



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

ÖRNEK BİR YEŞİL YERLEŞİMDE ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON SALIMINI MAKSİMUM DÜZEYDE AZALTMAK İÇİN BİR YAKLAŞIM ÖNERİSİ

**ECE KALAYCIOĞLU
A. ZERRİN YILMAZ
İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

ÖRNEK BİR YEŞİL YERLEŞİMDE ENERJİ TÜKETİMİ VE KARBON SALIMINI MAKSİMUM DÜZEYDE AZALTMAK İÇİN BİR YAKLAŞIM ÖNERİSİ

An Approach to Obtain Maximum Decrease in Energy Efficiency and Carbon Emissions in a Case Green Settlement

Ece KALAYCIOĞLU
A. Zerrin YILMAZ

ÖZET

2010 yılında yayınlanan Avrupa Birliği Direktifi EPBD 2010/31/EU, enerji performansı analizlerine maliyet kavramını eklemiş ve üye ülkelerde 2020'den itibaren, yeni yapılacak tüm binaların yaklaşık sıfır enerji binası olmasını zorunlu kılmıştır. Avrupa Birliği'ne aday üye olan ülkemizde de, yapılan araştırma çalışmaların yanı sıra, binalarda enerji performansı yönetmeliği ve bina enerji sertifikasyon sistemleri uygulamaya girmiştir. Ancak, yaklaşık sıfır enerji binaları hedefi ve buna bağlı olarak karbon salımlarında azaltım elde etme hedefleri, yenilenebilir enerji sistemleri gibi, yüksek maliyetli uygulamaları gerekli kılabilir. Her ne kadar Avrupa Konseyi (European Commission) 'nin önerdiği bina enerji verimliliği hesap metodu 'global maliyet' kavramını içerse de, yüksek yatırım maliyetleri bina uygulama aşamalarında problem olabilecektir. Bu çalışmada, maliyetler ve maliyete bağlı sektörel engeller gözetilerek binalarda mümkün olabilecek en yüksek enerji verimliliğine odaklanılmıştır. Bu sebeple, yaklaşık sıfır enerji seviyesi tanımının, daha ileri enerji verimliliği önlemleri uygulayabilmek adına, bina seviyesinden yerleşim seviyesine taşınması önerilmiştir. Bu önlemler arasında, enerji taşıma kayıplarını azaltacak şekilde bölgesel ısıtma ve soğutma sistemleri ve yine bölgesel yenilenebilir enerji sistemleri sıralanabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bina Enerji Verimliliği, Yaklaşık Sıfır Enerji Bina, Bölgesel Enerji Sistemleri.

ABSTRACT

European Union Directive 2010/31/EU (EPBD Recast) has introduced the cost considerations into the energy performance calculations and has obliged the Member States (MS) that by the end of 2020 all new buildings should be nearly zero energy buildings. In our country, which is a candidate to European Union, building energy performance regulation and building energy certification system is already on use. On the other hand, reaching nearly zero energy level buildings and dependently the decrease in carbon emissions may require high-cost measures, such as renewable energy systems. Even though the proposed energy efficiency calculation method by European Commission uses the 'global cost', high investment costs may cause a conflict in building construction phases. This paper focuses on the highest possible energy saving for building sector while considering the costs and market barriers. For this purpose, nearly zero energy level definition is proposed to be carried to district level to be able to introduce further energy efficiency measures, such as district heating/cooling systems diminishing the heat losses from region to smaller district area and district level renewable energy system additional to in-situ systems.

Key Words: Building Energy Efficiency, Nearly Zero Energy Building, District Energy Systems.

1. GİRİŞ

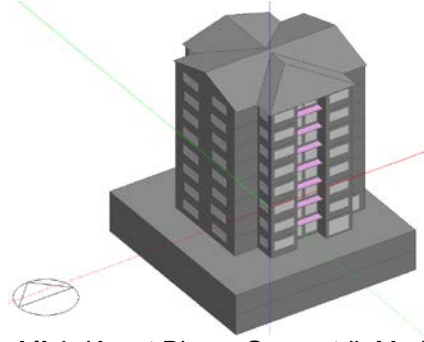
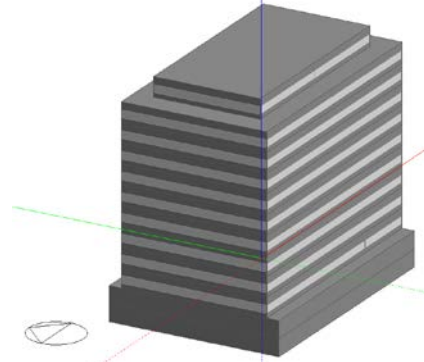
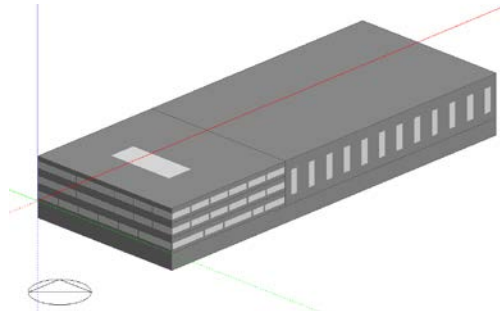
Ülkemizde ve dünya genelinde, enerji tüketiminin büyük bir payının binalardan kaynaklandığı gözönünde bulundurularak, bina enerji performansı konusunda bir çok çalışma yapılmaktadır. Son yıllarda ülkemizde de, akademik çalışmaların yanısıra, binalarda enerji performansı yönetmeliği ve sertifikasyon sistemleri yayınlanmıştır. Bu çalışmanın amacı ise, bina ölçeğinde elde edilen enerji performansı artışı ve buna bağlı karbon salımı azaltım değerlerinin yerleşim ölçeğinde değerlendirilmesi ve yerleşim ölçeğini de kapsayacak enerji tüketimi iyileştirme senaryoları geliştirerek, enerji tüketimini maksimum düzeyde azaltacak yöntemlerin araştırılmasıdır. Bu amaçla, Eskişehir ikliminde örnek bir yeşil yerleşim senaryosu geliştirilmiş ve bu yerleşimde yer alacak binaların ilk aşamada tekil olarak enerji performansları iyileştirilmiştir. Sonraki aşamada ise bölgesel ısıtma, soğutma sistemleri, yenilenebilir sistemler ve atık ısı kullanımı potansiyelleri üzerinde analizler yapılmıştır.

2. YÖNTEM

Avrupa Birliği direktifi EPBD 2010/31/EU [1], binalarda enerji performansı hesaplamalarında maliyet optimum enerji seviyesi ve yaklaşık sıfır enerji seviyesi tanımlarını getirmiştir. Direktif'te yapılan tanıma göre, maliyet optimum enerji seviyesi, bina için önerilen enerji performansını artıracak çözümlerden, binanın ekonomik ömrü süresince en düşük maliyete sahip olan çözümdür. Söz konusu maliyetlere, binanın enerji tüketimini etkileyecek yatırımların ilk yatırım, bakım ve onarım maliyetleri ile enerji tüketim maliyetleri dahil edilmiştir. Yaklaşık sıfır enerji seviyesi ise bina enerji tüketiminin "0" a en yakın olduğu yüksek performanslı durumu tanımlamaktadır. Bu seviyeye ulaşmak için yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanılması kaçınılmazdır. Ancak bu durumda artan maliyetler, binalarda bu seviyeye ulaşabilmek üzere sınırlayıcı olmaktadır. Buna rağmen direktifte, üye ülkelerde 2018 yılından itibaren yeni yapılan kamu binalarının ve 2020 yılından itibaren ise tüm yeni yapılan binaların yaklaşık sıfır enerji seviyesinde olması zorunlu hale getirilmiştir.

Avrupa Enerji Etkin Ekonomi Konseyi tarafından Mayıs 2011'de yayınlanan Maliyet Optimum Bina Performans Gereksinimleri [2] dokümanında, referans binaların belirlenmesi, enerji tüketimleri ve karbon salımı hesapları ile önerilen yaşam dönemi maliyeti hesaplama modelleri açıklanmıştır. Bu çalışmada önerilen bu yöntem ve EN 15459 Standardında [3] açıklanan global maliyet hesaplama yöntemi kullanılmıştır.

Örnek yeşil yerleşimde enerji performansı analizi yapılan binalar, ticari ve konut ünitelerinin karma olarak yer aldığı karma konut binaları, ofis binaları ve küçük sanayi/data center binalarıdır. Çalışmanın ilk aşamasında her bir bina türü için, bina kabuğu ve diğer mimari sistemler ile elektrik ve mekanik sistemleri ülkemiz standartlarına uygun şekilde tasarlanmış referans binalar belirlenmiştir. Aşağıdaki Şekil 1, 2 ve 3'te her bir bina türünün geometrik modeli gösterilmektedir. Konut binası, toplamda 2 bodrum ve 8 zemin üstü kattan oluşmaktadır. Temel olarak her katında 4 daire bulunmakta beraber, bazı katlarda 3 veya 2 daire bulunmakta ve bazı bağımsız bölümler ofis veya home-office olarak kullanılmaktadır. Ofis binası 2 bodrum kat ve 10 zemin üstü kattan oluşmaktadır ve ofis kat planı çekirdek planlı olarak kabul edilmiştir. Sanayi binası 1 bodrum kat, 3 ofis-yönetim katından oluşmakta, ayrıca 3 kat yüksekliğinde üretim/data center alanı yer almaktadır.

**Şekil 1.** Konut Binası Geometrik Modeli**Şekil 2.** Ofis Binası Geometrik Modeli**Şekil 3.** Sanayi / Data Center Binası Geometrik Modeli

Referans binaların bina kabuğuna ilişkin kriterler TS 825 standardına [4] uygun olarak kabul edilmiştir. Konut binalarının kullanım zaman takvimleri aydınlatma ve elektrikli ekipman kaynaklı enerji tüketim ve iç kazanç değerleri, 113M596 numaralı TÜBİTAK projesi araştırma sonuçlarından [5] çalışmadan alınmıştır. Ofis binası kullanıcı ve buna bağlı elektrikli ekipman yoğunluğu BEP-TR referans bina tanımlama dokümanında belirtilen çok yoğun ofis kriterlerine uygun olarak kabul edilmiştir. Ofis binası aydınlatma güç yoğunlukları ise ASHRAE 90.1 2007 standardı [6] 10. Bölümde yer alan mahal fonksiyonlarına göre aydınlatma güç yoğunlukları tablosundan seçilmiştir. Sanayi binası, yönetim ofisi kısmı ve üretim/data center alanından oluşmaktadır. Ofis tarafı için, ofis binası kriterleri ile aynı kabuller yapılmıştır. Üretim/Data center alanının, ekipman yoğunluğunun ve buna bağlı iç kazançların çok yüksek olduğu varsayımı ile iç kazançlar belirlenmiştir. Aydınlatma güç yoğunluğu için yine ASHRAE 90.1 2007 standardı [6] kullanılmıştır. Konut binasının ısıtma sistemi, binalarda enerji performansı yönetmeliğine uygun olarak merkezi kazana bağlı radyatör olarak belirlenmiş ve bağımsız split-klimalar soğutma için kullanılmıştır. Ofis ve sanayi/data center binalarında, ülkemizde mevcut bir standart bulunmadığından, referans bina mekanik sistemleri, ASHRAE 90.1 2007 standardı [6] Ek G bölümüne göre kararlaştırılmıştır. Buna göre ofis binasında her katta hizmet eden bağımsız değişken debili klima santralleri ve bunların bağlı olduğu doğalgazlı kazan ve su soğutmalı çiller sistemi (sistem 7) bulunmaktadır. Sanayi binasında ise, ofis tarafında yine her kata hizmet eden bağımsız değişken debili klima santralleri (sistem 5) ve üretim alanında ise, iç yükleri farklı olduğundan sistem 3 bulunmaktadır.

Referans binalar belirlendikten sonra ise Maliyet Optimum Bina Performans Gereksinimleri [2] dokümanında belirtildiği üzere, her bir bina türü için, çeşitli enerji performansı iyileştirme önlemleri geliştirilmiştir. Enerji performansı iyileştirme önlemleri, bina kabuğu yalıtım kalınlığı, pencerelerde U değeri, güneş ısı geçirgenliği ve güneş ışığı geçirgenliği değerleri farklı camlar, bina hava sızdırmazlığını artırmak üzere farklı doğramalar, aydınlık seviyelerinin korunması şartı ile enkandesan, floresan ve led aydınlatma sistemleri, iç, dış ve otomasyona bağlı farklı gölgeleme stratejileri, doğal havalandırma stratejileri, mekanik havalandırma ile birlikte çalışan hibrid havalandırma sistemi, farklı cephelerde farklı saydamlık oranları, yüksek verimli mekanik cihazlar, yerden ısıtma, fancoil, vrv gibi farklı mekanik sistemler ve yenilenebilir enerji sistemlerini içermektedir. Her bir bina türü için farklı önlemler ve bu önlemlerin bir araya gelerek oluşturduğu önlem paketleri için hem enerji performansı hem de ilk yatırım maliyetleri ile yaşam dönemi işletme maliyetlerini birlikte değerlendiren global maliyetleri de hesaplanmıştır. Binaların ekonomik ömür süreleri ise konut binalarında 30, konut dışı binalarda ise 20 yıl kabul edilmiştir. Bu sayede, en düşük yaşam dönemi enerji maliyetine sahip olan önlem paketi “maliyet optimum bina” ve birincil enerji tüketim değeri en düşük bina ise “yaklaşık sıfır enerji bina” olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise yerleşimde yer alacak binaların tamamının yaklaşık sıfır enerji bina olduğu var sayılarak bölgesel enerji ihtiyacı belirlenmiştir. Kullanılabilecek yenilenebilir enerji sistemleri de hesaba katılarak bölgesel ısıtma ve soğutma sistemleri için de farklı senaryolar geliştirilmiştir. Her bir senaryo için yine birincil enerji tüketim değerleri ve global maliyetler hesaplanarak “maliyet optimum” ve “yaklaşık sıfır enerji” durumları belirlenmiştir.

3. HESAPLAMALAR

Örnek yerleşimde yer alacak binalara ait birim maliyetler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayınladığı yapı yaklaşık birim maliyetlerine [7] uygun olarak kabul edilmiş ve ilk yatırım maliyetleri de yine Bakanlığın yayınladığı inşaat ve tesisat birim fiyatları [8] kullanılarak hesaplanmıştır. Yayımlanan fiyatlar arasında yer almayan, gölgeleme elemanları, su soğutmalı çiller, kojenerasyon gibi bazı kalemler için piyasa fiyatları kullanılmıştır. Enerji performansı hesaplamalarında EnergyPlus simülasyon programı kullanılmıştır.

Tablo 1 ve Tablo 2 'de konut binasının referans bina ve hesaplamalar sonucu belirlenmiş maliyet optimum ve yaklaşık sıfır enerji binaları enerji tüketim ve maliyet karşılaştırmaları yer almaktadır. Birincil enerji tüketim değerlerine göre, referans bina ile karşılaştırıldığında, maliyet optimum bina iyileşme oranı %36 ve yaklaşık sıfır enerji bina iyileşme oranı %55 olmaktadır. İlk yatırım maliyetlerinde artış olmakla beraber, global maliyetler, yani 30 yıllık maliyetler, her iki durumda da referans binanın altında kalmaktadır.

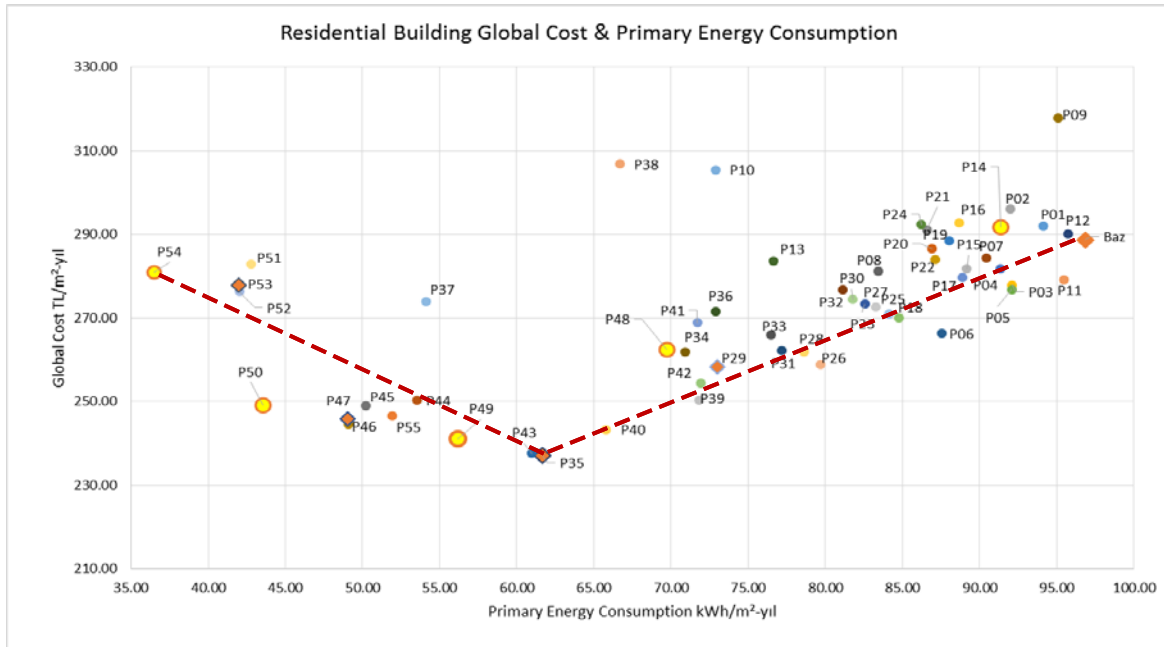
Tablo 1. Konut Binası Referans, Maliyet Optimum ve Yaklaşık Sıfır Enerji Durumları Yıllık Enerji Tüketim Değerleri

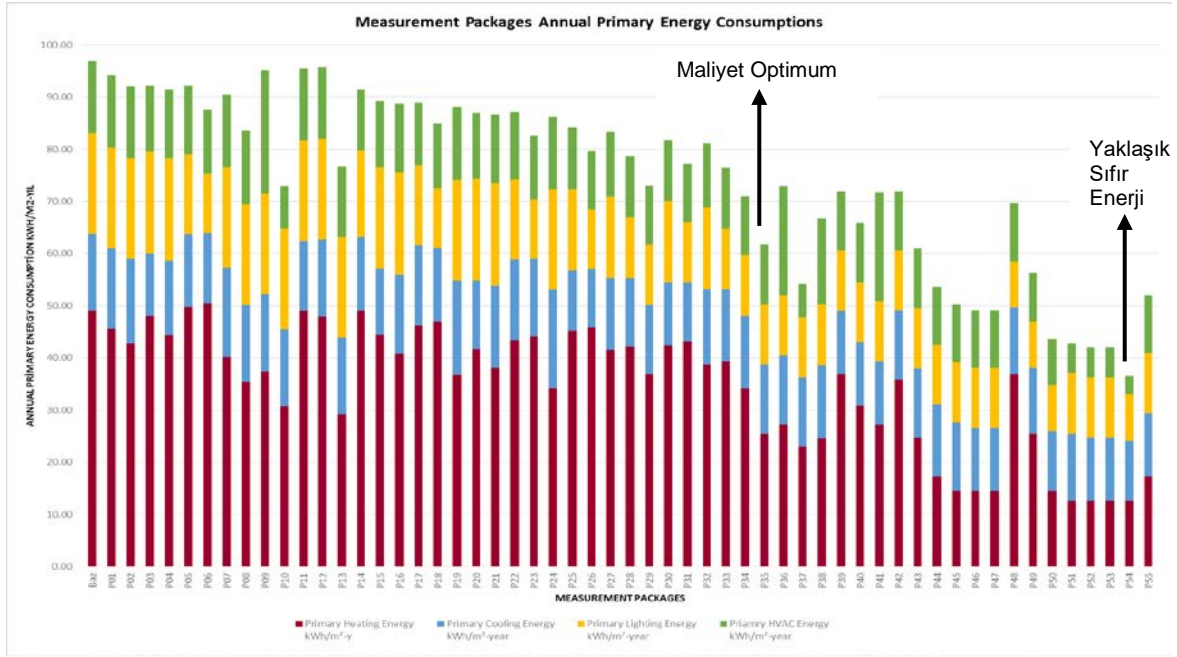
	Referans Durum		Maliyet Optimum		Yaklaşık Sıfır Enerji	
	Elektrik [kWh/m ² -y]	Doğalgaz [kWh/m ² -y]	Elektrik [kWh/m ² -y]	Doğalgaz [kWh/m ² -y]	Elektrik [kWh/m ² -y]	Doğalgaz [kWh/m ² -y]
Isıtma	0.06	49.10	0.06	25.48	0.00	12.66
Soğutma	6.25	0.00	5.62	0.00	4.43	0.00
Aydınlatma	8.17	0.00	4.90	0.00	3.97	0.00
Ekipmanlar	26.31	0.00	26.31	0.00	26.31	0.00
Diğer HVAC	5.75	0.00	4.82	0.00	1.70	0.00
Toplam	46.54	49.10	41.66	25.48	38.74	12.66
Birincil Enerji Toplam	109.83	49.10	98.32	25.48	91.42	12.66
	158.93		123.8		104.08	

Tablo 2. Konut Binası Referans, Maliyet Optimum ve Yaklaşık Sıfır Enerji Durumları Karşılaştırma

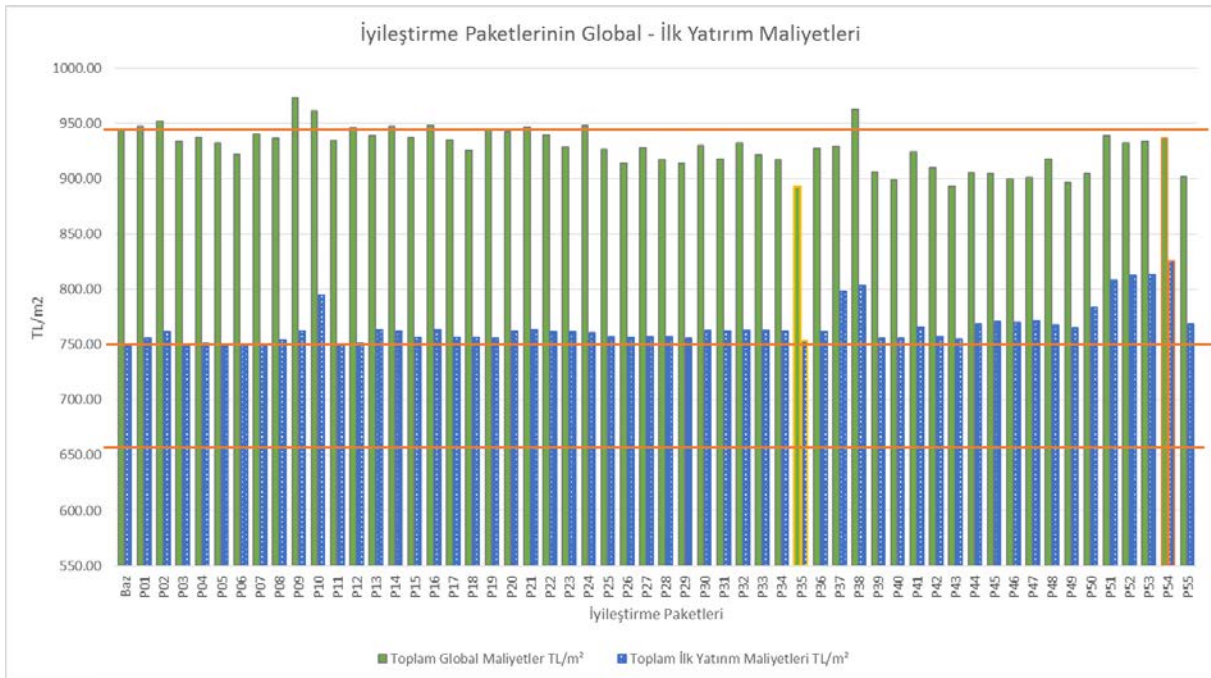
	Referans	Maliyet Optimum	Yaklaşık Sıfır Enerji
Birincil Enerji Tüketimi (Ekipmanlar Hariç) [kWh/m ² -y]	96.83	61.69	43.57
İyileşme Oranı [%]	-	36.29	55.00
Global Maliyet [TL/m ²]	288.68	236.95	261.25
İlk Yatırım Maliyeti [TL/m ²]	94.71	98.16	128.09
İlk Yatırım Maliyet Farkı [%]	-	+ 3.5 %	+ 26 %

Aşağıda verilen Şekil 4, konut binası için çalışılan tüm enerji performansı iyileştirme önlem paketlerinin her biri için hesaplanmış birincil enerji tüketim değerleri ile global maliyetleri bir grafik üzerinde göstermektedir. Bu grafikten okunabileceği üzere, en düşük global maliyete sahip paket (P35) maliyet optimum çözüm ve en düşük birincil enerji tüketim değerine sahip paket (P54) ise yaklaşık sıfır enerji çözümü olarak kabul edilmektedir. Şekil 5'te ayrıca tüm paketlerin birincil enerji tüketim değerleri ve Şekil 6'da ise her bir paketin global maliyetleri, ilk yatırım maliyetleri ile birlikte karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Şekil 4.** Konut Binası Tüm İyileştirme Paketleri Birincil Enerji ve Global Maliyetler Grafiği



Şekil 5. Konut Binası Tüm İyileştirme Paketleri Birincil Enerji Tüketimleri



Şekil 6. Konut Binası Tüm İyileştirme Paketleri Global ve İlk Yatırım Maliyetleri Karşılaştırma

Tablo 3 ve Tablo 4 'te ofis binasının referans bina ve hesaplamalar sonucu belirlenmiş maliyet optimum ve yaklaşık sıfır enerji binaları enerji tüketim ve maliyet karşılaştırmaları yer almaktadır. Birincil enerji tüketim değerlerine göre, referans bina ile karşılaştırıldığında, maliyet optimum bina iyileşme oranı yaklaşık %40 ve yaklaşık sıfır enerji bina iyileşme oranı yaklaşık %50 olmaktadır. Ofis binası maliyet optimum durumda, referans bina ile karşılaştırıldığında ilk yatırım maliyetlerinde %7 lik bir azalma olmakta, ancak yaklaşık sıfır enerji durumunda %19 luk bir artış olmaktadır. Global

maliyetlere bakıldığında, yani 20 yıllık maliyetler baz alındığında, her iki durum da referans binanın altında kalmaktadır.

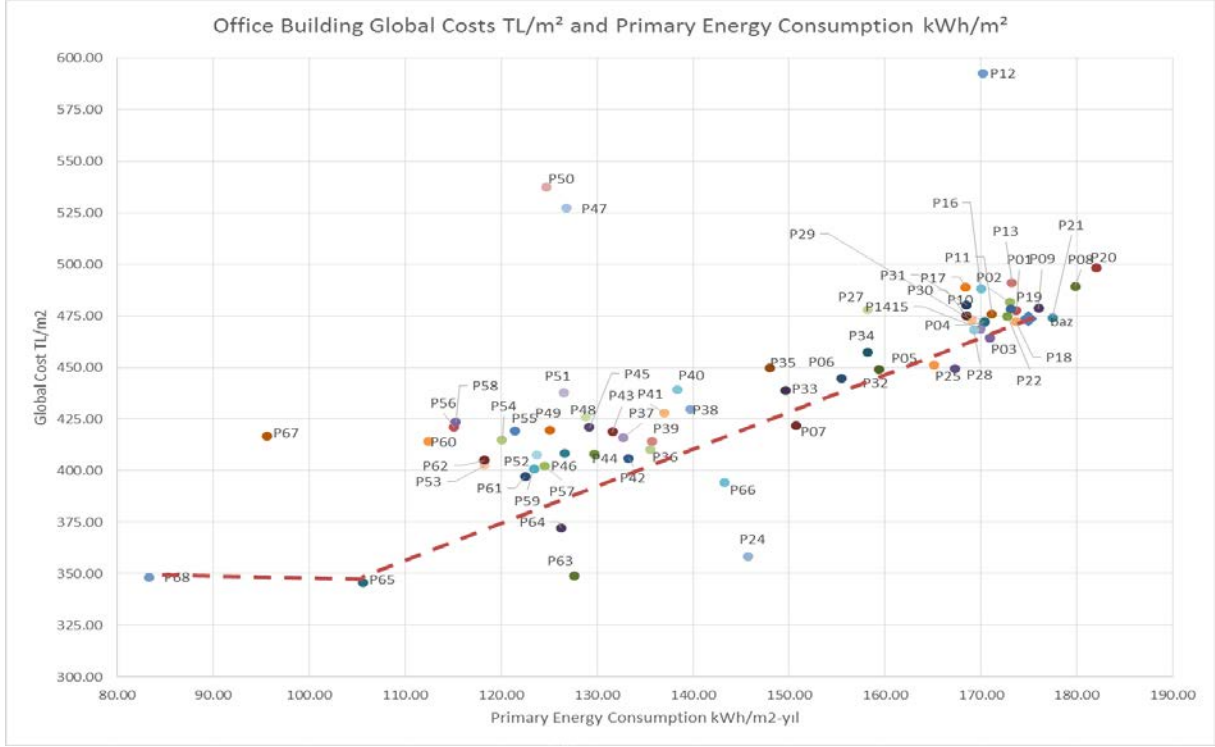
Tablo 3. Ofis Binası Referans, Maliyet Optimum ve Yaklaşık Sıfır Enerji Durumları Yıllık Enerji Tüketim Değerleri

	Referans Durum		Maliyet Optimum		Yaklaşık Sıfır Enerji	
	Elektrik [kWh/m ² -y]	Doğalgaz [kWh/m ² -y]	Elektrik [kWh/m ² -y]	Doğalgaz [kWh/m ² -y]	Elektrik [kWh/m ² -y]	Doğalgaz [kWh/m ² -y]
Isıtma	0.00	20.68	4.08	0.00	3.36	0.00
Soğutma	7.23	0.00	25.71	0.00	21.44	0.00
Aydınlatma	18.81	0.00	5.08	0.00	3.66	0.00
Ekipmanlar	32.36	0.00	32.36	0.00	32.36	0.00
Diğer HVAC	39.35	0.00	9.88	0.00	9.17	0.00
Toplam	97.75	20.68	77.12	0.00	70.00	0.00
Birincil Enerji Toplam	230.69	20.68	182.00	0.00	165.2	0.00
	251.37		182.00		165.2	

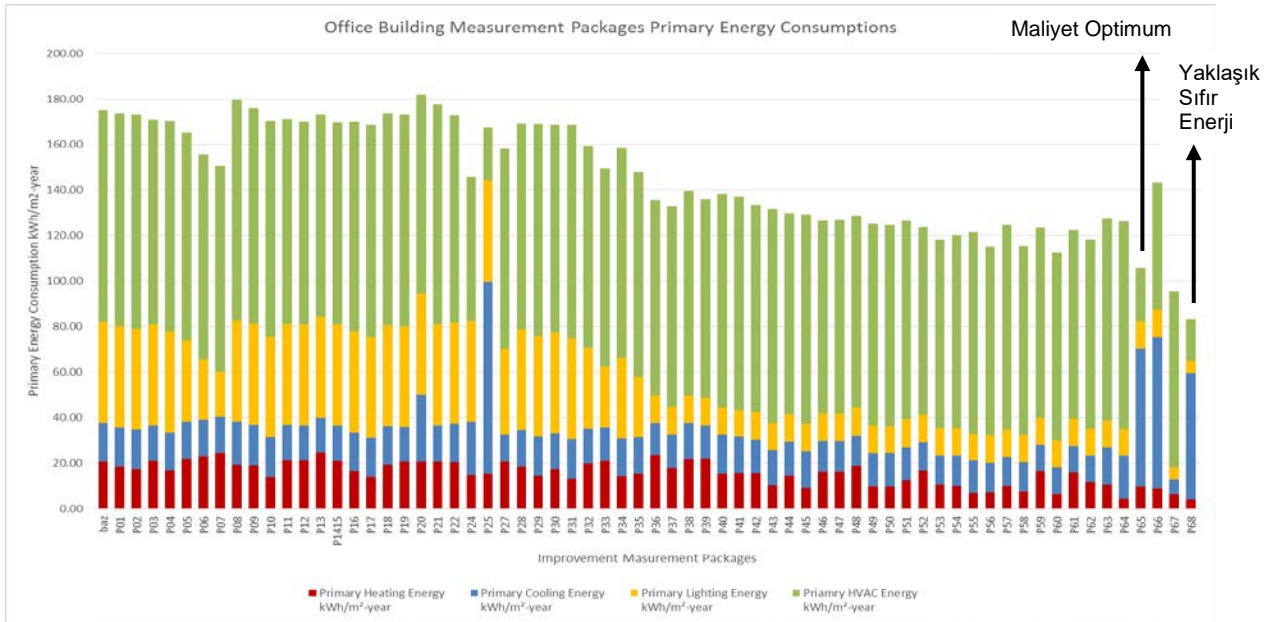
Tablo 4. Ofis Binası Referans, Maliyet Optimum ve Yaklaşık Sıfır Enerji Durumları Karşılaştırma

	Referans	Maliyet Optimum	Yaklaşık Sıfır Enerji
Birincil Enerji Tüketimi (Ekipmanlar Hariç) [kWh/m ² -y]	175.00	105.63	88.83
İyileşme Oranı [%]	-	39.64	49.24
Global Maliyet [TL/m ²]	473.27	345.65	348.34
İlk Yatırım Maliyeti [TL/m ²]	125.24	115.87	149.40
İlk Yatırım Maliyet Farkı [%]	-	- 7.48 %	+ 19.29 %

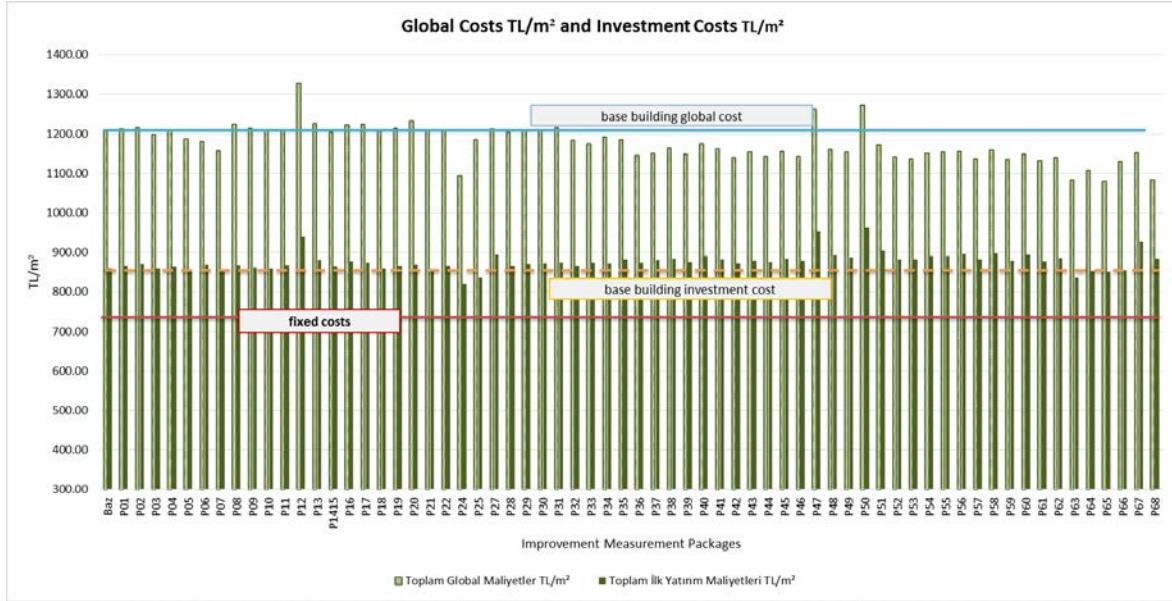
Aşağıda verilen Şekil 7, ofis binası için çalışılan tüm enerji performansı iyileştirme önlem paketlerinin her biri için hesaplanmış birincil enerji tüketim değerleri ile global maliyetleri bir grafik üzerinde göstermektedir. Bu grafikten okunabileceği üzere, en düşük global maliyete sahip paket (P65) maliyet optimum çözüm ve en düşük birincil enerji tüketim değerine sahip paket (P68) ise yaklaşık sıfır enerji çözümü olarak kabul edilmektedir. Şekil 8'de ayrıca tüm paketlerin birincil enerji tüketim değerleri ve Şekil 9'da ise her bir paketin global maliyetleri, ilk yatırım maliyetleri ile birlikte karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 7. Ofis Binası Tüm İyileştirme Paketleri Birincil Enerji ve Global Maliyetler Grafiği



Şekil 8. Ofis Binası Tüm İyileştirme Paketleri Birincil Enerji Tüketimleri



Şekil 9. Ofis Binası Tüm İyileştirme Paketleri Global ve İlk Yatırım Maliyetleri Karşılaştırma

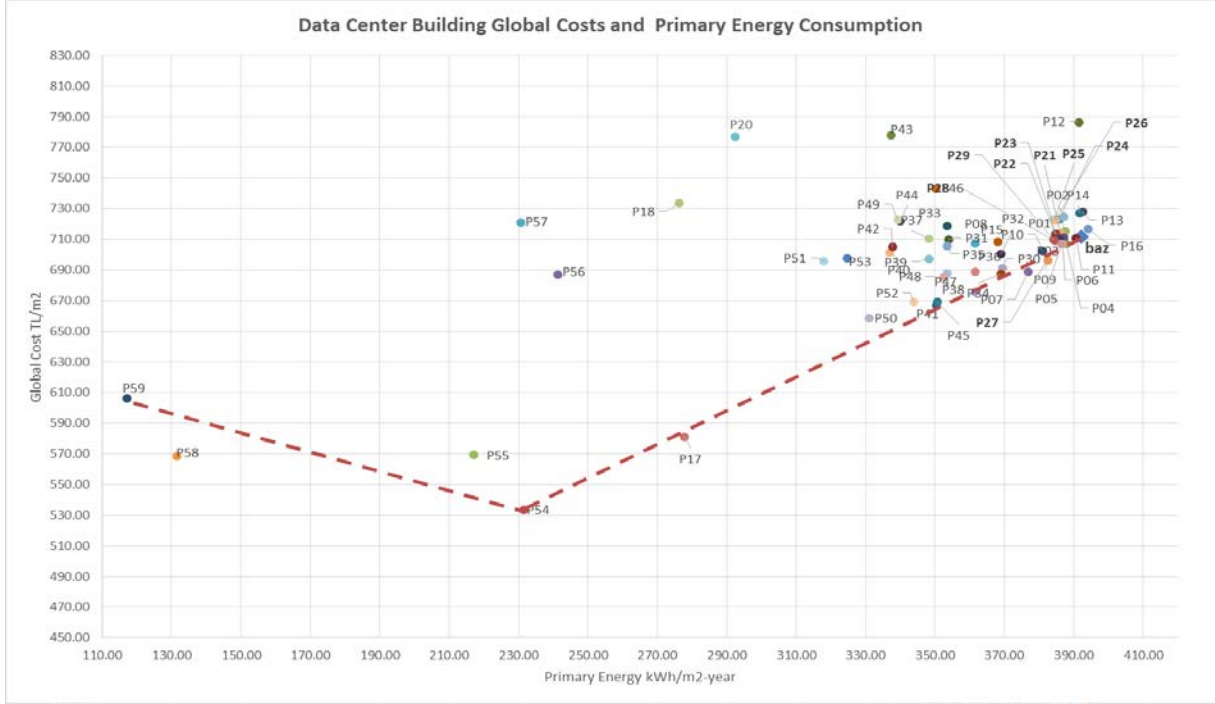
Tablo 5 ve Tablo 6 'da sanayi/data center binasının referans bina ve hesaplamalar sonucu belirlenmiş maliyet optimum ve yaklaşık sıfır enerji binaları enerji tüketim ve maliyet karşılaştırmaları yer almaktadır. Birincil enerji tüketim değerlerine göre, referans bina ile karşılaştırıldığında, maliyet optimum bina iyileşme oranı %41 ve yaklaşık sıfır enerji bina iyileşme oranı yaklaşık %70 olmaktadır. Sanayi/data center binasının maliyet optimum ve yaklaşık sıfır enerji durumlarının her ikisinde de, referans bina ile karşılaştırıldığında ilk yatırım maliyetlerinde yüksek bir artış olmaktadır. Global maliyetlere bakıldığında ise, yani 20 yıllık maliyetler baz alındığında, yine de, her iki durum da referans binanın altında kalmaktadır.

Tablo 5. Sanayi/Data Center Binası Referans, Maliyet Optimum ve Yaklaşık Sıfır Enerji Durumları Yıllık Enerji Tüketim Değerleri

	Referans Durum		Maliyet Optimum		Yaklaşık Sıfır Enerji	
	Elektrik [kWh/m ² -y]	Doğalgaz [kWh/m ² -y]	Elektrik [kWh/m ² -y]	Doğalgaz [kWh/m ² -y]	Elektrik [kWh/m ² -y]	Doğalgaz [kWh/m ² -y]
Isıtma	0.00	74.75	0.00	20.81	0.00	21.17
Soğutma	24.99	0.00	28.15	0.00	16.44	0.00
Aydınlatma	32.88	0.00	22.72	0.00	4.77	0.00
Ekipmanlar	264.28	0.00	264.28	0.00	264.28	0.00
Diğer HVAC	76.7	0.00	38.41	0.00	19.43	0.00
Toplam	398.85	74.75	353.56	20.81	304.93	21.17
Birincil Enerji Toplam	941.29	74.75	834.39	20.81	719.63	21.17
	1016.04		855.2		740.8	

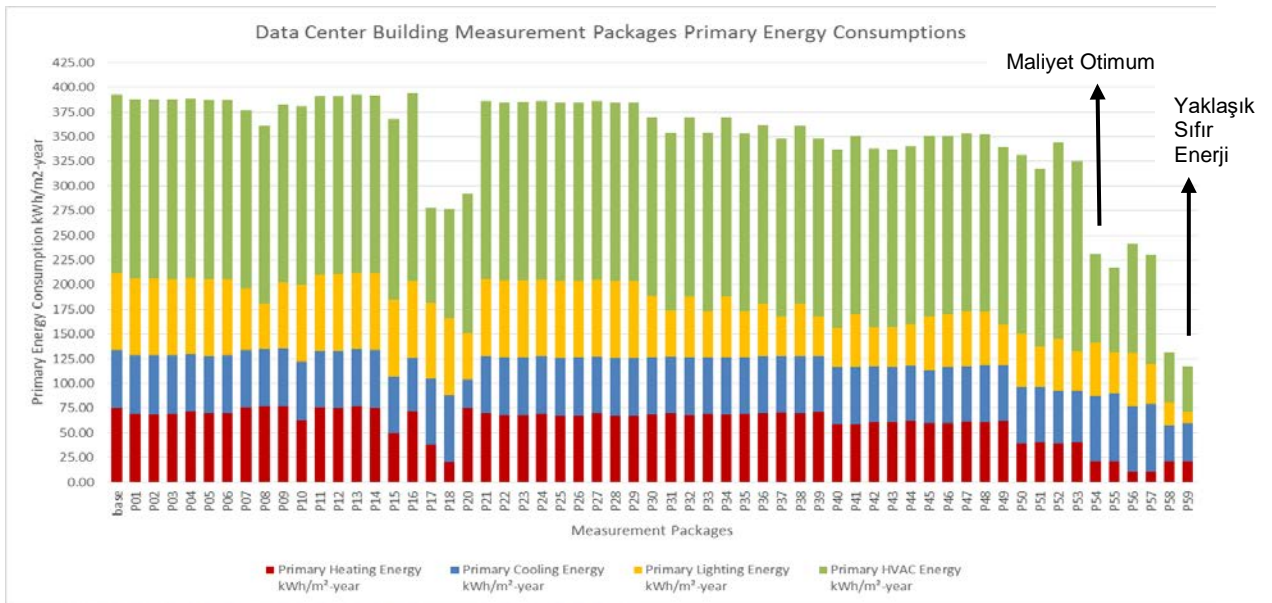
Tablo 6. Sanayi/Data Center Binası Referans, Maliyet Optimum ve Yaklaşık Sıfır Enerji Durumları Karşılaştırma

	Referans	Maliyet Optimum	Yaklaşık Sıfır Enerji
Birincil Enerji Tüketimi (Ekipmanlar Hariç) [kWh/m ² -y]	392.34	231.51	117.10
İyileşme Oranı [%]	-	40.99	70.15
Global Maliyet [TL/m ²]	711.41	569.33	606.24
İlk Yatırım Maliyeti [TL/m ²]	134.92	156.63	407.38
İlk Yatırım Maliyet Farkı [%]	-	+ 16.1 %	+ 201.94 %

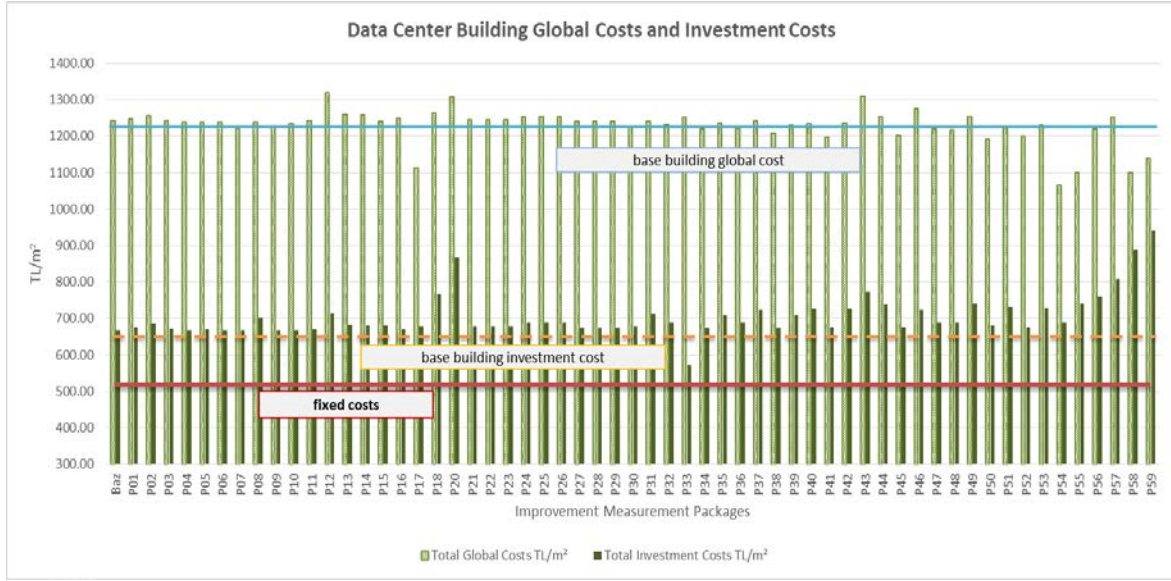


Şekil 10. Sanayi/Data Center Binası Tüm İyileştirme Paketleri Birincil Enerji ve Global Maliyetler Grafiği

Şekil 10, sanayi/data center binası için çalışılan tüm enerji performansı iyileştirme paketlerinin her biri için hesaplanmış birincil enerji tüketim değerleri ile global maliyetleri bir grafik üzerinde göstermektedir. Bu grafikten okunabileceği üzere, en düşük global maliyete sahip paket (P54) maliyet optimum çözümü ve en düşük birincil enerji tüketim değerine sahip paket (P59) ise yaklaşık sıfır enerji çözümü olarak kabul edilmektedir. Şekil 11’de ayrıca tüm paketlerin birincil enerji tüketim değerleri ve Şekil 12’de ise her bir paketin global maliyetleri, ilk yatırım maliyetleri ile birlikte karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



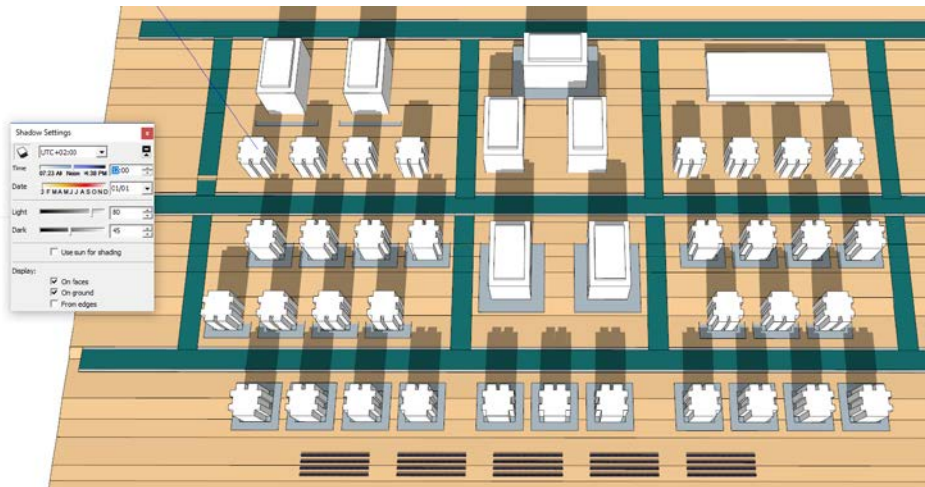
Şekil 11. Sanayi/Data Center Binası Tüm İyileştirme Paketleri Birincil Enerji Tüketimleri



Şekil 12. Sanayi/Data Center Binası Tüm İyileştirme Paketleri Global ve İlk Yatırım Maliyetleri Karşılaştırma

Daha önce açıklandığı üzere, 2010 yılında yayınlanan AB Binalarda Enerji Performansı Direktifi'nin [1] 2020 yılından itibaren tüm binaların yaklaşık sıfır enerji seviyesini sağlayacak şekilde tasarlanması ve inşa edilmesini zorunlu kıldığı düşünülürse, yapılan hesaplamalar sonucu, binaların yaklaşık sıfır enerji seviyesinde birincil enerji tüketim değerlerinin, mevcut standartlara uygun olarak tasarlanan referans binalara oranla %50 ila %70 arasında azaldığı görülmektedir.

Enerji tüketimini daha da azaltmak ve artan maliyetleri bir miktar aşağı çekmek üzere, farklı bölgesel sistem alternatifleri için de benzer bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bunun için öncelikle, çalışılan bina tiplerini içerecek şekilde, örnek bir yerleşim birimi tasarlanmıştır. Yerleşim biriminde binaların yerleşimleri, yapılan gölge analizleri ile belirlenmiştir. Şekil 13'te görüldüğü gibi güneşin en düşük geliş açısına sahip olduğu kış aylarında bile binalar birbirlerini gölgelememektedir. Örnek yerleşim biriminde 34 adet konut, 7 adet ofis ve 1 adet sanayi/data center binası yer almaktadır. Bölgesel sistemler için yapılan çalışmalarda bu rakamlar baz alınarak bölgesel sistem enerji talepleri belirlenmiştir. Tablo 7 bölgesel ısıtma ve soğutma sistemleri için çalışılan alternatifleri ve her bir alternatifin içerdiği sistemleri özetlemektedir.



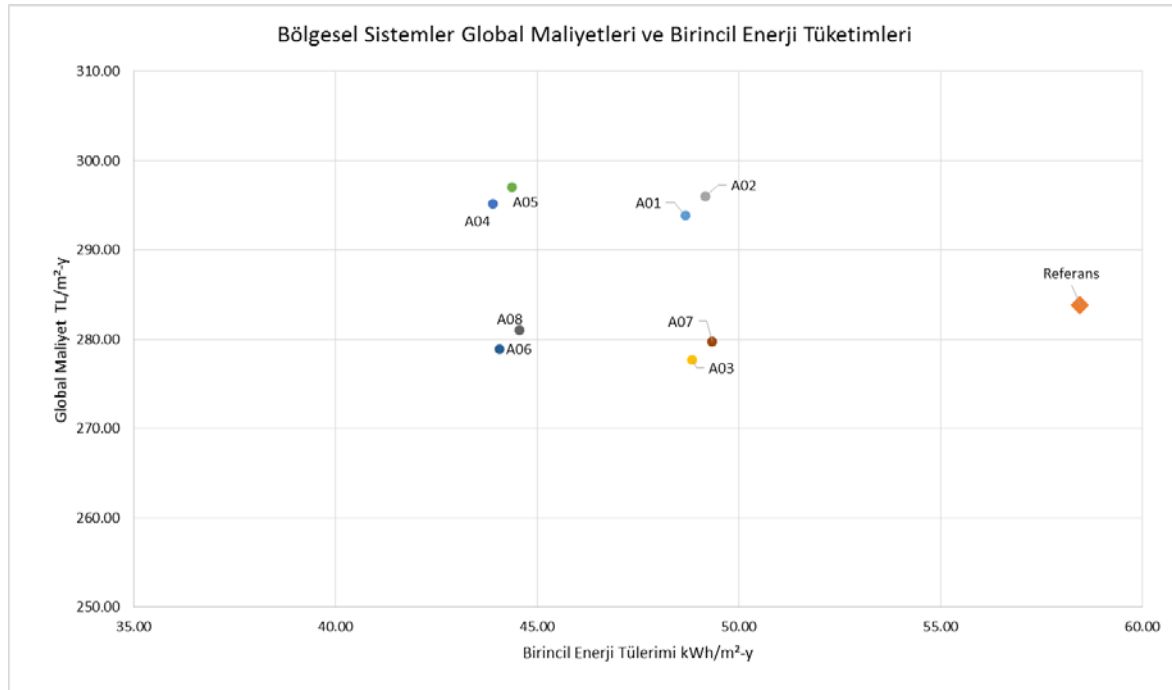
Şekil 13. Örnek Yerleşim Birimi Gölge Analizi

Tablo 7. Bölgesel Sistemler için Alternatifler

	Kojenerasyon	Kazan	Çiller	PV
A 01	•			
A 02	•		•	
A 03	•	•		
A 04	•			•
A 05	•		•	•
A 06	•	•		•
A 07	•	•	•	
A 08	•	•	•	•

Yapılan çalışmada her bir alternatif için, öncelikle binaları da içeren bir ilk yatırım maliyeti hesaplanmış, daha sonra yine EN 15459 standardının [3] öngördüğü yöntemle yerleşim biriminin global maliyeti hesaplanmıştır. Bu hesaplamada, bölgesel sistemlerin ekonomik ömrü 20 yıl olarak belirlenmiştir. Doğalgaz ve elektrik birim maliyetleri, tekil bina hesaplarındaki değerlerle aynı kabul edilmiştir, ancak gerçek durumda bu maliyetlerin düşebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Yapılan hesaplamalar sonucu, her bir alternatifin sahip olduğu global maliyetler ve birincil enerji tüketim değerleri Şekil 14'teki grafikte verilmiştir. Bu grafikteki referans durum, tüm binaların yaklaşık sıfır enerji seviyesinde inşa edilmesi ve bölgesel sistem kullanılmaması durumudur.

Şekil 14'te görüldüğü üzere, Kojenerasyon ve kazan üniteleri içeren Alternatif 03, en düşük global maliyete sahip olan, yani maliyet optimum olan çözümdür. Kojenerasyon ve PV ünitelerini içeren Alternatif 04 ise, birincil enerji tüketimi en düşük, yani yaklaşık sıfır enerji olan alternatiftir. Bununla beraber, Alternatif 06, kojenerasyon, kazan ve PV ünitelerini içermekte ve birincil enerji tüketimi açısından Alternatif 04'e, global maliyet açısından da Alternatif 03'e çok yakın değerlere sahiptir. Bu nedenle pratik açıdan bu alternatif, örnek yerleşim birimi için seçilebilir.

**Şekil 14.** Bölgesel Sistemler Global Maliyetleri ve Birincil Enerji Tüketimleri

Her bir alternatif için, aynı zamanda geri ödeme süresi de hesaplanmış ve Tablo 8 de gösterilmiştir. Yine bu tabloya göre de, Alternatif 04 ve Alternatif 06 en düşük geri ödeme süresine sahip seçeneklerdir.

Tablo 8. Bölgesel Sistemler Alternatifleri Geri Ödeme Süreleri

	İlk Yatırım Maliyeti [TL]	Yıllık Enerji Maliyeti [TL]	Yıllık Enerji Tasarrufu [TL]	Geri Ödeme Süresi [Yıl]
Referans	52,923,737.77	2,629,514.41	-	-
A01	61,375,017.72	1,940,414.92	689,099.49	2.82
A02	61,478,257.69	1,964,153.91	665,360.50	2.95
A03	58,487,327.72	1,951,923.14	677,591.27	2.88
A04	63,628,345.72	1,708,131.34	921,383.07	1.85
A05	63,731,585.69	1,731,722.52	897,791.89	1.93
A06	60,740,655.72	1,719,639.56	909,874.84	1.89
A07	58,590,567.69	1,975,662.14	653,852.27	3.02
A08	60,843,895.69	1,743,378.56	886,135.85	1.97

Tablo 9, yerleşimdeki tüm binaların, mevcut standartlara uygun olarak tasarlandığı/inşa edildiği referans durum, yaklaşık sıfır enerji seviyesinde tasarlandığı/inşa edildiği durum ve bölgesel sistem olarak Alternatif 06'nın seçildiği durumun birincil enerji tüketimleri ve karbon salımları açısından bir karşılaştırmasını sunmaktadır.

Tablo 9. Yerleşim Alternatifleri Karşılaştırma

	Tekil Binalar Referans Durum		Tekil Binalar Yaklaşık Sıfır Enerji Durumu		Yaklaşık Sıfır Enerji Binalar ve Bölgesel Sistem Alternatif 06	
	Elektrik Tüketimi	Doğalgaz Tüketimi	Elektrik Tüketimi	Doğalgaz Tüketimi	Elektrik Tüketimi	Doğalgaz Tüketimi
Enerji Tüketimi [kWh/m ² -y]	41.30	39.22	21.59	8.16	11.74	16.36
Birincil Enerji [kWh/m ² -y]	97.47	39.22	50.95	8.16	27.71	16.36
Toplam Birincil Enerji [kWh/m ² -y]	136.69		59.11		44.07	
Birincil Enerji Tüketimi İyileşme Oranı	-		56.75 %		67.76 %	
CO ₂ Salımı [kg]	7,909,091.39	4,017,102.44	4,134,558.91	835,786.74	2,248,250.19	1,675,670.47
Toplam CO ₂ Salımı [kg-y]	11,926,193.83		4,970,345.65		3,923,920.67	
Toplam CO ₂ Salımı [kg/m ² -y]	38.42		16.01		12.64	
CO ₂ Salımı İyileşme Oranı	-		58.32 %		67.10 %	

Tablodan görüldüğü gibi, bölgesel ısıtma-soğutma sistemleri kullanılmayıp, sadece binaların yaklaşık sıfır enerji seviyesine çekilmesi ile, toplamda %57 oranında birincil enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Karbon salım miktarı ise yerleşimin tamamında yıllık yaklaşık 12 milyon kg 'dan 5 milyon kg'a çekilebilmekte, yani %58 iyileşme sağlanmaktadır. Yaklaşık sıfır enerji binalardan oluşan bu örnek yerleşim, ayrıca bölgesel ısıtma ve soğutma sistemleri ile desteklendiğinde, birinci enerji tüketimindeki azalma yaklaşık %68 'e çıkmakta ve yıllık karbon salımı da yaklaşık 4 milyon kg'a düşmektedir.

SONUÇ

Sonuçlar göstermektedir ki, her bir bina türü için maliyet optimum seviyelere bakıldığında, tasarım aşamasında alınan önlemler ile ilk yatırım maliyetlerini, referans durumla kıyaslandığında çok düşük oranlarda artırarak ve hatta bu çalışmada ofis binasında olduğu gibi referans durumun da altına düşerek, %35-40 oranında enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Binaların yaklaşık sıfır enerji seviyesine çekilmesi ile ilk yatırım maliyetleri artmakla beraber, ekonomik ömürleri süresince gerçekleşecek enerji bazlı maliyetler, her durumda referans durumun altında kalmakta ve enerji tasarruf oranı %55'in üzerine çıkmaktadır. Buna ek olarak, bölgesel ölçekte enerji performansı hesaplamaları ve alınacak önlemler ile enerji tasarruf %70 'lere yaklaşmakta ve global maliyetler azaltılabilmektedir.

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji sistemlerinin, hem binaların hem de bölgesel enerji sistemlerinin yaklaşık sıfır enerji seviyelerine ulaşmaktaki katkısı açıkça görülmektedir. Bu sistemlerin verimleri arttıkça ve ilk yatırım maliyetleri düştükçe, maliyet optimum seviyelerdeki çözümler arasında yer alacakları öngörülmektedir.

Maliyet hesapları yapılırken, daha öncede belirtildiği üzere, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları [8] esas alınmıştır, ancak bilinmektedir ki piyasa koşullarında ilgili bina kalemlerine ait fiyatlar değişkenlik gösterebilmektedir. Yapılan bazı testlerde, fiyat farklılığı, binaları maliyet optimum ve yaklaşık sıfır enerjilerine taşıyan çözümlerin farklılaşabileceğini göstermiştir. Bu nedenle söylenebilir ki, yapılacak hesaplarda esas alınan ilk yatırım maliyetlerinin önemi oldukça fazladır.

Son olarak hesaplamalar sonucunda, binaları Avrupa Birliği Direktifi'nin zorunlu kıldığı yaklaşık sıfır enerji seviyelerinde inşa etmenin, enerji tasarrufuna, karbon salımının azaltımına ve global maliyetleri düşürmesindeki katkılarının yanısıra, ilk yatırım maliyetlerini artırdığı görülmektedir. İnşaat sektöründe, binaların yaklaşık sıfır enerji seviyesine çekilmesinde, bu noktada bir direnç oluşabileceği düşünülebilir. Bu nedenle, bu hedeflerin, devlet düzeyinde benimsenmesi, teşvik edilmesi ve Ulusal Eylem planında da belirtildiği gibi en kısa sürede hayata geçirilmesi gereklilik haline gelmektedir [9].

KAYNAKLAR

- [1] Directive 2010/31/EU of The European Parliament and of The Council On The Energy Performance Of Buildings, Mayıs 2010.
- [2] Cost Optimal Building Performance Requirements - Calculation Methodology For Reporting On National Energy Performance Requirements On The Basis Of Cost Optimality Within The Framework Of The EPBD, European Council for an Energy Efficient Economy, Mayıs 2011.
- [3] EN 15459 Energy Efficiency for Buildings – Standard Economic Evaluation Procedure for Energy Systems in Buildings.
- [4] TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, 2008.
- [5] 113M596 numaralı ve "Binalarda Maliyet Optimum Enerji Verimliliği Seviyesi İçin Türkiye Koşullarına Uygun Yöntemin Ve Referans Binaların Belirlenmesi", 2016, TÜBİTAK
- [6] ASHRAE 90.1 – 2007 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.
- [7] Mimarlık Ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2015 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Resmi Gazete, Sayı:29300, Mart 2015.
- [8] 2015 yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı.
- [9] Türkiye Cumhuriyeti Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, Taslak Versiyon No.7, Haziran 2015.

ÖZGEÇMİŞ

Ece KALAYCIOĞLU

1985 yılı Ankara doğumludur. 2007 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversitede 2010 yılında Yüksek Lisans'ını tamamlamıştır. Doktora çalışmaları, yine aynı üniversitede hala devam etmektedir. 2010 – 2016 yılları arasında Ekomim Ekolojik Mimarlık Hizmetleri şirketinde, bina fiziği uzmanı olarak çalışmıştır. Bina enerji verimliliği, bina enerji performansı simülasyonları, sıfır enerji konut tasarımı, yenilenebilir enerji sistemleri konularında çalışmaktadır. Ayrıca Bina Performansı Modelleme ve Simülasyonları Derneği'nde Yönetim Kurulu üyeliğine devam etmektedir.

A. Zerrin YILMAZ

1979 yılından beri İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Fiziksel Çevre Kontrolü Birimi'nde görev yapmakta olan, 1983-1984 yılları arasında "Lawrence Berkeley Laboratory Passive Solar Group" ile çalışan ve 1993 yılından beri İTÜ de aynı birimde görevini profesör olarak sürdüren A. Zerrin Yılmaz'ın enerji etkin tasarım, bina fiziği, yeşil bina, bina enerji simülasyonu ve enerji modelleme, iklimsel konfor, binalarda güneş enerjisi kullanımı ve yoğuşma kontrolü konularında ulusal ve uluslararası 100 den fazla yayını, ikisi halen devam etmekte olan ulusal ve uluslararası araştırmaları, yürüttüğü yüksek lisans ve doktora tezleri ve bu alanlarda uygulamaları bulunmaktadır. Binalarda enerji verimliliği, yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımı, bina enerji modelleme ve enerji etkin iyileştirme gibi alanlarda çeşitli ulusal ve AB projeleri dâhil uluslar arası projelerde çoğunlukla yönetici olarak yer almıştır. Bu alandaki CITYNET AB projesi Avrupa Komisyonu tarafından star projeler arasına alınmıştır. Binalarda Enerji Performansı hesaplama yöntemi araştırmasında BEP-TR hesaplama yönteminin net enerji hesaplama modülünü geliştiren grubun koordinatörlüğünü yapmıştır. Ayrıca, Türkiye için konutlara yönelik yeşil bina sertifikalandırma sisteminin oluşturulmasında, enerji verimliliği kredilerinin belirlenmesi ve farklı konut tipolojileri için referans binaların tanımlanması konusunda görev yapmıştır. Halen EPBD-Recast kapsamında AB ülkelerinde Referans Bina çalışmaları yapmak üzere kurulmuş TASK-FORCE1 ekibinin Türkiye'den davetli üyesi olarak görev yapmaktadır.