedenle, EVÖ'ler saha ziyaretleri gerçekleştirmiş, kendi ön etütlerini yapmış ve 2019 yılında gerçekleştirilen enerji etütlerinde ele alınan EVÖ'lere ek olarak ilave enerji verimliliği önlemleri (EVÖ) geliştirmiştir. İstekliler, yıllık enerji ve maliyet tasarrufları, basit geri ödeme süresi, IRR ve 20 yıllık net bugünkü değer (NPV) ile birlikte bir dizi EVÖ önermiştir. Bir yatırımın net bugünkü değeri büyük ölçüde enflasyon, enerji birim maliyeti, iskonto oranı gibi parametrelere bağlıdır. Dolayısıyla tüm isteklilerin tekliflerini sunarken aynı parametreleri kullanmaları için tüm bu değişkenler ihale dokümanının bir parçası olarak sunulmuştur.

En yüksek NPV'ye sahip teklifin, aşağıdaki minimum gerekliliklerin karşılanması koşuluyla ihaleyi kazanması gerekiyordu:

- EVÖ'ler ve ilgili hesaplamalar makul olmalı,
- Minimum %50 enerji tasarrufu sağlanmalı,
- Maksimum 15 yıllık basit geri ödeme süresi olmalı

### ESCO nedir?<sup>4</sup>

*Bir ESCO, enerji verimliliği projelerinin (ve aynı zamanda yenilenebilir enerji projelerinin) uygulanmasını da içerebilecek ve çoğu durumda anahtar teslimi olarak enerji hizmetleri sunan bir şirkettir. Bir ESCO'nun üç temel özelliği şunlardır:*

- ESCO'lar enerji tasarrufunu ve/veya aynı düzeyde enerji hizmetinin daha düşük maliyetle sağlanmasını garanti eder. Performans garantisi çeşitli şekillerde olabilir. Bir projeden elde edilen enerji tasarrufunun fiili akışı etrafında dönebilir, enerji tasarrufunun aylık borç hizmeti maliyetlerini geri ödemeye yeteceğini veya aynı düzeyde enerji hizmetinin daha az parayla sağlanacağını şart koşabilir.
- ESCO'ların ücretleri doğrudan elde edilen enerji tasarrufuna bağlıdır;
- ESCO'lar bir tasarruf garantisi sağlayarak bir enerji sisteminin işletilmesi için finansman sağlayabilir veya finansmanın düzenlenmesine yardımcı olabilir.

*Bu nedenle, ESCO'lar bir kullanıcının tesisinde enerji verimliliğinin iyileştirilmesi için bir dereceye kadar risk kabul etmekte ve sunulan hizmetler için ödemelerini (tamamen veya en azından kısmen) bu enerji verimliliği iyileştirmelerinin başarılmasına dayandırmaktadır.*

Bu, Türkiye'de kamu sektöründe bir ESCO tarafından yürütülen ilk enerji performans sözleşmesi (EPS) olduğundan, potansiyel isteklileri ve potansiyel EVD'leri teşvik etmek amacıyla ödemeler kısmen elde edilen tasarruflara dayandırılmıştır. Dolayısıyla, ESCO'nun enerji maliyeti tasarruflarını yararlanıcı devlet okuluyla paylaşmak yerine, yatırım tutarı belirli aşamalara göre ESCO'ya ödenecektir. Yatırım tutarının tamamının ödeme aşamaları aşağıdaki gibidir:

- ESCO tarafından güncellenmiş yatırım yapılabilir enerji denetim raporunun sonuçlandırılması üzerine %5,

<sup>3</sup> ESCO: Enerji Hizmet Şirketi

<sup>4</sup> <https://e3p.jrc.ec.europa.eu/node/190>

- EVÖ'lerin tasarım dokümantasyonunun tamamlanması üzerine %10,
- EVÖ uygulamasının tamamlanmasının ardından %50,
- Devreye almanın tamamlanmasından sonraki iki hafta içinde uygulanan EVÖ'lerin hızlı enerji performansı değerlendirmesi üzerine %15,
- Elde edilen enerji tasarrufuna bağlı olarak toplam sözleşme tutarının %20'si.

Sonuç olarak, ödemelerin %65'i girdi bazlı, %35'i ise enerji performansı/tasarrufuyla bağlantılıydı. Genel olarak, ödemelerin %80'i başarılı devreye alma sonrasında yapılmış ve ödemelerin geri kalan %20'si 12 aylık Ö&D döneminin sonunda yapılmıştır.

En yüksek NPV'ye sahip teklif, hem YİGM uzmanları hem de harici teknik danışman tarafından incelenmiştir. Son olarak, teklif uygun bulunmuş ve teklif veren ile sözleşme imzalanmıştır.

En yüksek NPV'ye sahip teklif aşağıdaki EVÖ'leri içermektedir:

#### No Enerji Verimliliği Önlemi (EVÖ)

|   |                                                                |
|---|----------------------------------------------------------------|
| 1 | Bina yalıtım uygulaması ve pencere/kapı değişimi               |
| 2 | Kazan değişimi                                                 |
| 3 | Radyatörlerde ve VSD sirkülasyon pompalarında termostatik vana |
| 4 | Kazan dairesi mekanik tesisat izolasyonu                       |
| 5 | Isıtma sistemi otomasyonu                                      |
| 6 | Sıcak su için güneş enerjili sıcak su paneli uygulaması        |
| 7 | LED ampuller ve aydınlatma sistemi otomasyonu                  |
| 8 | Çatı üstü güneş fotovoltaik sistemi                            |
| 9 | Enerji izleme sistemi                                          |

**Tablo 4. Önerilen EVÖ'ler**

## Enerji Etüdü

Sözleşme şartlarına göre, yüklenicinin (ESCO) ISO 50002'ye dayalı olarak nihai bir yatırım derecesi denetimi yapması ve bir enerji denetim raporu sunması gerekiyordu.

Aşağıdaki sistemler ESCO tarafından hem verimlilik hem de konfor iyileştirme açısından 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 izolasyonu
- Güneş enerjili sıcak su sistemi
- Aydınlatma sistemi
- Elektrik altyapısı ve kompanzasyon sistemi
- Güneş fotovoltaik sistemi
- Dağıtılmış enerji üretim sistemleri (kojenerasyon, trijenerasyon, biyokütle vb.)
- Isı pompaları (hava, su, toprak kaynaklı)
- Bina enerji izleme ve otomasyon sistemleri

Enerji denetimi sonucunda önceki EVÖ'ler yeniden gözden geçirilmiş ve aşağıda vurgulanan EVÖ'ler eski önlemlerin yerini almıştır:

#### No Enerji Verimliliği Önlemi (EVÖ)

|   |                                                                |
|---|----------------------------------------------------------------|
| 1 | Bina yalıtım uygulaması ve pencere/kapı değişimi               |
| 2 | Kazan değişimi                                                 |
| 3 | Radyatörlerde ve VSD sirkülasyon pompalarında termostatik vana |
| 4 | Kazan dairesi mekanik tesisat izolasyonu                       |
| 5 | Isıtma sistemi otomasyonu                                      |

| No | Enerji Verimliliği Önlemi (EVÖ)                                                                                                         |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  | <i>Güneş PV sistemi tarafından desteklenen ısı pompası uygulaması (önceden sıcak su için güneş enerjili sıcak su paneli uygulaması)</i> |
| 7  | <i>Dış aydınlatma için LED ampullerin değiştirilmesi (önceden LED ampuller ve aydınlatma sistemi otomasyonu)</i>                        |
| 8  | <i>Çatı üstü güneş fotovoltaik sistemi uygulaması</i>                                                                                   |
| 9  | <i>Enerji izleme sistemi ve elektrik kompanzasyon sisteminin yenilenmesi (daha önce önerilmemiştir)</i>                                 |

**Tablo 5. Nihai EVÖ'ler**

Son enerji etüdü ihaleden neredeyse bir yıl önce yapıldığından, birkaç enerji verimliliği önleminin artık geçerli olmadığı tespit edilmiştir, çünkü okul yönetimi bu önlemi zaten ya tamamen ya da kısmen uygulamıştır. Örneğin EPS ihalesi sonuçlanana kadar iç aydınlatma armatürleri LED ampullerle değiştirilmiştir. Bu nedenle, ihaleyi kazanan ESCO şirketi, iç aydınlatma sistemi enerji verimliliği önlemini dış aydınlatma ampullerinin değiştirilmesi olarak revize etmek zorunda kalmıştır.

Bir diğer revizyon ise güneş enerjili sıcak su paneli uygulamasının, güneş fotovoltaik sistemi destekli ısı pompası uygulamasıyla değiştirilmesiydi. Okulun çatısı fotovoltaik panellerle kaplanacak ve böylece okul kampüsünün tüm elektrik tüketimine karşılık gelecek ücretsiz yenilenebilir enerji üretimi sağlanacaktı. Elektrik tüketimi tamamen güneş fotovoltaik sisteminden sağlanacağından, hem destek ısıtma sistemi hem de kullanım sıcak suyu sistemi için bir ısı pompası uygulamasının benimsenmesi düşünülmüştür. Doğalgaz kazanlarında fosil yakıt kullanımını azaltarak ısıtma amaçlı nihai kullanımdan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasını sağlayacak ve elektrik

tüketimi hem ücretsiz hem de sıfır emisyonlu olacaktır çünkü elektriği yerinde çatı üstü güneş fotovoltaik panelleri tarafından üretilecektir.



**Resim 1. Bina Cephesi – Öncesi ve Sonrası**



**Resim 2. Bina çatısı - Öncesi ve Sonrası**

Daha önce dikkate alınmayan bir önlem, elektrik kompanzasyon sistemi olarak EVÖ'ler setine eklenmiştir, çünkü okul son zamanlarda reaktif güç eşiğini aşması nedeniyle elektrik şebekesi operatöründen ceza ücretleri almaya başlamıştır. Kompanzasyon sistemi, elektrikli cihazların emniyetli ve güvenilir bir şekilde çalışması için bir gereklilik olduğundan, bu önlem doğrudan enerji verimliliği sağlamasa da projeye eklenmiştir.



Resim 3. Bina pencereleri - Öncesi ve Sonrası

Önemli bir açıklama, birbirleri üzerinde sonuçsal etkileri olan bir dizi enerji verimliliği önleminin bulunduğu EVÖ'lerin çapraz etkisine ilişkindir. Örneğin, bina kabuğu yalıtımı bir EVÖ olarak öneriliyorsa, kazan yenileme EVÖ'sünün enerji tasarrufu hesaplaması üzerinde bir etkisi olacaktır çünkü bina kabuğu yalıtım önlemi bir binanın genel ısıtma talebini azaltacak ve sonuç olarak kazan yenileme önleminde bağımsız olarak o binanın ısıtma enerjisi tüketimini azaltacaktır. Bu nedenle, enerji verimliliği önlemleri bir dizi eylem veya paket halinde bir arada sunulurken, EVÖ'lerin kendi aralarındaki çapraz etkileri dikkate alınacak ve çapraz etki olgusuna göre enerji tasarrufu hesaplamaları yapılacaktır.



Resim 4. Çatı üstü güneş fotovoltaikleri (PV)

Bursa Kız Lisesi enerji verimliliği projesinde, bina kabuğu yalıtımı ve pencere değişimi önleminin ısıtma enerjisi nihai kullanımı ile ilgili diğer önlemler üzerindeki çapraz etkileri dikkate alınmış ve enerji tasarrufu hesaplamaları sırasında dikkate alınmıştır.



*Resim 5. Güneş PV sistemi ile desteklenen ısı pompası uygulaması*

## Tasarım Dokümantasyonu

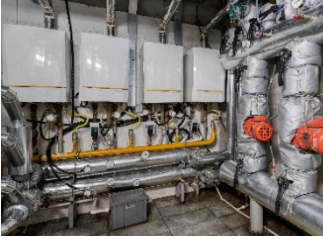
Enerji verimliliği yenileme projeleri, yeni bir bina tasarım sürecinde gerektiği gibi tam teşekküllü bir tasarım geliştirme süreci gerektirmez. Binanın tamamı ve tüm sistemlerinden ziyade, enerji verimliliğini ve konforunu iyileştirmek için müdahalenin gerekli olduğu belirli sistemler veya bileşenler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

- Çevresindeki yardımcı bileşenlerle birlikte yenilenecek veya yenilenecek mevcut sistemin genel görünümü,
- Önerilen tasarımın planları ve şemaları (iyileştirilmiş durum),
- Tasarımcının tasarım planları ve şemaları üzerindeki notları ve yorumları, EVÖ'yi, 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'nün asgari gereklilikleri ve beklentileri temel alınarak bir tasarım kılavuzu<sup>5</sup> geliştirilmiştir. Tasarımcılar tasarım planlarını ve belgelerini geliştirirken bu kılavuzu takip etmişlerdir.

<sup>5</sup> [https://www.kabev.org/en/wp-content/uploads/2022/03/TASARIM\\_EL\\_KITABI.pdf](https://www.kabev.org/en/wp-content/uploads/2022/03/TASARIM_EL_KITABI.pdf)





*Resim 6. Kazan Dairesi (Kazanlar, Pompalar, Yalıtım) - Öncesi ve Sonrası*



*Resim 7. Kazan Dairesi (Kazanlar, Pompalar, Yalıtım) - Öncesi ve Sonrası*

Bursa Kız Lisesi enerji verimliliği çalışmaları EPS formatında uygulandığından tasarım dokümantasyonu ESCO tarafından yapılmış ve nihai onay için YİGM'ne sunulmuştur. Bu tasarım sunumu ve onay süreci, ESCO (yüklenici) ve YİGM (müşteri) için enerji verimliliği önlemlerinin uygulama çalışmalarının kapsamının karşılıklı olarak anlaşılmasını sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Örneğin, aydınlatma ampulleri EVÖ olarak değiştirilecek, ancak aydınlatma armatürleri de değiştirilecek mi veya aydınlatma armatürlerinin monte edildiği tavan boyanacak mı? Bu tür olası çelişkileri ortadan kaldırmak için tasarım çalışmaları EPS formatında uygulandığından dokümantasyonu, işlerin kapsamı ve uygulama çalışmalarının amacı hakkında net bir resim sunmalıdır.



Bu nedenle ESCO, saha uygulama çalışmaları başlamadan önce tasarım dokümantasyonunu sağlamıştır. YİGM onayına istinaden saha çalışmalarına başlamıştır.



Resim 8. Termostatik Vanalar – Öncesi ve Sonrası

## İnşaat ve Kontrol Süreci

Tasarım dokümantasyonunun tamamlanmasının ardından inşaat ve kontrollük çalışmalarına başlanmıştır. Bu bir enerji performans sözleşmesi (EPS) olduğundan, tüm inşaat işleri enerji hizmet şirketi (ESCO) tarafından yürütülmüştür. ESCO ihale sürecinden önce seçilen ve YİGM'nin danışmanı olarak çalışan süpervizyon danışman şirketi tüm süpervizyon işlerini yürütmüştür.

*İnşaat sürecinden önce, Bursa Kız Lisesi<sup>6</sup> projesinin çevresel ve sosyal yönetim planı, genel KABEV projesinin çevresel ve sosyal çerçevesi<sup>7</sup> temel alınarak geliştirilmiştir. Okul yönetimi, öğretmenler, öğrenci konseyi, mahalle toplumu gibi ilgili tüm paydaşlarla paydaş katılım toplantıları gerçekleştirilmiştir.*

Paydaş katılımını daha da geliştirmek ve okul öğrencileri arasında farkındalığı artırmak amacıyla, dış cephe boya renkleri öğrencilere sorulmuş ve öğrenciler çeşitli alternatif dış cephe boya renkleri arasından oylama yapmıştır.



<sup>6</sup> <https://www.kabev.org/wp-content/uploads/2021/09/kabev-1b-epc-works-01-csyp-bursa-kiz-lisesi-20210304092259-1.pdf>

<sup>7</sup> KABEV Projesinin Çevresel ve Sosyal Çerçevesi: <https://www.kabev.org/cevresel-sosyal-yonetim/>



Resim 9. Paydaş toplantısı ve cephe boyası rengi oylaması



Resim 10. Bina yalıtım uygulaması



Picture 11. Eski kazan demontajı ve yeni kazan dairesi montajı

## Devreye Alma Süreci

Özellikle enerji verimliliği odaklı bir projede sistemlerin devreye alınması önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle sistemlerin sadece işlevsel düzeyde değil, enerji performansı açısından da devreye alınması ve test edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bir enerji performansı sözleşmesi olduğu için, beklenen enerji tasarrufunun sağlanıp sağlanmadığının ve devreye almanın bu konuda çok önemli bir role sahip olup olmadığının öğrenilmesi özellikle önemliydi.

Bu nedenle, yenilenen sistemlerin hızlı enerji değerlendirmesini vurgulayan bir devreye alma kılavuzu <sup>8</sup>, uygulama

yüklenicilerine ve denetim danışmanlarına rehberlik sağlamak amacıyla YİGM tarafından geliştirilmiştir. Bu kılavuza dayanarak, devreye alma süreci gözetim danışmanı tarafından denetlenmiş ve ESCO tarafından yürütülmüştür.

Proje uygulamasının ilk performans değerlendirmesi için hızlı enerji değerlendirmesi kullanılmıştır. Amaç, enerji performansına ve enerji denetim hedeflerine uygunluğuna ilişkin sistem davranışının ilk göstergesini elde etmektir.

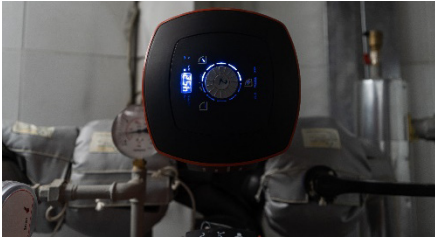
Ön işlevsel kontroller ve işlevsel performans testleri gerçekleştirilmiş ve son olarak uygulanan EVÖ'lerin hızlı enerji değerlendirmesi önceden tanımlanmış test metodolojileri ile yürütülmüştür. Bazı testler, sistemin karmaşıklığına veya dış ortam sıcaklığına veya test tarihinin mevsimine bağlı olarak teknik veri sayfalarına göre nokta ölçümleri ve bu nokta ölçümlerine ve varsayımlara dayalı ek hesaplamalar şeklinde yapılmıştır. Spot ölçümler arasında baca gazı analizi ve buna bağlı olarak yeni kazanların ısı verimliliği, yeni sirkülasyon pompalarının güç tüketimi, ısı pompasının COP'si, LED ampullerin etkinliği vb. yer almıştır.

Hızlı enerji değerlendirme yöntemleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

| No | Enerji Verimliliği Ölçümü (EVÖ)                  | Performans Testi Yöntemi                                                                 |
|----|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Bina yalıtım uygulaması ve pencere/kapı değişimi | Termal kamera ile termal inceleme ve U değeri ölçüm cihazı ile U değerinin hesaplanması. |

| No | Enerji Verimliliği Ölçümü (EVÖ)                              | Performans Testi Yöntemi                                                                                                    |
|----|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2  | Kazan değişimi                                               | Baca gazı analizörü ölçümü ve kazan yüzeylerinin termal kamera ile olarak incelenerek sistem verimliliğinin hesaplanması.   |
| 3  | Radyatörler ve VSD sirkülasyon pompalarında termostatik vana | Ultrasonik debimetre ile akış ölçümü ve çeşitli yük koşullarında sirkülasyon pompalarının güç ölçümü. (%25, %50, %75, %100) |
| 4  | Kazan dairesi mekanik tesisat izolasyonu                     | Termal kamera ile termal muayene sonuçları ile kayıpların hesaplanması.                                                     |
| 5  | Isıtma sistemi otomasyonu                                    | Otomasyon sisteminin tüm noktalarının testi (Analog Giriş, Analog Çıkış, Dijital Giriş, Dijital Çıkış noktaları)            |
| 6  | Güneş PV sistemi ile desteklenen ısı pompası uygulaması      | Ultrasonik debimetre ve güç analizörü aracılığıyla COP&EER hesaplaması                                                      |
| 7  | Dış aydınlatma için LED ampullerin değiştirilmesi            | Güç analizörü ile bitişik ölçüm (ampullerin güç ölçümünden önce ve sonra)                                                   |
| 8  | Çatı üstü güneş fotovoltaik sistemi uygulaması               | Fotovoltaik panel verimliliğinin pironometre ve güç analizörü ile belirlenmesi                                              |

Testler tamamlandıktan ve hızlı enerji değerlendirme sonuçlarını içeren nihai devreye alma raporu sunulduktan sonra, YİGM sunulan raporu teknik danışmanı aracılığıyla incelemiştir. Hızlı enerji değerlendirmesi sonuçları gözden geçirildi ve önerilen EVÖ'lerin enerji tasarrufu hesaplamalarının varsayımları veya parametreleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar genel olarak EVÖ'lerin varsayımları veya beklenen çıktı parametreleriyle tutarlıydı ve bu nedenle sunulan devreye alma raporu YİGM tarafından onaylanmıştır.



*Resim 12. Isıtma otomasyon sistemi ve ilgili ekipmanlar, sensörler ve vanalar*

## Ölçme ve 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 İ&D kılavuzu<sup>9</sup> geliştirilmiş ve KABEV'in web sitesinde yayınlanmıştır. Ö&D planı, üç aylık Ö&D raporları ve ilk yılın sonundaki nihai Ö&D raporu, bu Ö&D kılavuzuna dayanarak ESCO tarafından hazırlanmıştır.

Her bir EVÖ için tasarrufların nasıl doğrulanacağını, referans enerji tüketiminin (veya temel çizginin) nasıl ayarlanacağını açıklayan Ö&D Planı ESCO tarafından hazırlanmış ve onay için YİGM'ne sunulmuştur. Planda tasarrufların doğrulanma yöntemi, alınması gereken önemli önlemler, bu faaliyetlerin zamanlaması, tarafların görev ve sorumlulukları ile bu süreç için kalite güvencesinin nasıl sağlanacağı yer almıştır. Bursa Kız Lisesi ESCO projesi için ölçüm ve doğrulama yöntemi tablosu Tablo 7'deki gibi olmuştur.

<sup>9</sup> <https://www.kabev.org/en/wp-content/uploads/2021/11/OLCME-VE-DOGRULAMA-KILAVUZU.pdf>



| No | Enerji Verimliliği Önlemi (EVÖ)                                | Ö&D Seçeneği          |
|----|----------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1  | Bina yalıtım uygulaması ve pencere/kapı değişimi               |                       |
| 2  | Kazan değişimi                                                 |                       |
| 3  | Radyatörlerde ve VSD sirkülasyon pompalarında termostatik vana | Doğalgaz<br>Seçenek C |
| 4  | Kazan dairesi mekanik tesisat izolasyonu                       |                       |
| 5  | Isıtma sistemi otomasyonu                                      |                       |
| 6  | Güneş PV sistemi ile desteklenen ısı pompası uygulaması        |                       |
| 7  | Dış aydınlatma için LED ampullerin değiştirilmesi              | Elektrik – Seçenek A  |
| 8  | Çatı üstü güneş fotovoltaik sistemi uygulaması                 | Elektrik – Seçenek B  |

Tablo 6. IPMVP Seçenek Tablosu

Ö&D Raporunun hazırlanması için gerekli ölçümler üçer aylık dönemler itibarıyla gerçekleştirilmiştir. Denetim danışmanı, başlangıç ve nihai enerji faturalarını, derece günlerine (HDD ve CDD) ilişkin ayarlamaları, işletme kullanımındaki değişiklikleri, enerji fiyatlarındaki değişiklikleri, doluluk oranlarını vb. karşılaştırmış ve son olarak raporu YİGM'ne sunulmak üzere onaylamıştır.

Nihai Ö&D raporu yenileme çalışmalarının tamamlanmasından bir yıl sonra hazırlanmıştır. YİGM, rapora ilişkin birkaç revizyon talebinin ardından Ö&D raporunu inceleyip onaylamıştır. Revizyon talepleri, bu tür bir Ö&D sürecinin Türkiye'de kamu sektöründe ilk kez gerçekleştirilmesinden kaynaklanmıştır. Ö&D raporu, gerçek enerji tüketimini IPMVP'ye göre gerekli düzenlemelerin yapıldığı referans enerji tüketimiyle karşılaştırarak gerçekleştirilen 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.



Resim 13. LED dış aydınlatma ampulü ve Kompanzasyon, ana dağıtım kontrol panellerinin değiştirilmesi



## PERFORMANS SONUÇLARI

| Öge / Konu                                      | Öncesi           | Sonrası        | Tasarruflar      | Tasarruf %    |
|-------------------------------------------------|------------------|----------------|------------------|---------------|
| <b>Doğalgaz Tüketimi [kWh]</b>                  | 1.027.649        | 370.462        | 657.187          | %64,0         |
| <b>Elektrik Tüketimi [kWh]</b>                  | 107.158          | 103.594        | 3.564            | %3,3          |
| <b>Toplam Enerji Tüketimi [kWh]</b>             | 1.134.807        | 474.056        | 660.751          | %58,2         |
| <b>Yenilenebilir Enerji Üretimi [kWh]</b>       | 0                | -282.708       |                  | (-%24,9)      |
| <b>Net Enerji Kullanımı [kWh]</b>               | <b>1.134.807</b> | <b>191.348</b> | <b>943.459</b>   | <b>%83,1</b>  |
| <b>Enerji Maliyeti [TL]</b>                     | <b>1.295.623</b> | <b>56.402</b>  | <b>1.239.221</b> | <b>%95,6</b>  |
| <b>Sera Gazı Emisyonu [ton CO<sub>2e</sub>]</b> | <b>292,3</b>     | <b>0,0</b>     | <b>292,3</b>     | <b>%100,0</b> |
| <b>Karşılık Gelen Ağaç Sayısı [adet]</b>        |                  |                | <b>13.428</b>    |               |

Nihai Ö&D raporu aşağıdaki enerji performansı grafikleriyle sonuçlandırılmıştır. Binaın temel enerji tüketimi, yetersiz ısıtma durumunda bile 1.134.807 kWh/yıl'dı. Çatıda güneş enerjisi üretimi olmadan enerji kullanımı 474.056 kWh/yıla düşürülerek %58,2 tasarruf sağlanmıştır. Çatı üstü güneş enerjisi üretimi genel enerji kullanımı hesaplamalarına dahil edildiğinde, 1.159.420 kWh/yıl ± 226.675 kWh/yıl beklenen enerji tasarrufuna kıyasla 943.459 kWh/yıl enerji tasarrufu (%83,1 tasarrufa karşılık gelir) sağlanarak beklenen tasarruf düzeyi karşılanmıştır.

Tasarruflardaki değişkenlik, pandemi sonrası bir alışkanlık olarak öğrencilerin ekstra dış hava havalandırma talebi nedeniyle ders aralarında pencerelerin kontrolsüz bir şekilde açılmasından kaynaklanmaktadır.

Okullardaki sınıflar gibi yoğun olarak kullanılan odalarda kontaminasyon riskini azaltmak için hükümet tarafından uygulanan önlemler nedeniyle, sınıf pencerelerinin

fazla açılması anlamına gelen ekstra havalandırma gerekmiş ve bu da pencerelerden nispeten daha yüksek doğal havalandırmaya yol açmıştır. Bu ekstra doğal havalandırma, ısıtma sisteminin daha yüksek bir ısıtma talebiyle daha fazla saat çalışmasına ve sonuçta EVÖ tasarruf hesaplamaları sırasında öngörülenden daha yüksek doğal gaz tüketimine neden olur.

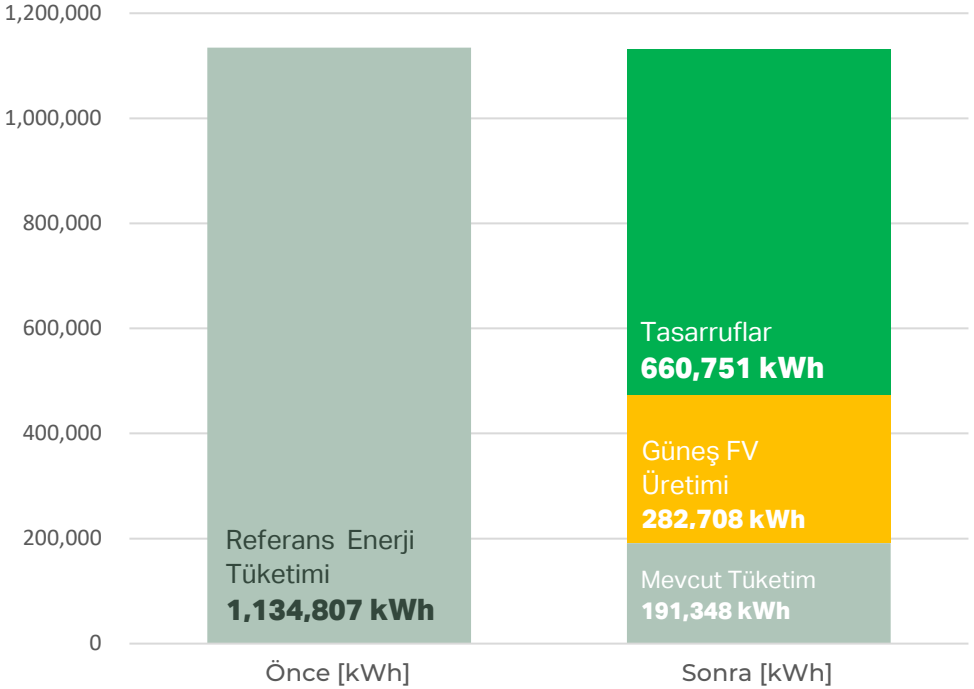
Beklenen ve gerçekleşen elektrik tasarrufları arasında bir farklılık var gibi görünmektedir, ancak bunun başlıca nedeni güneş fotovoltaik (PV) yenilenebilir enerji sistemi tarafından üretilen elektrik miktarıdır. Güneş PV sisteminin gerçekleşen enerji üretimi, toplam temel enerji tüketiminin %24,9'una (yukarıdaki tablo 3'te) karşılık gelirken, toplam temel enerji tüketiminin %27,6'sı (tablo 2'de) olarak beklenmekteydi. Bunun başlıca nedeni, elektrik dağıtım şirketinin idari prosedüründeki bir gecikme nedeniyle şebeke sistemine bağlanmanın beklenenden birkaç hafta daha uzun sürmesidir. Bu durum, güneş enerjisi sisteminin enerji üretmeye hazır olmasına rağmen birkaç hafta boyunca

çalışmamasına neden olmuştur. Gelecek yıl, kesinlikle simüle edilen miktarda enerji üretmesi beklenmektedir. Öte yandan, güneş PV sistemi olmadan gerçekleşen elektrik tasarrufu %3,3 iken (yukarıdaki tablo 3'te), beklenen elektrik tasarrufu %0,3'tür (tablo 2'de), bu da gerçekleşen

elektrik tasarrufunun beklenen elektrik tasarrufunun ötesine geçtiği anlamına gelmektedir.

Bina sakinlerinin tamamı, enerji verimliliği önlemleri uygulandıktan sonra termal konfor seviyesinden memnun kalmıştır.

### Net Enerji Kullanımı ve Toplam Tasarruf [kWh]

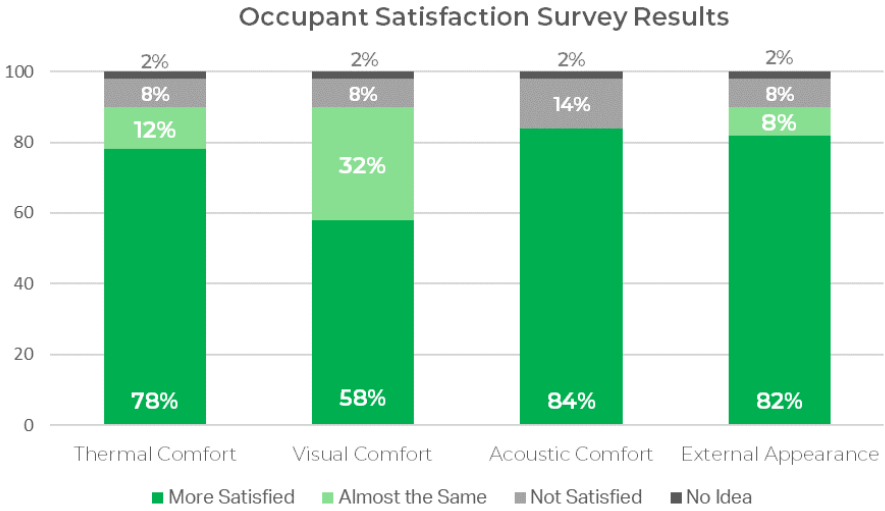


*Grafik 4. Enerji Genel Bakış: Referans Enerji Tüketimi - Enerji Tasarrufu - Güneş Enerjisi Üretimi = Mevcut Net Enerji Tüketimi*

## BİNA KULLANICI DENEYİMİ

Yenileme sürecinde kullanıcı önerileri, memnuniyet veya şikayet vakalarını toplamak için iki yöntem uygulanmıştır. Geri bildirimlerini değerlendirmek için 0,03 örnekleme hatasıyla 822 bina kullanıcısı arasından rastgele seçilen 450 kişi arasında yenileme öncesi ve sonrası anketler yapılmıştır.

Önerilerin ve geri bildirimlerin detaylandırılması yöntemi olarak memnuniyet anketleri seçilmiştir. Bina sakinlerinin memnuniyet oranları dört konfor kriteri (termal, görsel, akustik ve dış görünüm) için ölçülmüş ve sonuçlar aşağıda Grafik 5'te verilmiştir.



*Grafik 5. Kullanıcı Memnuniyeti Anketi Sonuçları*

## ÖĞRENİLEN DERSLER

Bursa Kız Lisesi enerji verimliliği iyileştirme projesi, bir EPS projesi olarak türünün ilk örneğidir ve proje uygulama birimi (YİGM), denetim danışmanı, yüklenici (ESCO), yararlanıcı (devlet okulu), yerel yönetim, okul konseyi vb. dahil olmak üzere tüm taraflar için birçok şey ilk kez deneyimlenmiştir. Bu nedenle, bu özel projenin sonucunda birçok ders öğrenilmiştir:



### **Enerji Performansı Sözleşme Yöntemi:**

Bursa Kız Lisesi enerji verimliliği yenileme projesinde enerji performans sözleşmesi (EPS) yönteminin seçilmesi aşağıdaki avantajları sağlamıştır:

- Denetim, tasarım ve gözetim hizmetleri için ek bir satın alma sürecinin bulunduğu geleneksel enerji verimliliği yenileme çalışmaları sürecine kıyasla zaman tasarrufu sağlamıştır. Geleneksel süreçte enerji etüt, tasarım ve kontrolörlük işlerini yapacak öncelikle bir danışman firmanın seçilmesi gerekmektedir. Tasarım süreci tamamlandıktan sonra uygulayıcı yüklenicinin seçimi için bir satın alma süreci daha gerçekleşir. Sonuç olarak EPS yöntemi, minimum enerji tasarrufu sağlama motivasyonuna sahip bir ESCO'nun gerçekleştirdiği enerji tasarrufuna ulaşmasında zaman tasarrufu sağlamıştır.
- Enerji denetiminden başlayarak tasarıma ve sonunda uygulamaya kadar süreç akışı basitleştirilmiştir. Tüm süreç ve performans sonuçlarından sorumlu tek taraf. Suçlanacak başka bir taraf ya da sorumluluğu reddedecek bir mazeret kalmamıştır. Aksi takdirde, enerji

denetimi ve tasarımı farklı bir tarafça gerçekleştirilecek ve uygulama yüklenicisi, performansın düşük olması veya enerji tasarrufunun sağlanamaması durumunda sorumluluğu tasarımcıya devretmek zorunda kalabilecektir.

- Enerji denetimi ve tasarım işlerinin tek bir taraf (yüklenici) tarafından, yani ESCO tarafından paket olarak yürütülmesi sayesinde toplam maliyet tasarrufu sağlanır.
- ESCO, ödemenin önemli bir kısmının enerji performansına bağlı olması nedeniyle tasarruf elde etme konusunda motivedir. Bu olgu, ayrıntılı, yüz sayfalık bir teknik şartname belgesinin zorunlu kılınmasına gerek kalmadan, nitelikli uygulama çalışmalarına ve daha yüksek performanslı ekipmanlara yol açmaktadır.

Bursa Kız Lisesi enerji verimliliği yenileme projesinde enerji performans sözleşmesi (EPS) yönteminin seçilmesi aşağıdaki dezavantajları sağlamıştır:

- Türkiye'de ESCO pazarı henüz başlangıç aşamasındadır ve bu nedenle yeterli sayıda nitelikli ve deneyimli ESCO'nun bulunmaması, satın alma sürecinde nispeten daha az rekabete yol açmaktadır. Bu nedenle, yerel ESCO'ların sürece daha aşina olmaları ve sürecin onlar için daha az bilinir hale getirilmesi amacıyla daha fazla enerji performans sözleşmesi yapılması gerekmektedir. Sonuç olarak, daha fazla şirket ESCO haline gelecek ve daha fazla şirket EPS ihalelerine girmeye istekli olacaktır.
- EPS konusunda deneyim ve bilgi eksikliği, risklerin hesaplanmasında zorluklara ve sonuçta yüklenicilerin EPS'yi devreye alma konusunda isteksizliğine yol açmaktadır. Daha

fazla enerji performans sözleşmesi ihalesi, sigorta ve finans kurumlarının yeni bir pazardan haberdar olmasını sağlayacak ve onları bir ESCO'nun risklerini sınırlayacak ürün ve hizmetler sunmaya teşvik edecektir. Bu da yüklenicilerin EPS'yi devreye alma konusundaki isteksizliğini azaltacaktır.

- Ölçüm ve doğrulama süreci bilgisinin eksikliği, minimum enerji tasarrufu sağlanması açısından algılanan risklerin gerçek risklerden daha yüksek olmasına yol açmakta, olası ESCO'ları katılım konusunda cesaretlendirmemekte ve satın alma sürecinde rekabeti azaltmaktadır. Sağlıklı işleyen bir ESCO pazarı için daha fazla Ö&D profesyoneline ihtiyaç vardır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, uluslararası Ö&D akreditasyon programlarından sertifikalı alan Ö&D profesyonellerinin akreditasyonunu kabul etmeyi değerlendirecektir.
- Özellikle bina EPS'si konusunda uzmanlaşmış yeterli sayıda kalifiye ve deneyimli teknik personelin bulunmaması, yüklenicilerin teknik riskleri ve işlerin karmaşıklığını gerçek risklerinden daha fazla algılamasına yol açmaktadır.
- Binalarda birbiriyle etkileşim halinde olan çok fazla sistem bulunmaktadır (ısıtma ve soğutma sistemli bina cephesi, soğutma sistemli aydınlatma sistemi vb.). Bu olgu, özellikle hali hazırda faaliyette olan bir binada enerji verimliliği önlemlerinin uygulanmasında ve ayrıca enerji tasarruflarının daha doğru hesaplanmasında nispeten daha fazla karmaşıklık yaratmaktadır. (Endüstriyel bir tesiste tek bir proسته yapılan ekipman veya sistem değişikliğinden farklı olarak.) Bu nedenle, ESCO projeleri, örneğin

cephe yalıtımı ve pencere değişimi içermeyen veya nispeten az sayıda önlem içeren daha az karmaşık önlemlere sahip bina enerji verimliliği yenileme projeleri arasında seçilebilir.



### **Enerji Etüt Süreci**

İhale kazanan ESCO'nun, görevlerinin bir parçası olarak, ihale sonrasında kendi yatırım yapılabilir seviye denetimini yapması ve YİGM onayına sunması gerekiyordu. Bu görev ESCO'lar tarafından ihaleden önce yapılabilirdi ve bunu ihale aşamasından önce çok daha hızlı ve verimli bir şekilde yapabilir ve EVÖ tekliflerini tekliflerinin bir parçası olarak sunabilirlerdi. Sonuç olarak, uygulama süresi için önemli bir zaman tasarrufu sağlanabilecektir.



### **Tasarım Dokümantasyon Süreci**

ESCO'nun tasarım belgelerini geliştirmesi ve YİGM onayına sunması gerekiyordu. ESCO tasarımı sahada kendisi uyguladığından, saha uygulama çalışmalarına başlamak için ESCO'nun ayrıntılı bir tasarım dokümantasyonu hazırlaması ve sunması gerekmeseydi, tüm ekipler için zaman ve enerji tasarrufu sağlanabilirdi. ESCO için, ekipmanların, malzemelerin ve sistemlerin kalitesini, verimliliğini, performansını ve özelliklerini tanımlayan ve EVÖ'lerin tasarım dokümantasyonunu geliştirirken YİGM'nün beklentilerini ve gereksinimlerini temsil eden açık ve ayrıntılı bir teknik şartname seti yeterli olacaktır.





### **Resmi İzinleri**

Elektrik şebekesi operatörünün resmi onay prosedüründen geçmesi gereken çatı üstü güneş PV sistemi gibi sistemler için resmi izin prosedürleri ihale öncesinde planlanabilir veya başlatılabilir. Sonuç olarak, şebeke bağlantısı için geçici kabul ve izin alınıp birkaç ay öncesinden yenilenebilir enerji üretimine başlanabilir.



### **Enerji Kapasitesi:**

ESCO, çatı üstü güneş enerjisi santrali kapasitesini, yıllık elektrik üretimi devlet okulunun yıllık elektrik tüketiminden fazla olacak şekilde tasarlamıştır, böylece üretilen fazla elektrik enerjisi şebekeye geri satılarak enerji verimliliği projesinin NPV'si maksimize edilmiştir. Ancak, lisanssız çatı üstü güneş enerjisi santrallerinin özü, binaların kendi tüketimi için enerji üretmektir. Limitin aşılması, lisanssız enerji üretim direktifinin asıl amacını tam olarak yansıtmamaktadır. Bu nedenle, bu projeden öğrenilen derslerin bir sonucu olarak, YİGM tarafından gelecekteki projeler için çatı üstü veya otopark kanopi güneş PV santrali kapasitelerinin yıllık öz tüketim düzeyiyle sınırlandırılmasına karar verilmiştir.



### **İhale Şartları:**

Nispeten gelişmemiş bir ESCO pazarında, hem yerel hem de uluslararası ESCO'lardan daha fazla ilgi çekmek için ihalenin mali hüküm ve koşulları daha esnek ve cazip olabilirdi.

Bu ihalenin mali koşulları, hem uluslararası para birimlerine karşı döviz kuru riskleri hem de yüksek yerel enflasyon nedeniyle yüksek baskı altında olan yerel para birimi cinsinden sabit fiyatlara sahipti ve uygulama döneminde tüm genel giderler, genel yönetim, malzeme ve işçilik maliyetlerinin tahmin edilmesini zorlaştırıyordu. Bu nedenle, ihale fiyatları, en azından ekipman ve malzemelerdeki fiyat dalgalanmalarını sınırlandıracak ve ilgili isteklilerde daha az risk algısına yol açacak uluslararası düzeyde daha istikrarlı para birimleri üzerinden yapılabilir. Daha fazla uluslararası ESCO'yu çekerek yerel para birimi döviz kuru ve yüksek yerel enflasyon risklerini düşünmemelerini sağlayacaktır. Yerel para birimi bazında yurtiçi maliyetlere ilişkin risklerin sınırlandırılması için ihale mali şartlarına bir fiyat ayarlama mekanizması da dahil edilebilir. Bu durum, ihalenin mali açıdan risk algısını azaltacak ve ilgili ESCO'ların tüm dikkatlerini ihalenin daha teknik yönlerine çevirmelerine yol açacaktır.