

Makale

Neşe GANIÇ SAĞLAM
Ayşe Zerrin YILMAZ

Abstract:

The recast of European Union (EU) Directive on Energy Performance of Buildings (EPBD) brought in "nearly zero energy building" concept in Europe and related studies already started at national level. EPBD recast and the EU Regulation supplementing this Directive published the methodology framework for the calculations related to determination of nearly zero energy level for buildings. EPBD Recast obliged EU Member States to ensure all new buildings are nearly zero energy buildings in 2020. Therefore, there are ongoing national researches in Member States in order to define nearly zero energy levels for buildings according to the framework methodology. After EPBD in 2002, as an EU candidate, Turkey has been keeping up with related EU legislation and new requirements of EPBD Recast such as "nearly zero energy buildings" constitute the further step.

In this paper, EPBD Recast related studies in Turkey and recent progress are presented. Related national researches are explained, especially for residential buildings, within the concept of reference building definitions, cost optimal levels and nearly zero energy building concepts.

Sample calculations for achieving nearly zero energy buildings through energy retrofits on a reference building are presented in the paper as well. The selected building is an apartment building and located in a residential building complex. The building is analyzed both for hot humid and mild climatic regions of Turkey focusing espe-

Avrupa Birliği Direktifi Doğrultusunda Binalarda Yaklaşık Sıfır Enerji Düzeyinin Akdeniz Ülkesi Olan Türkiye'de Konut Binaları İçin Belirlenmesine Yönelik Uygulama Örneği

ÖZET

Avrupa Birliği'nin (AB) 2002 yılında yayımladığı Binalarda Enerji Performansı Direktifi'nin (EPBD) 2010 yılında revize edilmesiyle birlikte Avrupa'da "yaklaşık sıfır enerji bina" kavramı ortaya çıkmış ve bu kapsamda ulusal çalışmalar da başlatılmıştır. Binalarda Enerji Performansı Revize Direktifi (EPBD-Recast) ve onu destekleyen AB yönetmeliğinde yaklaşık sıfır enerji bina seviyelerinin tanımlanması için uygulanması gereken yöntemin genel çerçevesi açıklanmış ve 2020 yılı sonunda tüm yeni binaların yaklaşık sıfır enerji bina olması zorunlu kılınmıştır. Bu nedenle, AB ülkeleri ulusal düzeyde ilgili çalışmalarını gerçekleştirirken ve açıklanan yöntem çerçevesine uygun ulusal yöntemlerini geliştirerek binalar için yaklaşık sıfır enerji seviyelerini belirlemektedir. Türkiye'de de AB mevzuatı uyum sürecinde 2002 yılında EPBD'nin getirdiği yasal yükümlülüklerle yönelik çalışmalar yürütülmüştür ve 2010 yılında EPBD Recast ile getirilen yenilikler de gündemdedir.

Bu çalışmada, Türkiye'de EPBD-Recast hedefleri doğrultusunda atılan adımlar ve güncel durum sunulmaktadır. EPBD-Recast ile ilgili araştırmalar, özellikle konut binaları ele alınarak referans bina tanımları, optimum maliyet düzeyi analizleri ve yaklaşık sıfır enerji bina konsepti kapsamında açıklanmıştır.

Konut binalarında enerji performansı iyileştirmeleri yoluyla yaklaşık sıfır enerji binalara ulaşma hedeflerine yönelik olarak bir referans bina üzerinden yapılan örnek hesaplamalar da bu çalışma kapsamında sunulmuştur. Seçilen referans bina mevcut bir apartman binası olup, toplu konut grubu içerisinde yer almaktadır. Özellikle Akdeniz iklimi için bina performansı iyileştirme çalışmaları ve yaklaşık sıfır enerji bina kavramına odaklanılarak, referans bina Türkiye'nin sıcak nemli iklim bölgesi için analiz edilmiş ve ayrıca ılımlı iklim bölgesi için de analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Referans binanın karakteristik özellikleri ve enerji performans seviyesinin tanıtılmasının ardından, performans iyileştirmesi için göz önünde bulundurulmuş enerji verimliliği tedbirleri listelenmiş ve açıklanmıştır. Bu enerji verimliliği tedbirleri bina kabuğu ile binanın ısıtma ve soğutma sistemlerini iyileştirmeye yöneliktir.

Enerji verimliliği tedbirleri, seçilen referans bina için analiz edilmiş ve her biri için potansiyel enerji tasarrufu ve ekonomik tasarruf hesaplanmıştır.

cially on energy performance retrofits and nearly zero energy building concept in Mediterranean climate. First, reference building characteristics and energy performance level of the building are presented. Afterwards, energy efficiency measures aimed at building envelope, heating and cooling systems are listed and explained.

Energy efficiency measures are analyzed for the selected reference building and energy and cost savings are calculated for each of them.

Results for different measures are discussed in detail. The measures which are able to represent the cost optimal level are highlighted. The parameters affecting the results are analyzed and factors which are important for achieving nearly zero energy building level in Mediterranean climate are assessed.

Key Words:

Nearly Zero Energy Building, Building Energy Performance, Energy Efficient Retrofit, Cost Optimal Energy.

Farklı tedbirler için elde edilen sonuçlar detaylı olarak tartışılmıştır. Optimum maliyet düzeyini veya yaklaşık sıfır enerji düzeyini temsil edebilecek nitelikteki tedbirler vurgulanmıştır. Sonuçlar üzerinde etkili olan parametreler karşılaştırılmış ve Akdeniz ikliminde yaklaşık sıfır enerji bina seviyesine ulaşmada önemli rol oynayan faktörler değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yaklaşık Sıfır Enerji Bina, Bina Enerji Performansı, Enerji Etkin İyileştirme, Maliyet Optimum Enerji Verimliliği.

1. GİRİŞ

Enerjinin büyük bir bölümü binalarda tüketildiğinden, tüm dünyada bina sektöründeki enerji tasarrufu potansiyeli oldukça büyüktür ve birçok ülke bu potansiyelden yararlanmak üzere ilgili yasal mevzuatlarını geliştirmektedir. Avrupa’da da enerji tüketiminin %40’ı binalardan kaynaklanmaktadır [1]. Bu nedenle, binalar için enerji performansı gereksinimlerinin belirlenmesi, binalara enerji kimlik belgelerinin verilmesi ve bu yolla binalarda enerji verimliliğinin teşvik edilmesi amacıyla Avrupa Parlamentosu tarafından 2002 yılında 2002/91/EC sayılı Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD) yayımlanmıştır [2].

Sonraki yıllarda, EPBD güncel koşullar gözetilerek revize edilmiş ve bugün kısaca “EPBD-Recast” olarak adlandırılan 2010/31/EU sayılı revize direktif 2010 yılında yayımlanmıştır [1]. EPBD-Recast, Avrupa’da ekonomik koşulların önem kazanması sonucu, bina enerji verimliliğinde maliyet etkinliği de ön plana çıkaran ek zorunlulukları da beraberinde getirmektedir. Bu kapsamda, revize direktif iki yeni kavram ortaya koymaktadır: “maliyet optimum enerji verimliliği” ve “yaklaşık sıfır enerji bina”. EPBD Recast’e göre, tüm Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkelerin kendi ulusal koşullarına uygun hesaplama yöntemi geliştirmeleri ve bu yöntemle binalarda enerji performans gereksinimlerinin optimum maliyet düzeylerini belirlemeleri zorunludur. Ayrıca bu ülkeler, 2020 yılı sonu itibarıyla tüm yeni binaların yaklaşık sıfır enerji bina olmasını sağlamakla yükümlüdürler.

AB yasaları uyum sürecinde Türkiye’de de, EPBD kapsamında “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” 2008 yılında yayımlanmış ve bu yönetmelik ile tüm binalara BEP-TR hesaplama yöntemi kullanılarak enerji kimlik belgesi verilmesi zorunlu olmuştur [3, 4]. Bu süreç göz önüne alındığında, aynı şekilde EPBD-Recast kapsamında binalarda maliyet optimum enerji verimliliği ve yaklaşık sıfır enerji seviyelerinin hesaplanmasının da yakın bir gelecekte adaylık sürecinde olan Türkiye için bir zorunluluk haline geleceği öngörülmektedir.

Makale

2. AB MEVZUATINCA TANIMLANAN YAKLAŞIK SIFIR ENERJİ BİNA KAVRAMI

Yaklaşık sıfır enerji bina kavramı, Binalarda Enerji Performansı Revize Direktifi (EPBD-Recast) ile ortaya konulmuştur. Bu direktifte “yaklaşık sıfır enerji bina”, çok yüksek enerji performansına sahip bina olarak tanımlanmış ve ihtiyaç duyulan az miktardaki enerjinin çoğunlukla yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması zorunlu kılınmıştır. Bu tanımda belirtilen “çok yüksek enerji performansı” için mevzuata bağlı standart bir değer verilmemiş olup, her AB üyesi ülkenin hesaplamalar yolu ile kendi ulusal koşullarına uygun şekilde bu seviyeyi belirlemesi beklenmektedir.

Yaklaşık sıfır enerji bina kavramı, aynı direktifte yer alan maliyet optimum enerji verimliliği kavramı ile de doğrudan ilişkilidir. Maliyet optimum enerji verimliliği seviyesi, EPBD-Recast’e göre “ekonomik yaşam dönemi boyunca en düşük maliyet ile sonuçlanan enerji performansı seviyesi” olarak tanımlanmakta ve bu seviyenin 2020 yılı sonuna kadar yaklaşık sıfır enerji seviyesini yakalaması hedeflenmektedir [1].

Binalarda maliyet optimum enerji verimliliği seviyelerinin belirlenebilmesi için üye ülkelerin gerçekleştirmesi beklenen ulusal hesaplamalara yol göstermesi amacıyla, EPBD-Recast’ı destekleyen ve Ocak 2012’de Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanan yönetmelikte bir çerçeve yöntem sunulmuştur [5]. Ulusal yöntemlerin bu çerçeve yönteme uygun olarak geliştirilmesi beklenmektedir. Temel olarak, binalarda enerji performansı analizleri ile maliyet analizlerinin entegre edilmesiyle karşılaştırmalı olarak optimum düzeylerin belirlenmesini hedefleyen bu yöntem, aynı zamanda yaklaşık sıfır enerji düzeyinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda da kullanılmaktadır. Yöntemin ana adımları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

1. Referans binaların belirlenmesi
2. Enerji verimliliği tedbirlerinin belirlenmesi,
3. Birincil enerji tüketiminin hesaplanması,
4. Toplam maliyetlerin hesaplanması,
5. Analizlerde kullanılan verilere ilişkin duyarlılık analizlerinin yapılması,

6. Referans binalar için maliyet optimum enerji verimliliği seviyelerinin belirlenmesi.

Yukarıda da belirtildiği gibi, yayınlanan yöntem, yalnızca bir ana strüktür oluşturmakta ve ülkelerin kendi koşullarını gözeterek bu çerçeveyi esas alan bir ulusal yöntem geliştirmeleri beklenmektedir. AB yasaları uyum sürecinde olan ülkemizde bu konuda sonuçlandırılmış ve yasal olarak yürürlüğe girmiş ulusal bir yöntem veya araştırma henüz bulunmamaktadır. Gerçekleştirilecek çalışmalarda kullanılması gereken ve yukarıda ana başlıkları verilen AB çerçeve yöntemi, Bölüm 3’te detaylı olarak açıklanmıştır.

3. OPTİMUM MALİYET SEVİYESİ HESAPLAMALARINA YÖNELİK AB ÇERÇEVE YÖNTEMİ VE TÜRKİYE’DEKİ BİR KONUT BİNASI İÇİN ÖRNEK UYGULAMA

EPBD-Recast uyarınca binalarda maliyet optimum enerji verimliliği seviyelerinin belirlenmesi için ulusal koşullara uyarlanması beklenen AB çerçeve yöntemi, ilgili AB yönetmeliğinde ve kılavuz dokümanlarında açıklanmıştır [6]. Bu çerçeve yöntemin adımlarına ilişkin detaylar, konut binaları için gerçekleştirilen örnek bir uygulama ile birlikte aşağıda sunulmaktadır.

3.1. Referans Binaların Tanımlanması

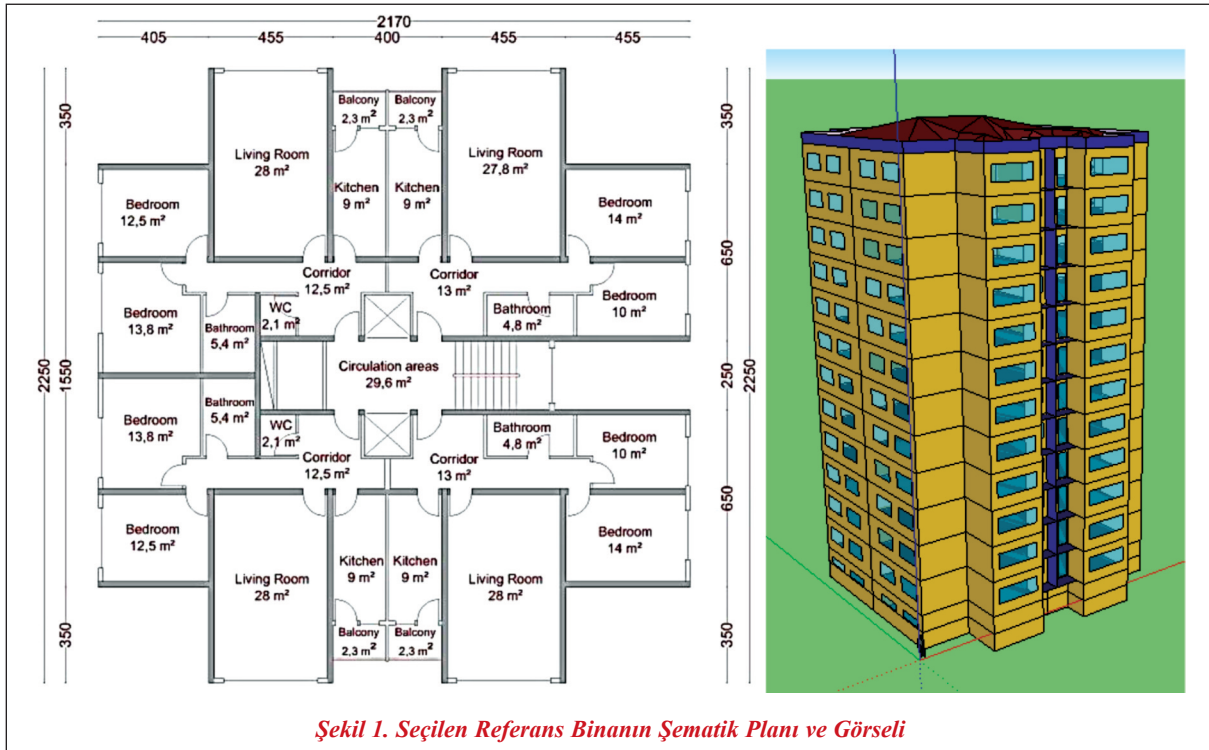
Mevcut bina stoğu dikkate alındığında, binalarda maliyet optimum enerji verimliliği seviyesi hesabının her bir bina için ayrı ayrı yapılmasının gerçekçi ve pratik bir yaklaşım olmayacağı açıktır. Bu nedenle, ilk aşama olarak bina stoğunu en iyi şekilde temsil edecek referans binaların belirlenmesi ve bu binalar üzerinde yapılan analizlerle geniş ölçekte kararlar alınması gerekmektedir. Bu amaçla, AB çerçeve metodu, hem mevcut hem de yeni yapılacak binaları en iyi düzeyde temsil edebilecek referans binaların belirlenmesini ve diğer tüm adımların bu referans binalar üzerinde analiz edilmesini gerektirmektedir. Avrupa Komisyonu’nun ilgili yönetmeliğine göre, farklı bina tipolojilerinde mevcut binaları temsilen en az ikişer, yeni binaları temsilen ise en az birer referans binanın tanımlanması gereklidir.

Referans bina tanımlama süreci, binaların geometrileri, yönleri büyüklükleri, yapım yılları, boyutları, kabuk özellikleri, gölgelenme durumları, kullanımları, mekanik sistemleri ve enerji performanslarıyla ilgili istatistiksel ve teknik veriler üzerinde detaylı araştırma gerektiren bir süreçtir. Bu amaçla Avrupa geneline bakıldığında, ulusal referans binaların belirlenmesi ile ilgili çeşitli araştırma projelerinin bulunduğu ve bu projelerin öncelikli olarak konut binaları üzerinde yoğunlaştığı gözlenmektedir [7, 8]. Bunun nedeni, yaşam ömürleri uzun olan konut binalarının ülkedeki bina stoğunu ve dolayısıyla binalardaki enerji tüketiminin büyük bir bölümünü temsil ediyor olmasıdır.

Türkiye’de de aynı durum gözlenmektedir ve öncelikle konut binaları için bu çalışmanın yapılması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Mimarlık Fakültesi öğretim üyesi Prof. Dr. Ayşe Zerrin YILMAZ yürütüldüğünde, TÜBİTAK-Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı tarafından desteklenen 113M596 no’lu “BİNALARDA MALİYET OPTİMUM ENERJİ VERİMLİLİĞİ SEVİYESİ İÇİN TÜRKİYE KOŞULLARINA UYGUN YÖNTEMİN VE REFERANS BİNALA-

RIN BELİRLENMESİ” başlıklı bir araştırma projesi yürütülmektedir. Halen devam etmekte olan bu araştırma projesi için belirlenen çalışmanın öncelikli olarak bir pilot bölge ve örnek bina tipolojisi üzerinde uygulanması ve ulusal ve yerel otoritelerce gerçekleştirilecek çalışmalara örnek teşkil etmesi planlanmıştır. Bu amaçla, pilot bölge olarak İstanbul, örnek bina tipolojisi olarak ise konut binaları seçilmiştir. Konut binaları üzerinden oluşturulacak referans bina ve maliyet optimum enerji verimliliği seviyelerinin belirlenmesi ulusal yönteminin, diğer bina tipolojileri için de bir çerçeve altlık oluşturması planlanmaktadır.

TÜBİTAK tarafından desteklenen araştırma projesi kapsamında tekil aile konutları, apartmanlar ve rezidans olarak adlandırılan çok işlevli lüks konut binaları için referans binalar belirlenmiştir. Bu örnek çalışmada da, araştırma projesi kapsamında referans binalardan biri olarak tanımlanan çok katlı bir apartman binası seçilerek ele alınmıştır. Toplamda 12 kat ve 1 bodrum kattan oluşan binanın 1985-1990 yılları arasında inşa edilmiş mevcut bir bina olduğu kabul edilmiştir. Şekil 1’de görüldüğü gibi, her katta dört adet 2+1 daire bulunmaktadır. Seçilen referans bina-



Makale

nın bina kabuğuna ilişkin katmanlaşmaları ve ısı geçirgenlik katsayıları Tablo 1’de verilmektedir.

Referans apartman binasının ısıtma ayar sıcaklığı 20 °C ve soğutma ayar sıcaklığı 26 °C olarak kabul edilmiştir. Isıtma enerjisi ihtiyacı %80 verimlilikte doğalgazlı sıcak su kazanı ile merkezi olarak karşılanmakta, soğutma enerjisi ihtiyacı ise her dairede COP değeri 3 olan split klima cihazları ile karşılanmaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2011 yılı Nüfus ve Konut Araştırması sonuçlarına göre, Türkiye’de ortalama hane halkı büyüklüğünün 3,8 olduğu ve TÜİK Gelir ve Yaşam Koşulları Araştırması’na göre, 2012 yılında hane halklarının %54’ünü çocuklu çiftlerden oluşan çekirdek ailelerin oluşturduğu göz önünde bulundurularak, her bir dairede iki çocuklu dört kişilik bir ailenin yaşadığı varsayılmıştır [9, 10].

Seçilen referans bina, sıcak nemli iklim bölgesi ve

ılımlı nemli iklim bölgesi için analiz edilmiştir. Referans binanın ılımlı nemli iklim bölgesinde yer alan İstanbul’da yer alması durumunda, binanın yıllık birincil enerji tüketimi 41,16 kWh/m² (26,79 kWh/m² ısıtma, 13,4 kWh/m² soğutma, 0,97 kWh/m² fan ve pompalar) olarak hesaplanmıştır. Bu binanın sıcak nemli iklim bölgesi olan İzmir’de yer alması durumunda ise, yıllık birincil enerji tüketimi 27,3 kWh/m² (7,52 kWh/m² ısıtma, 18,85 kWh/m² soğutma, 0,93 kWh/m² fan ve pompalar) olarak hesaplanmıştır.

3.2. Enerji Verimliliği Tedbirlerinin/Tedbir Paketlerinin Belirlenmesi

AB çerçeve yöntemine göre, enerji performansı ve maliyet analizleri için binaların enerji performansına etki eden tüm parametreler dikkate alınarak çeşitli enerji verimliliği tedbirleri belirlenmelidir. Her bir parametre için belirlenen enerji verimliliği tedbirlerinin tekil olarak analiz edilmesinin yanı sıra, farklı enerji verimliliği tedbirlerinin bir araya getirilerek

Tablo 1. Bina Kabuğuna İlişkin Katmanlaşma ve Isıl Performans Değerleri

BİNA KABUĞU BİLEŞENLERİNİN KATMANLARI VE ISIL PERFORMANSLARI							
DIŞ DUVAR (PERDE)				ÇATI ARASI DÖŞEMESİ			
Katmanlar	Kalınlık (m)	λ (W/mK)	U (W/m ² K)	Katmanlar	Kalınlık (m)	λ (W/mK)	U (W/m ² K)
Dış sıva	0.005	1.4	1.04	Camyünü	0.05	0.045	0.71
Betonarme	0.2	2.1		BA döşeme	0.16	2.1	
Herapor ısı yalıtımı	0.035	0.051		Tavan sıvası	0.01	0.87	
İç sıva	0.005	0.7					
DIŞ DUVAR (CEPHE PANELİ)				PENCERE			
Katmanlar	Kalınlık (m)	λ (W/mK)	U (W/m ² K)	Isıl Geçirgenlik Katsayısı (U) (W/m ² K)		2.9	
Betonarme	0.12	2.1	1.09	Güneş Enerjisi Geçirgenliği		0.75	
Herapor ısı yalıtımı	0.035	0.051		Gün Işığı Geçirgenliği		0.8	
İç sıva	0.005	0.7					
BODRUM KAT TAVANI							
Katmanlar	Kalınlık (m)	λ (W/mK)	U (W/m ² K)				
Meşe Parke	0.016	0.2	1.25				
Zift	0.005	0.7					
Şap	0.03	1.4					
BA döşeme	0.16	2.1					
Herapor ısı yalıtımı	0.025	0.09					

enerji verimliliği tedbir paketlerinin oluşturulması da önerilmektedir.

Enerji verimliliği tedbirleri/tedbir paketleri, yeni binalarda yapım, mevcut binalarda ise renovasyona yönelik olmalıdır ve aşağıdakileri kapsmalıdır [5]:

- Mevcut ulusal enerji performans gereksinimlerini karşılamak için gerekli tedbirler,
- (Varsa) Ulusal teşvik gereksinimlerini karşılamak için gerekli tedbirler
- Yeni ve mümkünse mevcut binaların yenilenmesi için yaklaşık sıfır enerjili bina seviyesine ulaşmak için gerekli tedbirler

Bu örnek uygulamada, seçilmiş olan konut binasının bina kabuğu, ısıtma sistemi ve soğutma sisteminde gerçekleştirilebilecek örnek enerji verimliliği tedbirleri her iki iklim bölgesi için analiz edilmiştir. Ancak unutulmamalıdır ki, bu tedbirler, AB çerçeve yönteminin uygulaması açısından örnek niteliğinde olup, sınırlı sayıdadır. Ulusal düzeyde bir yöntem uygulandığında çok daha fazla sayıda enerji verimliliği tedbiri analiz edilmeli ve bu tedbirler yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan sistemler de dahil olmak üzere tüm seçenekleri kapsmalıdır.

Örnek uygulama için belirlenen enerji verimliliği tedbirleri Tablo 2’de açıklanmıştır.

Tablo 2. Örnek Uygulama İçin Seçilmiş Enerji Verimliliği Tedbirleri

MEVCUT BİNA	Binanın mevcut durumunu ifade etmektedir.
YLTM 1-Duvar	Dış duvarlarda 2013 tarihli TS 825 standardında ilgili şehir için verilmiş ısı iletkenlik katsayılarını sağlayacak kalınlıkta extrüde polistren (XPS) levhalar ile ısı yalıtımı yapılması ($U_{\text{duvar}} = 0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İstanbul), $0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İzmir)) [11].
YLTM 1-Çatı	Çatı arasında 2013 tarihli TS 825 standardında ilgili şehir için verilmiş ısı iletkenlik katsayılarını sağlayacak kalınlıkta ilave cam yünü malzeme ile ısı yalıtımı yapılması ($U_{\text{çatı}} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İstanbul), $0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İzmir))
YLTM 1-Döşeme	Zemin kat döşemesinde 2013 tarihli TS 825 standardında ilgili şehir için verilmiş ısı iletkenlik katsayılarını sağlayacak kalınlıkta extrüde polistren (XPS) levhalar ile ısı yalıtımı yapılması ($U_{\text{duvar}} = 0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İstanbul), $0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İzmir))
YLTM 1-Tüm Kabuk	Dış duvarlar, çatı arası ve zemin kat döşemesinde 2013 tarihli TS 825 standardında ilgili şehir için verilmiş ısı iletkenlik katsayılarını sağlayacak düzeyde ısı yalıtımı yapılması
YLTM 2 -Duvar	Dış duvarlarda 2013 tarihli TS 825 standardında ilgili şehir için verilmiş ısı iletkenlik katsayılarından yaklaşık %25 daha düşük katsayıları sağlayacak kalınlıkta extrüde polistren (XPS) levhalar ile ısı yalıtımı yapılması ($U_{\text{duvar}} = 0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İstanbul), $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İzmir))
YLTM 2-Çatı	Çatı arasında 2013 tarihli TS 825 standardında ilgili şehir için verilmiş ısı iletkenlik katsayılarından yaklaşık %25 daha düşük katsayıları sağlayacak kalınlıkta ilave cam yünü malzeme ile ısı yalıtımı yapılması ($U_{\text{çatı}} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İstanbul), $0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İzmir))
YLTM 2-Döşeme	Çatı arasında 2013 tarihli TS 825 standardında ilgili şehir için verilmiş ısı iletkenlik katsayılarından yaklaşık %25 daha düşük katsayıları sağlayacak kalınlıkta extrüde polistren (XPS) levhalar ile ısı yalıtımı yapılması ($U_{\text{çatı}} = 0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İstanbul), $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İzmir))
YLTM 2-Tüm Kabuk	Dış duvarlar, çatı arası ve zemin kat döşemesinde 2013 tarihli TS 825 standardında ilgili şehir için verilmiş ısı iletkenlik katsayılarından yaklaşık %25 daha düşük katsayıları sağlayacak düzeyde ısı yalıtımı yapılması
YLTM 3 -Duvar	Dış duvarlarda 2013 tarihli TS 825 standardında ilgili şehir için verilmiş ısı iletkenlik katsayılarından yaklaşık %50 daha düşük katsayıları sağlayacak kalınlıkta extrüde polistren (XPS) levhalar ile ısı yalıtımı yapılması ($U_{\text{duvar}} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İstanbul), $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İzmir))

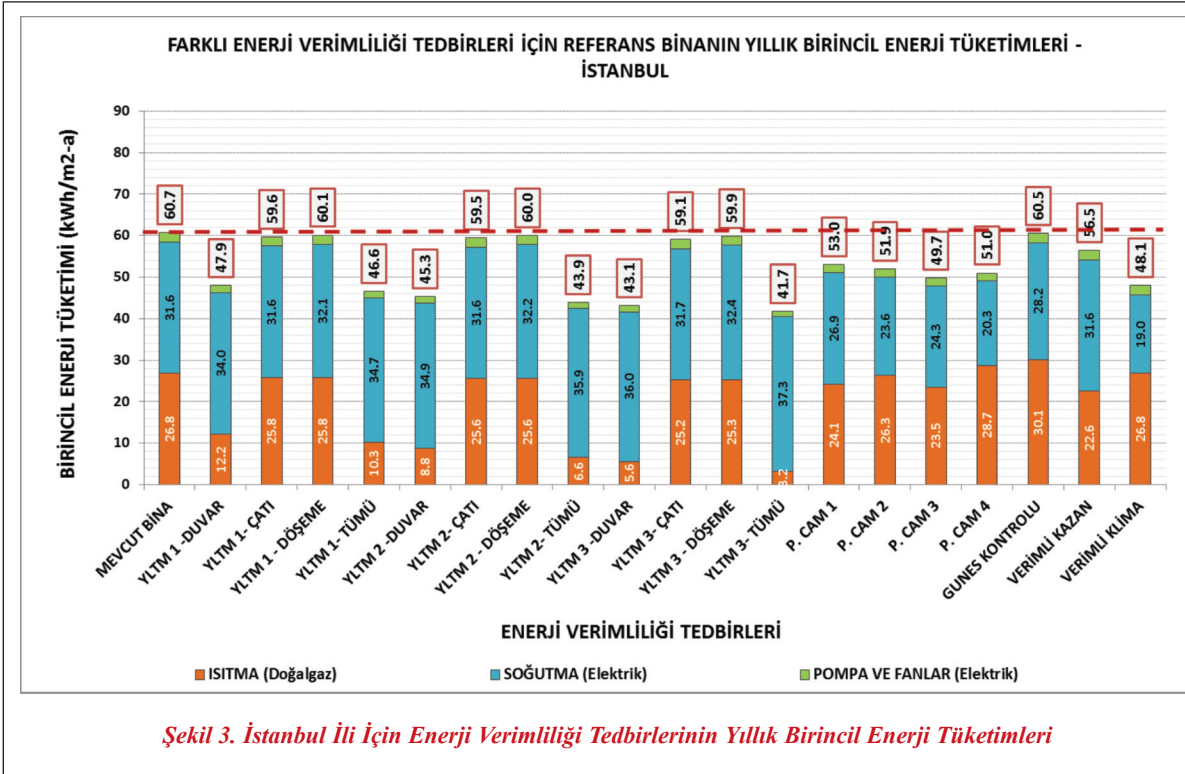
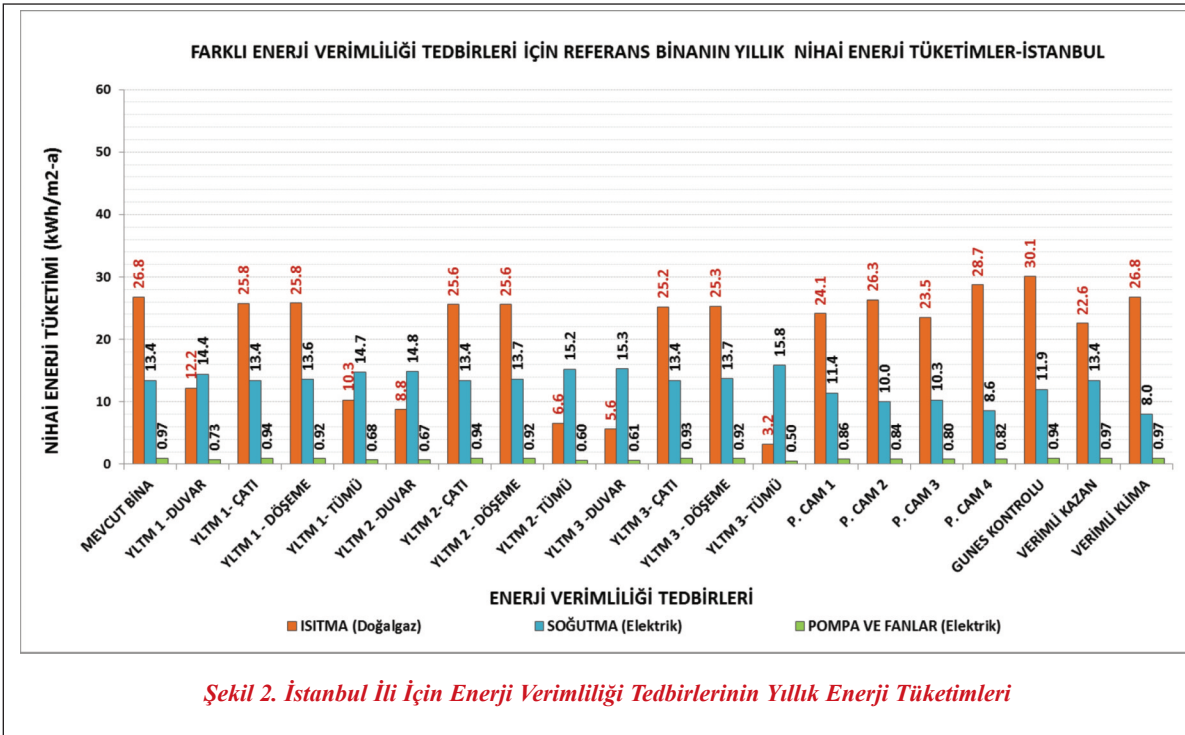
Makale**Tablo 2. Örnek Uygulama İçin Seçilmiş Enerji Verimliliği Tedbirleri (Devam)**

YLTM 3- Çatı	Çatı arasında 2013 tarihli TS 825 standardında ilgili şehir için verilmiş ısı iletkenlik katsayılarından yaklaşık %50 daha düşük katsayıları sağlayacak kalınlıkta ilave cam yünü malzeme ile ısı yalıtımı yapılması ($U_{\text{çatı}} = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İstanbul), $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İzmir))
YLTM 3 - Döşeme	Çatı arasında 2013 tarihli TS 825 standardında ilgili şehir için verilmiş ısı iletkenlik katsayılarından yaklaşık %50 daha düşük katsayıları sağlayacak kalınlıkta ekstrüde polistren (XPS) levhalar ile ısı yalıtımı yapılması ($U_{\text{çatı}} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İstanbul), $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ (İzmir))
YLTM 3- Tüm Kabuk	Dış duvarlar, çatı arası ve zemin kat döşemesinde 2013 tarihli TS 825 standardında ilgili şehir için verilmiş ısı iletkenlik katsayılarından yaklaşık %50 daha düşük katsayıları sağlayacak düzeyde ısı yalıtımı yapılması P. CAM 1 Mevcut pencere camlarının ısı iletkenlik katsayısı (U) = $1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$, Güneş enerjisi geçirgenliği (SHGC) = 0.56, Gün ışığı geçirgenliği (T_{vis}) = 0.79 olan camlar ile değiştirilmesi
P. CAM 2	Mevcut pencere camlarının $U = 1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$, SHGC = 0.44, $T_{\text{vis}} = 0.71$ olan camlar ile değiştirilmesi P. CAM 3 Mevcut pencere camlarının $U = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$, SHGC = 0.44, $T_{\text{vis}} = 0.71$ olan camlar ile değiştirilmesi
P. CAM 4	Mevcut pencere camlarının $U = 1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$, SHGC = 0.30, $T_{\text{vis}} = 0.44$ olan camlar ile değiştirilmesi
Güneş Kontrolü	Binanın güney cephesinde alüminyum esaslı yatay, sabit dış cephe jaluzileri ile gölgeleme yapılması
Verimli Kazan	Binanın ısıtma enerjisini karşılayan mevcut kazanın %95 verimlilikte bir kazan ile değiştirilmesi
Verimli Klima	Binanın soğutma enerjisini karşılayan, COP değeri 3 olan mevcut split klimaların COP değeri 5 olan yeni split klimalar ile değiştirilmesi

3.3. Enerji Verimliliği Tedbirleri için Birincil Enerji Kullanımının Hesaplanması

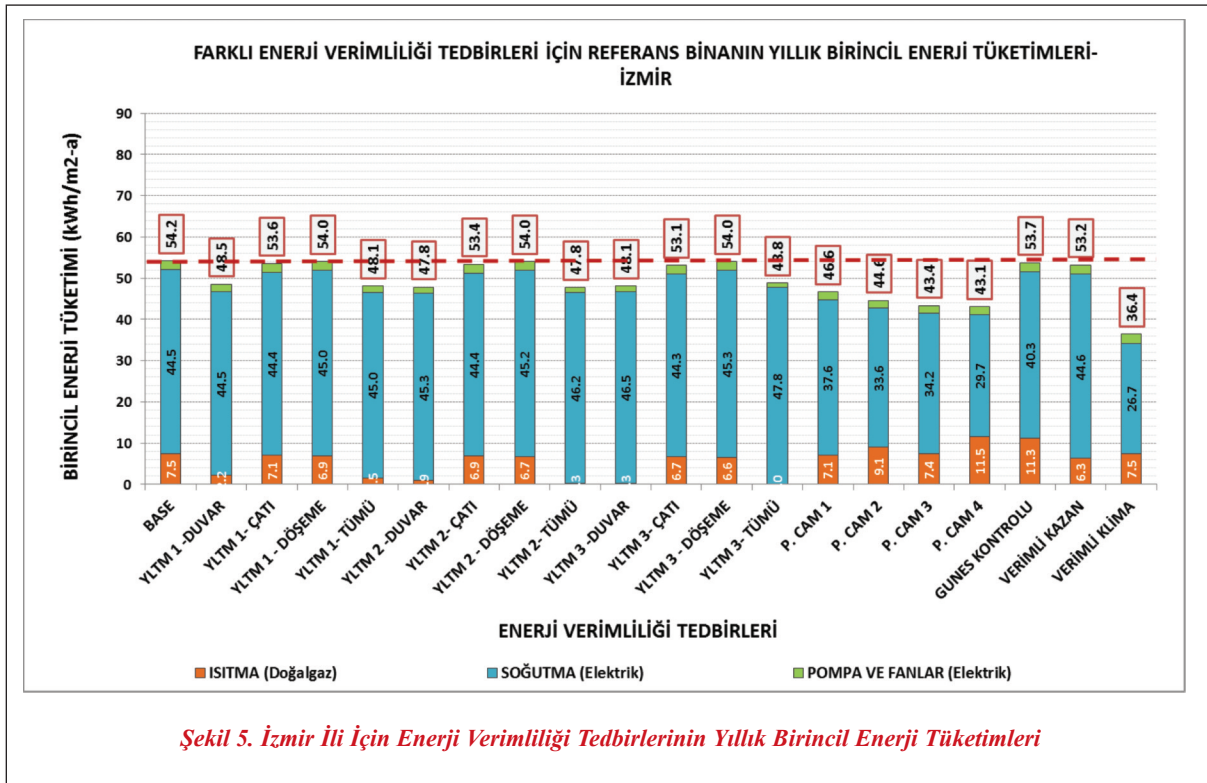
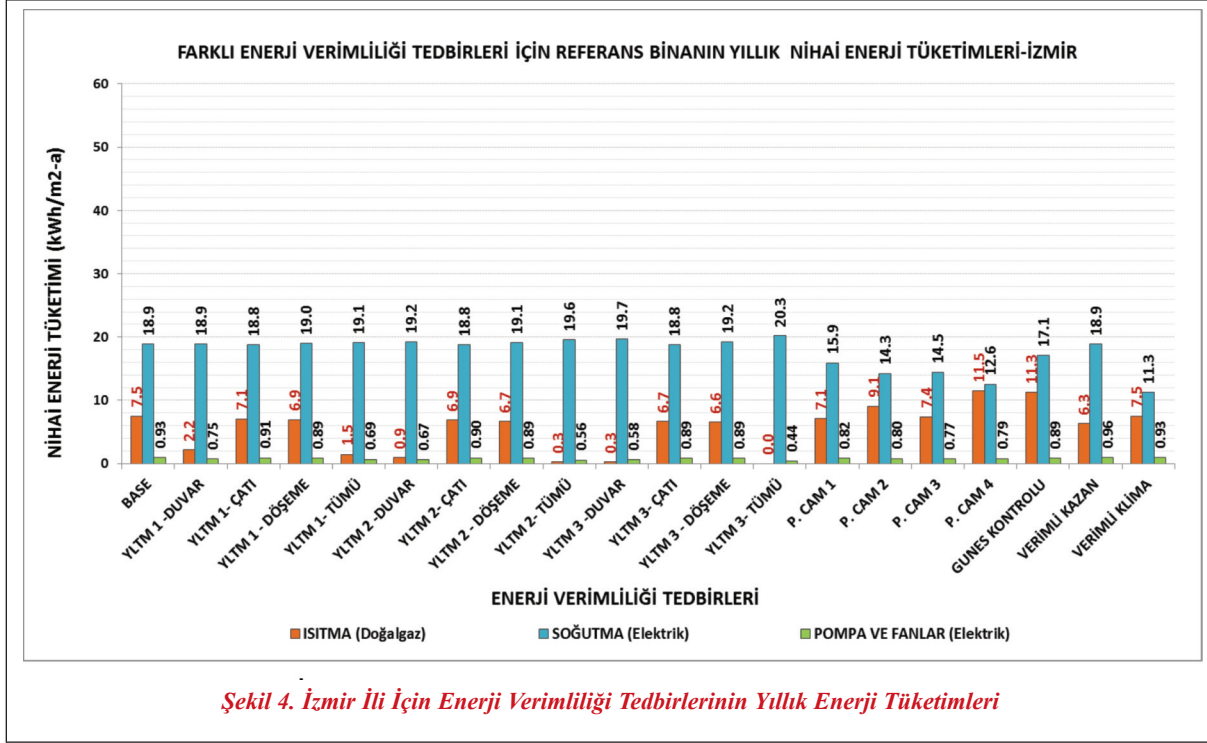
AB çerçeve yönteminde sunulduğu şekilde, belirlenmiş olan enerji verimliliği tedbirleri ve tedbir paketleri, seçilen referans binalar için analiz edilmelidir. Her bir referans bina için belirlenen tüm enerji verimliliği tedbirlerinin binalara uygulanmasıyla ulaşılabilecek enerji performans düzeyleri ayrı ayrı hesaplanmalıdır. İlgili AB yönetmeliğine göre, öncelikle ısıtma ve soğutma için gerekli enerji miktarlarının, daha sonrasında ise ısıtma, soğutma, havalandırma, sıhhi sıcak su ve aydınlatma sistemleri için gerekli enerji miktarlarının hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplamalar, referans binanın kullanılan alanı için metrekare başına düşen birincil enerji cinsinden belirtilmelidir.

Bu örnek uygulamada, ilgili AB kılavuz dokümanında önerildiği şekilde detaylı dinamik hesaplama yöntemi kullanılarak, seçilen enerji verimliliği tedbirleri için enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Isıtma ve soğutma için enerji tüketimleri, EnergyPlus dinamik simülasyon aracı kullanılarak, hem İstanbul hem de İzmir şehirleri için gerçekleştirilmiştir. Nihai enerji tüketimleri ve birincil enerji dönüşüm katsayıları kullanılarak birincil enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Birincil enerji dönüşüm katsayıları, doğalgaz için 1, elektrik için 2,36'dır. İstanbul ili iklimi için gerçekleştirilen enerji tüketimi hesaplarının sonuçları Şekil 2'de, birincil enerji cinsinden tüketim hesapları ise Şekil 3'te grafik olarak sunulmuştur.



Makale

İzmir ili iklimi için gerçekleştirilen enerji tüketimi hesaplarının sonuçları Şekil 4'te, birincil enerji cinsinden tüketim hesapları ise Şekil 5'te grafik olarak sunulmuştur.



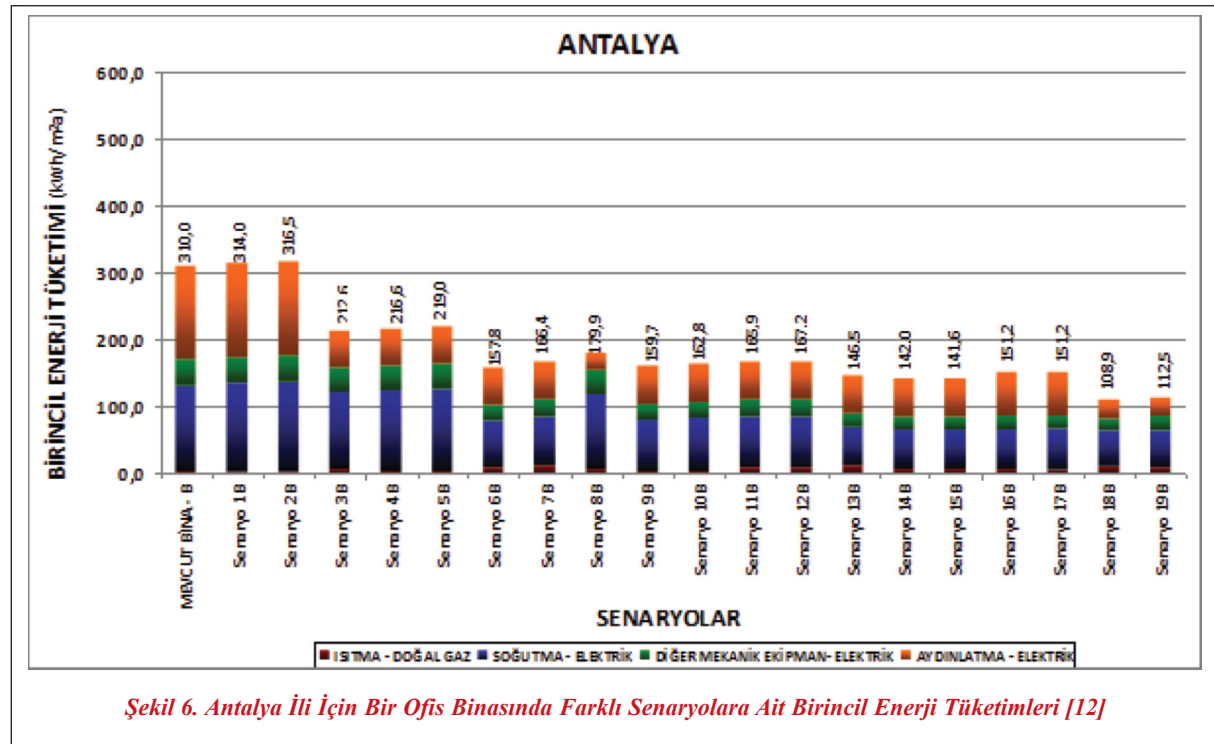
Şekil 2, 3, 4 ve 5'te verilen enerji tüketimi grafikleri incelendiğinde, toplam enerji tüketimlerinin İstanbul'da bulunan referans binada İzmir'de bulunan referans binaya göre daha fazla olduğu görülmektedir. İstanbul iklimi için nihai enerji tüketimlerine bakıldığında, ısıtma enerjisi tüketimlerinin daha ağırlıklı olduğu görülmektedir. Ancak, birincil enerji cinsinden tüketimlere bakıldığında, çoğunlukla soğutma yüklerinin ağırlıkta olduğu görülmektedir.

İzmir iklimi için enerji tüketimlerine bakıldığında soğutma enerjisi tüketimlerinin ısıtma enerjisi tüketimlerinden oldukça fazla olduğu görülmektedir.

Ele alınan senaryolar arasından referans binada en yüksek enerji verimliliği seviyelerine, İstanbul iklimi için ısı yalıtım senaryoları ile ulaşılmakta, İzmir iklimi için ise soğutma enerjisi tüketimlerini düşüren pencere camı değişiklikleri ve klimaların verimli klimalar ile değiştirilmesi ile ulaşılmaktadır.

İzmir iklimi koşullarında, ısı yalıtımının 2. seviyeden (YLTM-2) daha fazla artırılması enerji tüketimlerini arttırmaya başlamaktadır. Bunun nedeni ise, ısı yalıtımının soğutma yüklerini arttırmasıdır.

Bu örnek hesaplamalarda ele alınan konut binası, iç ısı kazançları açısından düşük yoğunluklu bir konut binasıdır. Ancak, daha yüksek yoğunluklu binalarda ısı yalıtımı uygulamasının soğutma yükleri üzerindeki etkisi daha belirgindir. Bu nedenle, iç ısı kazançları daha yüksek olan bir konut binasında veya işlevleri gereği ısı kazançları yüksek olan bina tipolojilerinde bu etki açıkça görülebilmektedir. Örneğin, ofis binalarında maliyet optimum enerji verimliliği seviyelerinin analiz edildiği ve 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi'nde tarafımızca sunulmuş olan çalışmada Ankara ve Antalya için örnek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir [12]. Bu hesaplamalarda ele alınan ofis binasında ısı yalıtımı uygulamasının binadaki soğutma yüklerini arttırarak enerji tüketimini arttırdığı görülmüştür. Ofis binası için gerçekleştirilen bu çalışmadan Antalya iline ait birincil enerji tüketimini gösteren grafik Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'daki grafikte, Senaryo 1B ve Senaryo 2B olarak adlandırılan senaryolar ısı yalıtım senaryolarıdır ve mevcut binanın birincil enerji cinsinden enerji tüketiminden daha yüksek enerji tüketimiyle sonuçlanmıştır. Hem enerji tüketimlerinin artışı hem de gereksiz ilk yatırım maliyetleri nedeniyle bu senaryoların uzun dönem toplam maliyetleri de mev-



Makale

cut binadan daha yüksektir. Çalışmanın tamamı, ilgili bildiriden incelenebilmektedir [12].

Bir Akdeniz ülkesi olan Türkiye’de, özellikle sıcaknemli iklim bölgesinde yer alan şehirler için soğutma yüklerinin oldukça önemli olduğu tüm bu analizlerden açıkça anlaşılmaktadır. Bu durum, binalarda maliyet optimum enerji verimliliği ve yaklaşık sıfır enerji seviyelerinin hesaplanması amacıyla geliştirilecek ulusal yöntemde mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

3.4. Enerji Verimliliği Tedbirleri için Uzun Dönem Maliyetlerin Hesaplanması

AB çerçeve metoduna göre, enerji verimliliği tedbirlerinin uzun dönem maliyetleri, enerji performansı analizleri ile entegre edilmek üzere net bugünkü değer yöntemi kullanılarak hesaplanmalıdır. Net bugünkü değer yönteminde, her bir maliyet bugünkü (veya hesaplamanın başlangıç yılındaki) değerine indirgenerek hesaba katılmaktadır. Bugünkü değerleri elde etmek üzere, enflasyon oranı, enerji fiyatlarının artışı ve faiz oranı gibi finansal veriler kullanılarak indirim faktörü, bugünkü değer faktörü gibi katsayılar elde edilir. Gelecek yıllar için öngörülen kazanç ve maliyetler bu katsayılar ile çarpılarak bugünkü değerleri hesaplanır ve uzun yıllara ait toplam maliyetler elde edilir. AB mevzuatı bu hesaplamalar için EN 15459 standardını referans göstermektedir [13]. EPBD-Recast 2010 ve ilgili mevzuat kapsamında önerilen maliyet hesaplama süreleri, konut binalarında 30 yıl, ticari binalar için ise 20 yıl olarak belirlenmiştir [3].

Hesaplamalarda ilk yatırım maliyetleri, işletim maliyetleri, enerji giderleri gibi çeşitli maliyet kategorileri dikkate alınarak, yapılan enerji verimliliği yatırımı ile binanın hizmet ömrü süresince elde edilen enerji maliyeti tasarrufu hesaba katılır. Bu hesaplamalarda, değerlendirmeye alınan her bir enerji verimliliği tedbiri için sabit olan maliyetler ve binanın enerji performansına etki etmeyen bina elemanlarına ait maliyetler hesaba katılmaz, diğer tüm maliyetler değerlendirmeye alınır.

Hesaplama için, iki farklı hesap şekli sunulmaktadır. Bunlardan biri yatırımcının kişisel harcamalarını dikkate alan finansal hesaplama iken, diğeri makroekonomik hesaplama. Makroekonomik hesaplama, finansal hesaplama dikkate alınan maliyet kategorilerinin dışında sera gazı salımlarının maliyetleri de hesaba katılır, buna karşın vergiler hesaba katılmaz ve aşağıdaki formül ile hesaplanır [5].

$$C_g(\tau) = C_1 + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i) + C_{c,i}(j)) - V_{f,\tau}(j) \right] \quad (1)$$

τ : hesaplama süresi

$C_g(\tau)$: toplam maliyet

C_1 : ilk yatırım maliyeti

$C_{a,i}(j)$: yıllık giderler

$C_{c,i}(j)$: karbon fiyatı

$V_{f,\tau}(j)$: binanın, hesaplama süresi sonunda kalan bedeli

$R_d(i)$: i yılı için indirim oranı, eşitlik 2 ile hesaplanır.

$$R_d(p) = \left(\frac{1}{1 + r / 100} \right)^p \quad (2)$$

r : reel indirim oranı

p : hesaplama başlangıç yılından itibaren geçen yıl sayısı

Bu örnek uygulama kapsamında da, ele alınan iyileştirme senaryolarının uzun dönem maliyetler üzerindeki etkisi hesaplanmıştır. Hesaplama süresi, AB çerçeve yönteminde önerildiği gibi 30 yıl olarak hesaba katılmıştır. Hesaplarda ilk yatırım maliyetleri ve enerji tüketimi maliyetleri dikkate alınmıştır, diğer işletim maliyetleri hesaplamanın dışında bırakılmıştır. Hesaplamalarda, başlangıç yılı olarak 2014 yılı seçilmiş olup, enerji verimliliği tedbirlerinin ilk yatırım maliyetlerinin hesaplanmasında 2014 yılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kullanılmıştır [14]. Maliyet hesaplarında kullanılan diğer veriler Tablo 3’te sunulmuştur. Enflasyon oranı, Aralık ayına göre yıllık enflasyon değişimlerinin son beş yıllık ortalaması alınarak hesaba katılmıştır.

Tablo 3. Maliyet Hesaplamalarında Kullanılan Veriler

İstanbul için doğalgaz birim fiyatı	0,094303 TL/kWh [15]
İzmir için doğalgaz birim fiyatı	0,088421 TL/kWh [16]
Elektrik birim fiyatı	0,310484 TL/kWh [17]
Enflasyon oranı	%7,72 [18]
Piyasa faiz oranı	%110[18]
Enerji Verimliliği İçin malzeme ve işçilik fiyatları	2014 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları [14]

3.5. Duyarlılık Analizlerinin Yapılması

AB mevzuatında sunulan çerçeve metod gereğince, optimum maliyet analizleri gerçekleştirilirken, indirim oranları, enerji fiyatlarındaki artış ve diğer tüm gerekli veriler için duyarlılık analizleri gerekmektedir. Bu sayede, optimum maliyet analizleri için en önemli parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Duyarlılık analizleri bu çalışmada gerçekleştirilen örnek hesaplamaların kapsamına alınmamıştır.

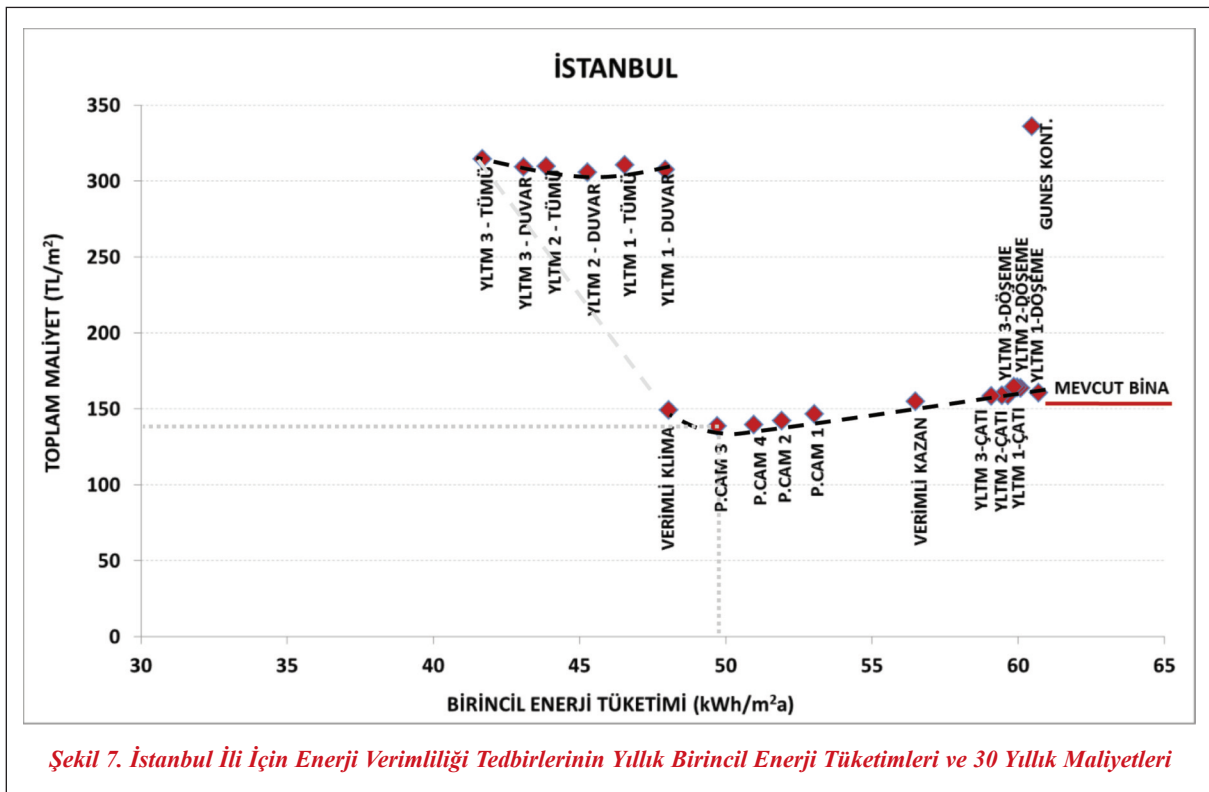
3.6. Maliyet Optimum Enerji Verimliliği Seviyelerinin Belirlenmesi

Optimum maliyet seviyesi hesaplamalarına yönelik AB çerçeve yönteminin son aşaması, enerji verimli-

liği tedbirleri ve tedbir paketleri için hesaplanmış olan enerji performansı ve maliyetlerin karşılaştırmalı olarak analiz edilmesini içermektedir. Bu yolla, en az maliyetle en fazla enerji verimliliği sağlayan tedbirler/tedbir paketleri maliyet optimum tedbirler olarak belirlenebilmektedir. Aynı sonuçlardan yola çıkılarak, her ülkenin kendi koşullarına uygun yaklaşık sıfır enerji seviyelerini de belirlemesi beklenmektedir.

Bu örnek çalışmada gerçekleştirilen enerji performansı analizleri ve maliyet analizleri de AB çerçeve yönteminin önerdiği şekilde karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Seçilen referans bina için birim alan başına 30 yıllık toplam maliyetler ile yıllık birincil enerji tüketimleri Şekil 7'deki tablo ile verilmiştir.

Şekil 7 ile verilen grafikte görüldüğü gibi, seçilen referans konut binasında İstanbul iklimi için maliyet ve enerji verimliliği karşılaştırıldığında optimum sonuç veren iyileştirme "P.CAM 3" olarak isimlen-



Makale

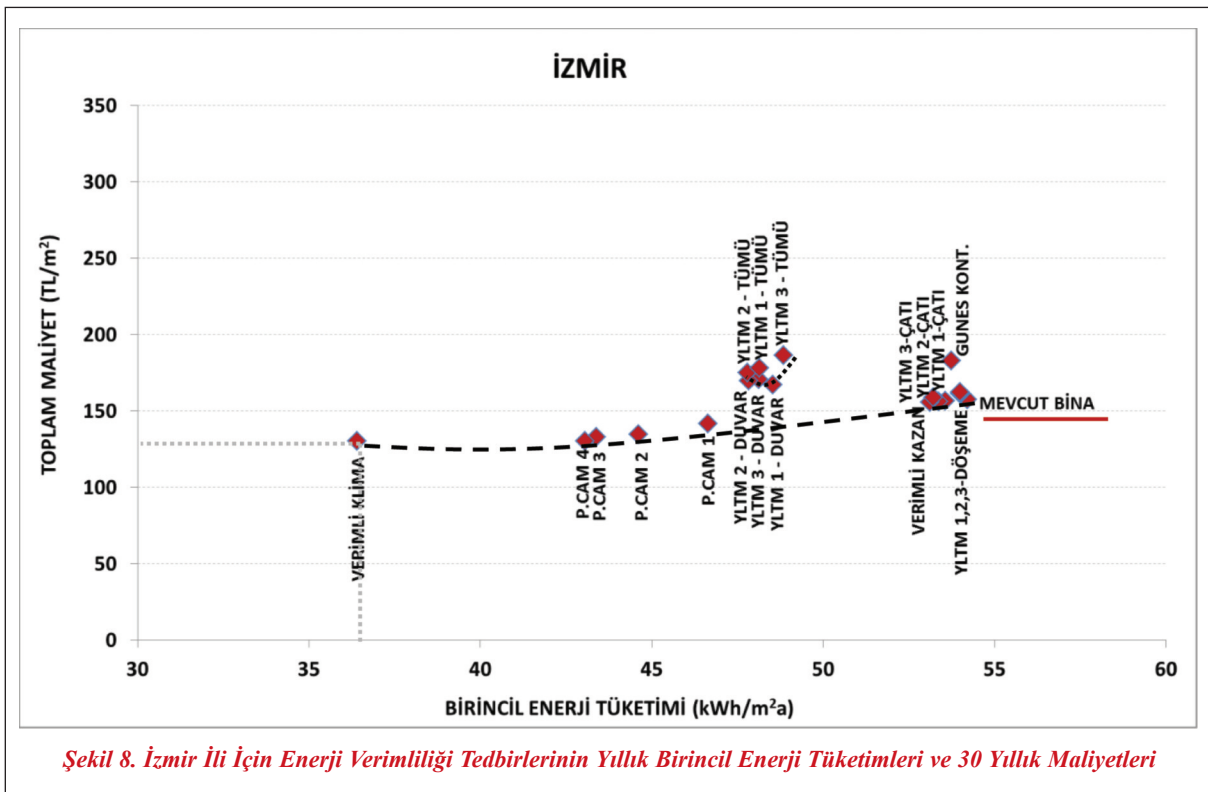
dirilmiş olan ve mevcut pencere camlarının $U = 1.1$ W/m^2K , $SHGC = 0.44$, $T_{vis} = 0.71$ olan camlar ile değiştirilmesini ifade eden enerji verimliliği tedbiri olmuştur. Dış duvarlarda veya cephenin tamamında uygulanan ısı yalıtımları bu binada enerji performansı açısından olumlu sonuç vermeye birlikte, maliyet açısından optimum seviyeden uzaklaşmaktadır. Ayrıca, “YLTM 1” olarak isimlendirilen seviyede ısı yalıtımı yapılarak elde edilen enerji tasarrufunun “VERİMLİ KLİMA” olarak isimlendirilen enerji verimliliği tedbiri ile daha az toplam maliyet ile sağlanabildiği görülmektedir. “YLTM-3” tedbirleri ise yaklaşık sıfır enerji seviyelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda, tedbir paketleri içerisinde analiz edilmeli ve sonuçlar ulusal koşullara uygun olarak değerlendirilmelidir.

Şekil 8 ile verilen grafik incelendiğinde, seçilen konut referans binasında sıcak nemli iklim bölgesindeki İzmir ili için maliyet optimum enerji verimliliği seviyesinin “VERİMLİ KLİMA” olarak isimlendirilmiş olan ve mevcut split klimaların COP değeri 5 olan yeni split klimalar ile değiştirilmesini ifade eden enerji verimliliği tedbiri ile sağlandığı görül-

mektedir. Soğutma yüklerinin ağırlıklı olduğu İzmir ikliminde bu enerji verimliliği tedbiri hem en düşük maliyet hem de en yüksek enerji verimliliği ile sonuçlanmıştır. Birçok enerji verimliliği tedbirinin mevcut binaya göre daha yüksek enerji verimliliği ve daha düşük maliyet ile sonuçlandığı düşünüldüğünde, enerji maliyetlerinin sonuçlar üzerinde oldukça fazla etkisi olduğu görülmektedir. Ancak, ilk yatırım maliyetleri bu çalışmada analiz edilenlerden daha yüksek olan enerji verimliliği tedbirleri değerlendirildiğinde sonuçların farklılaşabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

SONUÇ

EPBD-Recast kapsamında binalarda maliyet optimum enerji verimliliği ve yaklaşık sıfır enerji seviyelerinin AB çerçeve yöntemine uygun olarak hesaplanmasının yakın bir gelecekte adaylık sürecinde olan Türkiye için bir zorunluluk haline geleceği öngörülmektedir. Bu hedefe ulaşabilmek için, AB ülkelerinde devam etmekte olan araştırmalara benzer şekilde, Türkiye’de de uzun soluklu araştırmalar ve konunun uzmanları tarafından yapılacak değerlendirmelere ihtiyaç duyulmaktadır.



EPBD-Recast'e paralel olarak ulusal düzeyde gerçekleştirilecek çalışmalarda, yukarıda da açıklandığı gibi bina tipolojilerini ve Türkiye'deki iklim bölgelerini ayrı ayrı ele almak şarttır. Ayrıca, Kuzey ve Orta Avrupa ülkelerinden farklı olarak, Akdeniz ülkelerinde sıcak-nemli iklim bölgelerinin de bulunduğu ve bu iklim bölgesinde soğutma yüklerinin ön plana çıktığı dikkate alınmalıdır.

Avrupa Komisyonu'nun sunduğu çerçeve yöntemin ilk adım olarak işaret ettiği ve sonuçlar üzerinde büyük önemi olan referans bina belirleme çalışmaları, konut binaları için TÜBİTAK tarafından desteklenen ve İTÜ Mimarlık Fakültesi'nde yürütülen ulusal düzeyde bir araştırma ile gerçekleştirilmiştir. Belirlenen bu referans binaların her biri için çok sayıda enerji verimliliği tedbir ve tedbir paketleri test edilmelidir. Ayrıca, diğer bina tipolojileri için de benzer araştırmalar yürütülmelidir.

Bu çalışmada sunulan analizler örnek niteliğinde olup, yalnızca sınırlı sayıda enerji verimliliği tedbirinin test edilmesini kapsamaktadır. Ancak, binalarda maliyet optimum seviyelerin ve yaklaşık sıfır enerji seviyelerinin hesaplanması için gerçekleştirilecek ulusal düzeydeki bir çalışmada, binalarda uygulanabilecek tüm enerji verimliliği tedbirleri analiz edilmelidir. Ayrıca ulusal düzeyde bir çalışmada, enerji verimliliği tedbirleri yalnızca tekil olarak değil, tekil tedbirlerin bir araya getirilmesiyle oluşturulan tedbir paketleri için de hesaplamaların mutlaka gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede, ilk yatırım maliyeti yüksek olan enerji verimliliği tedbirlerini de diğerleri ile birlikte maliyet optimum şekilde uygulamak mümkün olabilecektir. Bunun yanı sıra, finansal verilerin hesap sonuçları üzerindeki etkisi de duyarlılık analizleri ile değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak, ulusal düzeyde AB çerçeve yöntemine uygun olarak gerçekleştirilecek tüm çalışmalar detaylı ve çok yönlü olarak ele alınmalı ve tüm bina tipolojileri ve tüm iklim koşulları için ulusal çıkarılara uygun sonuçlar elde edilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Directive 2010/31/EU, Directive of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast), 2010.
- [2] Directive 2002/91/EC, Directive of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings, 2002.
- [3] Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2008
- [4] T.C. Resmi Gazete, Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi, Bina Enerji Performansı – Isıtma ve Soğutma için Net Enerji İhtiyacının Hesaplanması, Aralık, 2010.
- [5] Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 Supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings by Establishing a Comparative Methodology Framework for Calculating Cost-Optimal Levels of Minimum Energy Performance Requirements for Buildings and Building Elements, 2012.
- [6] Guidelines Accompanying on Supplementing Directive 2010/31/EU, of the European Parliament and of the Council on Energy Performance of Buildings (Recast) by Establishing a Comparative Methodology Framework for Calculating cost Optimal Levels of Minimum Energy Performance Requirements for Buildings and Building Element, 2010.
- [7] Loga T., Diefenbach N., Use of Building Typologies for Energy Performance Assessment of National Building Stocks, Existent Experiences in European Countries and Common Approach, First TABULA Synthesis Report, Institut Wohnen und Umwel, Darmstadt, Almanya, 2010.
- [8] Spiekman M., Comparison of Energy Performance Requirements Levels: Possibilities and Impossibilities, Summary Report, Report of ASIEPI, 2010.
- [9] Nüfus ve Konut Araştırması, 2011, Türkiye İstatistik Kurumu.

Makale

- [10] Gelir ve Yaşam Koşulları Araştırması, 2012, Türkiye İstatistik Kurumu.
- [11] Türk Standardları Enstitüsü, TS 825: Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Ankara (2013).
- [12] Enerji Performansı Gereksinimlerinin Optimum Maliyet Düzeyinin Türkiye'deki Örnek Bir Ofis Binasında Yapılan İyileştirmeler İçin Hesaplanması, Neşe Ganiç, A. Zerrin Yılmaz, Stefano P. Corgnati, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON), 17-20 Nisan 2013, İzmir.
- [13] EN 15459, Energy Performance of Buildings - Economic Evaluation Procedure for Energy Systems in Buildings (EN 15459:2008), Mayıs, 2007.
- [14] 2014 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2014, Ankara.
- [15] İstanbul Gaz Dağıtım Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi (İGDAS), <<http://www.igdas.com.tr/>>, Ocak 2015 tarihinde erişilmiştir.
- [16] İzmir Doğalgaz Dağıtım A.Ş., <<http://www.izmir-gaz.com.tr/>>, Ocak 2015 tarihinde erişilmiştir.
- [17] Türkiye Elektrik Dağıtım, www.tedas.gov.tr, Aralık 2015 tarihinde erişilmiştir.
- [18] Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası, <www.tcmb.gov.tr>, Ocak 2015 tarihinde erişilmiştir.