



Makale / Research Paper

**Bina Kabuğunda Isı ve Ses Yalıtım Performansı Optimizasyonu: Antalya
100.Yıl Bulvarı Üzerinde Bir Bina Örneği**

Oya KESKİN^{1a}, Fatma Nur DURAN^{1b}

¹Antalya Bilim Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü.
Antalya/TÜRKİYE
oya.keskin@antalya.edu.tr

Received/Geliş: 15.06.2022

Accepted/Kabul: 07.09.2022

Öz: Bir binada 'sürdürülebilirlik' ve 'enerji tasarrufu' açısından dikkat edilmesi gereken en önemli nokta kabuk tasarımıdır. Türkiye'de bina kabuğunda ısı ve ses yalıtımının önemi artmış olsa da, sıkı bir şekilde uygulanmayan düzenlemeler nedeniyle çeşitli sorunlar yaşanmaktadır. Özellikle COVID 19 pandemisi nedeniyle insanların zamanlarının çoğunu evde geçirmesi, ev içi konfor koşullarının önemini artırmıştır. Kullanıcı konforunu artırmak için öncelikle mevcut binaların cephelerinde farklı fiziksel çalışma prensipleri ve parametreleri olan ses ve ısı yalıtımı için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Her iki yalıtım türünün de ihtiyacını karşılayacak optimum cephelerin tasarlanması önemlidir. Bu çalışmada Antalya 100. Yıl Bulvarı yerleşim düzeni içerisinde imar planlarındaki eksiklikler sonucu ortaya çıkan mevcut yapı stokları incelenmiştir. Bina kabuğuna bağlı performansını artırmak için gerekli iyileştirme önerileri sunulmaktadır. Çalışma kapsamında cephelerin hem yalıtım performansları karşılaştırılmış hem de optimum kabuk tasarımına yönelik öneriler ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bina kabuğu, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, bina kabuğu simülasyonu, DesignBuilder.

**Optimization of Building Envelope in Terms of Sound Insulation and
Thermal Performance-Case Study: Antalya 100.Yıl Boulevard**

Abstract: The most important point to be considered in terms of 'sustainability' and 'energy conservation' in a building is the design of the building envelope. Although the importance of thermal and sound insulation in the envelope has increased in Turkey, various problems are experienced due to regulations that have not been strictly implemented. In particular, the fact that people spend most of their time at home due to the COVID 19 pandemic has increased the importance of indoor comfort conditions. In order to increase user comfort, the first thing to do is to take the necessary measures for sound and thermal insulation, which have different physical working principles and parameters on the facades of existing buildings. It is important to design optimal facades that will meet the needs of both types of insulation. In this study, the existing building stocks that emerged as a result of the deficiencies in the zoning plans within the settlement pattern of Antalya 100. Yıl Boulevard are examined. Necessary improvement suggestions are presented in order to increase the performance, depending on the envelope. Within the scope of the study, both insulation performances of the facades are compared and solutions for the optimal envelope design were revealed.

Keywords: Building envelope, thermal insulation, sound insulation, building envelope simulation, DesignBuilder.

Bu makaleye atıf yapmak için

Keskin O., Duran F.N., "Bina Kabuğunda Isı ve Ses Yalıtım Performansı Optimizasyonu: Antalya 100.Yıl Bulvarı Üzerinde Bir Bina Örneği", El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 2022, 9 (4); 1157-1169.

How to cite this article

Keskin O., Duran F.N., "Optimization of Building Envelope in Terms of Sound Insulation and Thermal Performance-Case Study: Antalya 100.Yıl Boulevard", El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2022, 9 (4); 1157-1169.

ORDIC:0000-0003-3312-6462; 0000-0002-2292-8614

1. Giriş

Enerji kaynaklarının tükenmesi ve tüm dünyada sürdürülebilirliğe olan ilginin artması pek çok alanda ‘enerjinin korunumu’ kavramını ortaya çıkartmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı, en yalın şekliyle insanların yaşam kalitelerinden ödün vermeden hayatlarını sürdürebilirken bir yandan da diğer canlıları ve gelecek nesilleri tehlikeye atmayacak şekilde yaşamaları anlamına gelir. Sürdürülebilirlik denildiğinde, çevresel (fiziksel), sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği düşünmek gerekir. Çevresel sürdürülebilirlik, doğada bulunan kaynakların bir gün tükenebileceğinin farkında olunması gerekliliği üzerine yoğunlaşır. Bu noktada, şüphesiz ki yapma çevreler sürdürülebilirlik kavramını en çok etkileyen faktörlerden biridir.

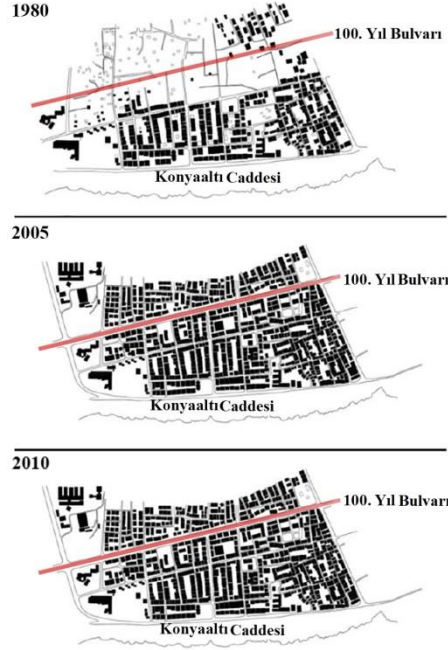
Yapılarda enerji verimliliği, aktif ve pasif tasarım önlemleri ile sağlanabilir. Binalarda enerji korunumu denildiğinde, ilk akla gelen enerjinin en çok harcayan aktif sistemlerde bir takım azaltım yöntemlerine başvurulması olmaktadır. Ancak, bir yapıda enerji korunumu aslında yapının tasarım sürecinde başlar. Pasif tasarım ilkeleri yapı türü fark etmeksizin dikkate alınması gereken unsurlardır. Bu noktada, yapı tasarımı; konumlanışından iklimsel faktörlere, kabuk tasarımından malzeme seçimine kadar geniş bir perspektifte ele alınmalıdır. Sözer, yapılarda enerji korunumu ile ilgili yapılmış olan çalışmalarda bina kabuğunun ve tasarım sürecinin göz ardı edildiğinden bahsetmiştir [1]. Burada bina kabuğu dediğimiz şey binanın iç mekânlarını dış çevreden ayıran yapı elemanlarının tamamıdır. Bir bina kabuğundan beklenen enerji korunumu, gün ışığının doğru kullanımı ile ısısal önlemler alınarak HVAC yüklerinin azaltılmasıdır [2].

Binalarda enerji tüketiminde en büyük pay ısıtma ve soğutma işlemlerindedir [3]. Al-Homoud ve Mohammad, özellikle konut gibi yapı kabuğunun oldukça önemli olduğu yapı tiplerinde ısı yalıtım uygulamasının enerji verimliliğini arttırmada önemli olduğunu belirtmişlerdir [4]. Binalarda ısı yalıtımının küresel pazarda 2016-2021 yılları arasında %3,50 artış oranına ulaşacağı ön görülmüştür [5]. Dünya çapında kabul edilirliliği bulunan ve pek çok simülasyon programının da kabul ettiği ASHRAE (2009) standardının dışında Türkiye’de binalarda ısıtma yükünün hesaplanması için TS 825 standardı kullanılmaktadır. Bu standart, yeni inşa edilecek binalarda ısıtma enerjisi ihtiyacını belirleme ve mevcut binalarda yapılacak iyileştirmelerde ısı geçirgenlik katsayılarının (U değeri) sağlanması ile ilgili yöntemler sunmaktadır [6]. Yapının bulunduğu bölgeye göre yapı kabuğunda farklı yapı elemanlarında sağlanması gereken sınır U değerleri (hesaplamalarda bu değer ya da altındaki değerler kabul edilir) standartta belirtilmiştir.

Yapı kabuğu denilince yeteri kadar dikkate alınmayan ancak ciddi sağlık sorunlarına sebebiyet vermesi ve kullanıcı konforunu direkt olarak etkilemesinden dolayı mutlaka düşünülmesi gereken diğer bir konu da gürültü kontrolüdür. Özellikle, COVID 19 pandemisi sebebiyle insanların çoğu vaktini evde geçirmesi, kapalı mekânların konfor koşullarının önemini iyice arttırmıştır. Di Bella vd., yapı kabuğu tasarımında ses yalıtımının ısı yalıtımından daha az önemsenen ve sonradan müdahale edilebilir olarak görülen bir parametre olduğunu söylemişlerdir [7]. Oysa hızlı kentleşmenin getirdiği bir dezavantaj olarak özellikle büyük kentlerde çarpık yapılaşma ortaya çıkmıştır. Bu da, gürültü haritaları hazırlanmadan yoğun gürültü kaynaklarına yakın konumlandırılan yapıların kabuğunda ses yalıtım ihtiyacını doğurmuştur. Türkiye’de 2017 yılında binaların gürültüye karşı korunmasına dair bir yönetmelik yayınlanmıştır. Bu yönetmeliğin öncelikli amacı, kullanıcıların fiziksel ve ruhsal sağlığını korumak için yapılarda alınacak gürültü yalıtım önlemlerinin gerekli kurallar çerçevesinde uygulanmasını sağlamaktır [8].

Türkiye’nin güneyinde Akdeniz’in kıyısında bulunan ve büyük kentlerinden biri olan Antalya’da, Türkiye’deki kentleşme süreciyle paralel olarak mekânsal oluşum ve kimlik değişimi 1950 yıllarında başlamıştır [9]. Turizm teşvik yasasının çıkmasının ardından 1980’ler itibariyle konutlaşma hızla artmaya devam etmiştir. Bu da beraberinde tıpkı hızla büyüyen tüm kentlerde

olduğu gibi çarpık yapılaşmayı getirmiştir. Antalya'nın ana arterlerinden biri olan 100.yıl Bulvarı bu hızlı yapılaşmadan etkilenen bölgelerden biridir. Şekil 1'de 1980'ler sonrasında bölgedeki hızlı yapılaşma açıkça görülmektedir. 100.yıl Bulvarı çevresindeki yapıların o dönemin yönetmeliklerine göre inşa edildiği ve imar kurallarının bugünkü yönetmelikle çeliştiği bilinmektedir. Aynı zamanda, eskimiş ve bakımsız durumda olan yapılar, kent merkezi silüetini de olumsuz yönde etkilemekle birlikte günümüz şehir mimarisine de uymamaktadır. Nitekim Muratpaşa Belediyesi tarafından 100. Yıl Bulvarı'ndan başlayarak Mevlana Caddesi'ne kadar uzanan yaklaşık 5 km yol boyunca yer alan binaların dış cephesi boyanmıştır [9]. Estetik kaygılarla cephesine boya uygulaması yapılan bu yapılarda bireysel yapı bazında kullanıcı müdahaleleri yapılmış olsa dahi bölgesel anlamda bina kabuğu ile ilgili yönetmeliklere uygun herhangi bir müdahalenin yapılmadığı söylenebilir.



Şekil 1. Antalya 100.yıl Bulvarı üzerindeki konutlaşma yoğunluğunun yıllara göre değişimi [10].

Bu çalışmada Antalya 100.yıl Bulvarı'ndaki yerleşme dokusu içinde imar planlarındaki eksiklikler sonucu ortaya çıkan mevcut yapı stoklarının ısı performans ve gürültü kontrolü açısından değerlendirilmesi ve yapı performansını arttırmak için dış duvar katmanlaşmasına bağlı olarak etkin parametrelerin ortaya koyulması ve optimizasyon önerilerinin yapılması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında Design Builder ve Insul simülasyon programları kullanılarak, bina kabuğundaki ısıtma ve soğutma yükleri üzerinde dış duvar katmanlaşmasının etkisi ile dış duvardaki ses azaltma indeksi (R_w) değerleri karşılaştırılmış ve optimal kabuk tasarımı için duvar katmanlaşmasında hangi parametrelerin her iki değer için de etkili olduğu ortaya koyulmuştur. Çalışma bir araştırma makalesi niteliği taşımaktadır.

2. Literatür Özeti

Çalışma kapsamında, literatürde bina kabuğu optimizasyonu ile ilgili yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Ünver vd., İstanbul şehir merkezinde yer alan ofislerde görsel, ısı ve akustik konfor koşulları için optimum bina kabuğu tasarımı ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Türkiye'de en çok kullanılan malzemeler seçilerek oluşturulmuş olan yapı kabuğu alternatifleri ışık, ısı ve ses açısından incelenmiş, elde edilen sonuçların karşılaştırılarak optimum bina alternatiflerinin belirlenmiştir. Sonuç olarak, bina kabuğu detaylarının belirlenmesinde farklı detay tasarımlarında, binanın yöneliminin göz önünde bulundurulması gerekliliğine dikkat çekilmiştir [11].

Isıl, görsel ve akustik konfor koşullarına göre optimum bir yapı kabuğu tasarlarken kabuğun fonksiyon, konum, boyut ve yönelim özelliklerini de dikkate alarak bir yaklaşım geliştirmeyi amaçlayan farklı bir çalışmada, öncelikli olarak dış ortam ve yapma çevre ile ilgili değerleri belirlenmiştir. Daha sonra, mekânın gerekli iç ortam koşullarını ortaya koyularak bina kabuğu alternatiflerini tanımlanmıştır. Farklı kabuk detayları kullanılarak elde edilen sonuçlarda, bina kabuğunda projenin kesin olarak sonuçlandırılabilmesi için, gerekli iç ortam koşullarının sağlanması gerekliliği ortaya koyulmuştur [12].

Di Bella vd. binalarda ısı ve akustik performans optimizasyonuna yönelik yaptıkları çalışmada, iki parametre arasındaki etkileşimi değerlendirmek için analiz yapmışlardır. Çalışmada, aynı örneklem üzerinde farklı tipte yalıtım malzemeleri ve yapım teknikleri kullanılarak ısı ve akustik performansları arasındaki olası ilişkiler değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, ısı ve akustik tasarım optimizasyonunun yapısal detayların yanı sıra alan geçiş koşullarını da hesaba katması gerektiğini söylemişlerdir [7].

Petek panelin, ısı yalıtımını ve ses iletim kaybını artırmak için sıralı ikinci dereceden programlama (SQP) algoritmasına dayalı optimizasyonu için yapılmış bir çalışmada, altıgen alüminyum petek sandviç panelin kararlı hal ısı performansını ortaya çıkarmada ısı transferi analizi yapılmış ve akabinde, istatistiksel enerji analiz yöntemine (SEA) dayalı olarak petek panelin akustik performansına sıcaklığın etkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda, malzeme kalınlığının artırılmasının akustik ve ısı performans üzerinde etkili olduğu söylenmiştir [13].

Bina kabuğunda ısı yalıtımı (EPS ve mineral yün) ve kaplama (sıva) katmanlarının ses ve ısı yalıtımı üzerindeki etkisinin değerlendirildiği çalışmada, katmanların dış duvarın ısı ve ses yalıtım performansı üzerinde farklı etkilere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlara göre, dış duvara mineral yün ısı yalıtım katmanının eklenmesi ses yalıtımını 4dB'e kadar yükseltmiştir ancak EPS kullanımının ses yalıtımı üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır. Isı yalıtım malzemesi katmanının üzerine bir kaplama (sıva) katmanı eklenmesi ise her iki durumda da ses yalıtımında 3 dB'den 7 dB'ye kadar bir artış sağlamış ancak ısı yalıtımını yine de değiştirmemiştir. Sonuç olarak, ses yalıtımının kullanılan ısı yalıtım malzemesinin tipine, bir kaplamanın (sıva tabakası) olup olmamasına ve kalınlığına bağlı olduğunu ancak bunların ısı yalıtımı üzerindeki etki etmediğini söylenmiştir [14].

Habibi, enerji, akustik ve aydınlatma performansları açısından yapı kabuğunda genel bir değerlendirme yapmış ve mevcut bir yapının yaşanabilirliğini iyileştirmek adına farklı enerji ve iç mekân konfor koşullarını bir arada incelemiştir. Sonuçlar, pencerelerde kullanılan camların geçirgenlik değerleri ve malzemelerin ısı geçirgenlik düzeyleri gibi yapı kabuğu özelliklerinin iç mekân çevre kalitesi ve yapının enerji performansı üzerinde etkili olduğunu göstermiştir [15].

Khan ve Bhattacharjee, yaptıkları çalışmada bağımsız ve aynı anda yapılan bir bina simülasyonu optimizasyon süreci sırasında bina kabuğunun ısı ve ses yalıtım performansı arasındaki etkileşimini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, bağımsız ısı ve ses yalıtımı optimizasyonunun sırasıyla bina kabuğu duvar elemanlarının ses yalıtımı ve ısı performansı üzerindeki olumsuz etkisini göstermiştir [16].

3. Materyal ve Metot

Mimarlar açısından mevcut yapı stoğunda enerji verimliliğini arttırmak için en müdahale edilebilir alan bina kabuğudur. Bu bağlamda, $L_{gündüz}$ 68dB, $L_{akşam}$ 63dB ve L_{gece} 58dB gürültü değerlerine sahip, Antalya 100.yıl Bulvarı yoğun trafik aksı üzerinde konumlandırılmış eski yapı stoğundan köşe parselde bulunan 8 katlı bir bina seçilmiştir (Şekil 2) [17]. Seçilen binanın kabuk detayları

Antalya Büyükşehir Belediyesi'nin arşivlerinden temin edilmiştir. Daha sonra, TS 825 yönetmeliğinde, Antalya ilinin dâhil edildiği bölgenin (1.Bölge) Şekil 3'te görüldüğü gibi dış duvar ısı geçişi sınır değerleri belirlenmiştir [6].



Şekil 2. Antalya 100.Yıl Bulvarı üzerinde seçilen örnek bina

Tablo 1. Şehirler için Derece-Gün bölgeleri

1. Bölge Derece-Günü Şehirleri			
ADANA	AYDIN	İZMİR	OSMANIYE
ANTALYA	HATAY	MERSİN	

Tablo 2. Bölgeler için Önerilen U Değerleri

	U_D (W/m ² °C)	U_T (W/m ² °C)	U_z (W/m ² °C)	U_P (W/m ² °C)
Bölge 1	0.66	0.43	0.66	1.80
Bölge 2	0.57	0.38	0.57	1.80
Bölge 3	0.48	0.28	0.43	1.80
Bölge 4	0.38	0.23	0.38	1.80
Bölge 5	0.36	0.21	0.36	1.80

$U_D = U_{\text{duvar}}$, $U_T = U_{\text{tavan}}$, $U_z = U_{\text{zemin}}$, $U_P = U_{\text{pencere}}$,

Şekil 3. TS 825 standardı Antalya ili dış duvar referans U değeri [6]

Binaların gürültüye karşı korunmasına dair yönetmelik kapsamında, yerleşim alanları içerisinde bulunan yapıların iç mekan gürültü düzeyleri dBA cinsinden Çizelge 1'de verilmiştir [8]. Mevcut durumda, seçilen yapının etkilendiği gürültü düzeyinin, TÜBİTAK'ın çalışmasından alınan sınır değerlerinin oldukça üzerinde olduğunu söylemek mümkündür.

Çizelge 1. Konut yapılarında sınır gürültü değerleri [8].

	Kullanım Alanı	L_{eq} (dBA)	Zaman Dilimi (h)
Konut Alanları	Yatak odaları (şehir içinde)	40	Gece süresince
	Yatak odaları (şehir dışında)	35	Gece süresince
	Oturma odaları (şehir içinde)	55	Gündüz-akşam süresince
	Oturma odaları (şehir dışı)	40	Gündüz-akşam süresince
	Oturma odaları (şehir kenarı)	45	Gündüz-akşam süresince
	Servis bölümleri (mutfak) (şehir içi, dışı ve şehir kenarı)	60	Faaliyet süresince

3.1. İncelenen Parametreler

Çalışma kapsamında, bina kabuğunda ısı geçişi ve ses yalıtımında dış duvar katmanlaşmasının

optimizasyonunda, her ikisi için de ortak parametrelerin bulunması hedeflenmiştir. Bu bağlamda, ilk olarak ortalama ısı geçiş katsayısı (U değeri) ve ortalama ses azaltım indeksini (R_w) hesaplamada hangi değerlerin etkili olduğuna bakmak doğru olacaktır. İlk olarak U değeri, formül 1'e göre hesaplanır:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{dış}}} \quad (1)$$

Formülde;

U : Ortalama ısı geçiş katsayısı, $W/m^2\text{°C}$

$\alpha_{iç}$: İç hava film katsayısı, $W/m^2\text{°C}$

$\alpha_{dış}$: Dış hava film katsayısı, $W/m^2\text{°C}$

d : Malzeme kalınlığı, m.

λ : Isıl iletkenlik, $W/m^2\text{°C}$

Formül incelendiğinde, ısı geçiş katsayısının hesaplanmasında; duvar kabuğunda kullanılan malzemelerin ısı iletkenliğinin ve malzeme kalınlığının etkili olduğunu söylemek mümkündür.

Bir iç mekân içerisinde bulunan alıcının ses kaynağından etkilenmesini azaltmak için araya bölücü engel koyulur. Bu noktada, engele ulaşan ses dalgalarının bir kısmı titreşimle sönmüneceğinden, alıcıya ulaşan ses gücü düzeyinde azalma meydana gelir. Hava doğuşlu seslerde, alıcıya iletilen ses dalgasının gücünü belirlemede 'Ses Azaltım İndeksi (R)' değeri kullanılır. ISO 12354-1 standardına göre hesaplanan R değeri, ISO 717-1 standardındaki yöntemle göre 500 Hz'deki referans eğrisi desibel cinsine dönüştürülür ve R_w ile gösterilir. Kullanılan bölücü malzemenin fiziksel özellikleri R değeri üzerinde etkili olduğu bilinmektedir [18], [19].

Sonuç olarak, her iki parametre incelendiğinde bir malzemenin fiziksel özelliklerinden olan kalınlık ve yoğunluk verilerinin ısı geçiş katsayısı ve ses azaltım indeksi üzerindeki ortak etkilerinin incelenmesine karar verilmiştir. Bu bağlamda, seçilmiş olan binanın mevcut durum yapı kabuğu ve yalıtım katmanı eklenerek önerilen 25 farklı kabuk alternatiflerinin içerikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Kabuk iyileştirmesi için incelenen yalıtım malzemeleri Türkiye'de uygulama sırasında sıklıkla tercih edilen malzemelerden seçilmiştir. Seçilmiş olan 5 farklı yalıtım malzemesinin, 5 farklı kalınlıkta kullanılması durumu ve yoğunluklarının elde edilen sonuçlara etkisi incelenmiştir.

Çizelge 2. Mevcut durum katmanları ve yalıtım malzemelerinin fiziksel özellikleri

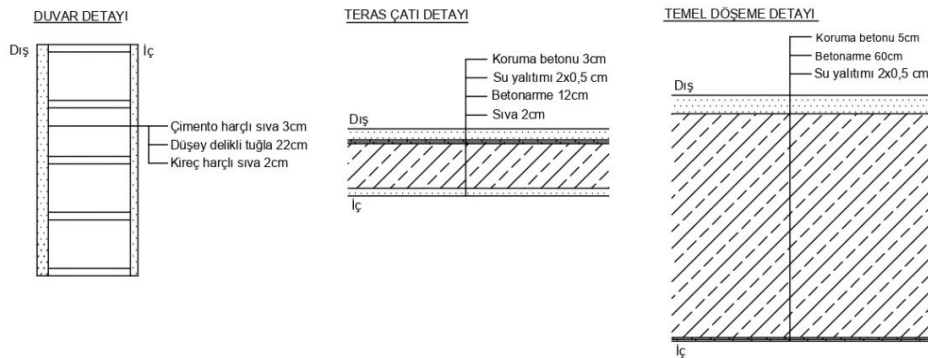
DUVAR DETAYI	MALZEME	Malzeme Kalınlığı (cm)	Isıl İletkenliği (W/m-K)	Yoğunluk (kg/m ³)
Mevcut Duvar	Çimento Bazlı Sıva	3	0,7200	1760,00
	Yalıtım Malzemesi (Yok)		-	-
	Tuğla	22	0,7200	1920,00
	Kireç Bazlı Sıva	2	0,8200	1600,00
Örnek 1	Cam Yünü Panel	1	0,0360	160,00
Örnek 2	Cam Yünü Panel	2	0,0360	160,00
Örnek 3	Cam Yünü Panel	3	0,0360	160,00
Örnek 4	Cam Yünü Panel	4	0,0360	160,00

Çizelge 2 (devam). Mevcut durum katmanları ve yalıtım malzemelerinin fiziksel özellikleri

DUVAR DETAYI	MALZEME	Malzeme Kalınlığı (cm)	Isıl İletkenliği (W/m-K)	Yoğunluk (kg/m ³)
Örnek 5	Cam Yünü Panel	5	0,0360	160,00
Örnek 6	EPS Ağır	1	0,0350	25,00
Örnek 7	EPS Ağır	2	0,0350	25,00
Örnek 8	EPS Ağır	3	0,0350	25,00
Örnek 9	EPS Ağır	4	0,0350	25,00
Örnek 10	EPS Ağır	5	0,0350	25,00
Örnek 11	EPS Hafif	1	0,0460	10,00
Örnek 12	EPS Hafif	2	0,0460	10,00
Örnek 13	EPS Hafif	3	0,0460	10,00
Örnek 14	EPS Hafif	4	0,0460	10,00
Örnek 15	EPS Hafif	5	0,0460	10,00
Örnek 16	EPS Standart	1	0,0400	15,00
Örnek 17	EPS Standart	2	0,0400	15,00
Örnek 18	EPS Standart	3	0,0400	15,00
Örnek 19	EPS Standart	4	0,0400	15,00
Örnek 20	EPS Standart	5	0,0400	15,00
Örnek 21	Poliüretan Köpük	1	0,0280	30,00
Örnek 22	Poliüretan Köpük	2	0,0280	30,00
Örnek 23	Poliüretan Köpük	3	0,0280	30,00
Örnek 24	Poliüretan Köpük	4	0,0280	30,00
Örnek 25	Poliüretan Köpük	5	0,0280	30,00

3.2. Simülasyon Çalışması

Çalışmanın ilk adımında, seçilmiş olan binanın mevcut yapı kabuğu katmanlaşmaları belirlenmiştir. Buna göre, yapı elemanlarının detay çizimleri Şekil 4'te verilmiştir. 8 katlı yapının mevcut durum kabuk detayları belirlendikten sonra ilk olarak Design Builder simülasyon programında mevcut durum dış duvar ısı geçiş kaybı analizi yapılmıştır. Simülasyon aşamasında bina için konut kullanımı seçilmiş ve m² başına düşen kişi sayısı 0,02 kişi/m² olarak kabul edilmiştir. Daha sonra, mevcut durum için dış duvar kabuğundan ses azaltım indeksi (Rw) değeri INSUL simülasyon programı aracılığı ile elde edilmiştir.



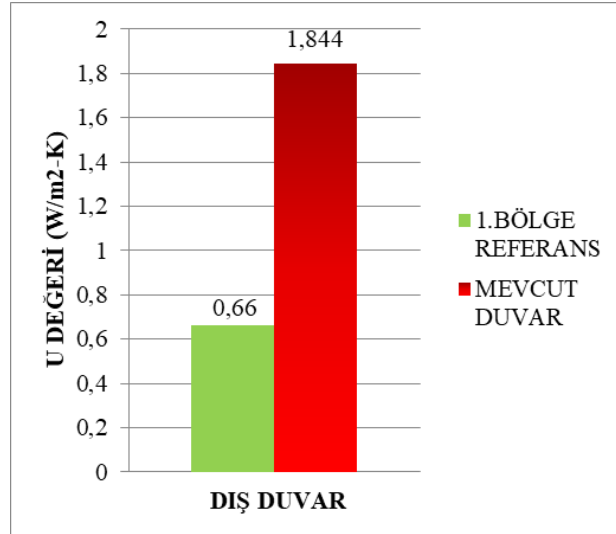
Şekil 4. Örnek olarak seçilmiş olan yapının kabuk detayları

Çalışmanın ikinci aşamasında kullanılacak yalıtım malzemelerine karar verilmiştir. Malzemeler seçilirken hem Türkiye’de sıklıkla kullanılan yalıtım malzemeleri olması hem de malzeme yoğunlukları dikkate alınmıştır. Buna göre ilk olarak Türkiye’de pazar payının %50’sinden fazlasını elinde tutan Cam Yünü malzemesi tercih edilmiştir. Dış duvardaki diğer tüm katmanlar sabit tutularak, yalnızca cam yünü katmanı 1-5cm aralığında değişen kalınlıklarla detay içerisine eklenmiş ve U değeri ile R_w değeri sonuçları elde edilmiştir.

Türkiye’de mevcut yapı stoğunda yalıtım iyileştirmeleri yapılabilmesi için mantolama yöntemi yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu noktada en çok kullanılan malzemelerden biri de genişletilmiş polistren sert köpük (EPS)’tür. Uygulama kolaylığı sebebiyle piyasada kullanımı tercih edilmektedir. Çalışmada, 3 farklı EPS türü 5’er farklı (1-5cm) kalınlıkta kullanılmış ve U değeri ile R_w değerleri simülasyon programlarından elde edilmiştir. Son olarak da, yine özellikle son yıllarda kullanımı tercih edilen ve yoğunluğu EPS bazlı malzemeler ile benzerlik gösteren poliüretan köpük malzemesi 5 farklı kalınlıkta kullanılarak dış duvar detayına dahil edilmiş ve simülasyon programları ile yalıtım sonuçları elde edilmiştir.

4. Bulgular

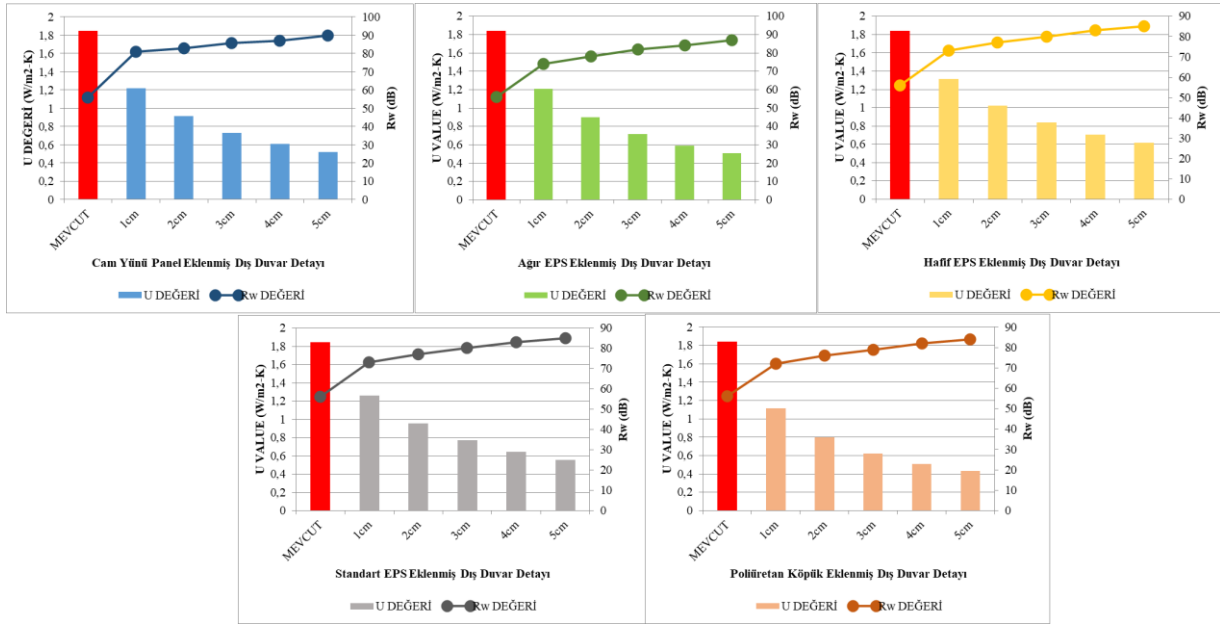
Simülasyon çalışmalarından elde edilen sonuçlar bu bölümde verilmiştir. Şekil 5’teki grafiğe bakıldığında, mevcut durum dış duvar U değerinin standartta belirtilen 0,66 W/m²-K referans değeri ile karşılaştırılması verilmiştir. Grafiğe bakıldığında, yapı duvarındaki ısı geçişinin referans değerinin çok üzerinde olduğu ve yapı kabuğunda iyileştirmenin şart olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 5. Örnek yapı mevcut durum dış duvar U değeri ile referans değerinin karşılaştırılması

4.1. Yalıtım Malzemesi Kalınlığının Etkisi

Yapı kabuğunda kullanılan yalıtım malzemesinin kalınlığının ısı geçiş katsayısı ve ses azaltım indeksi üzerindeki etkisinin incelendiği bu çalışmada, aynı yalıtım malzemesinin farklı kalınlıkta kullanımı ile elde edilen sonuçlar Şekil 6’daki grafiklerde sunulmuştur.

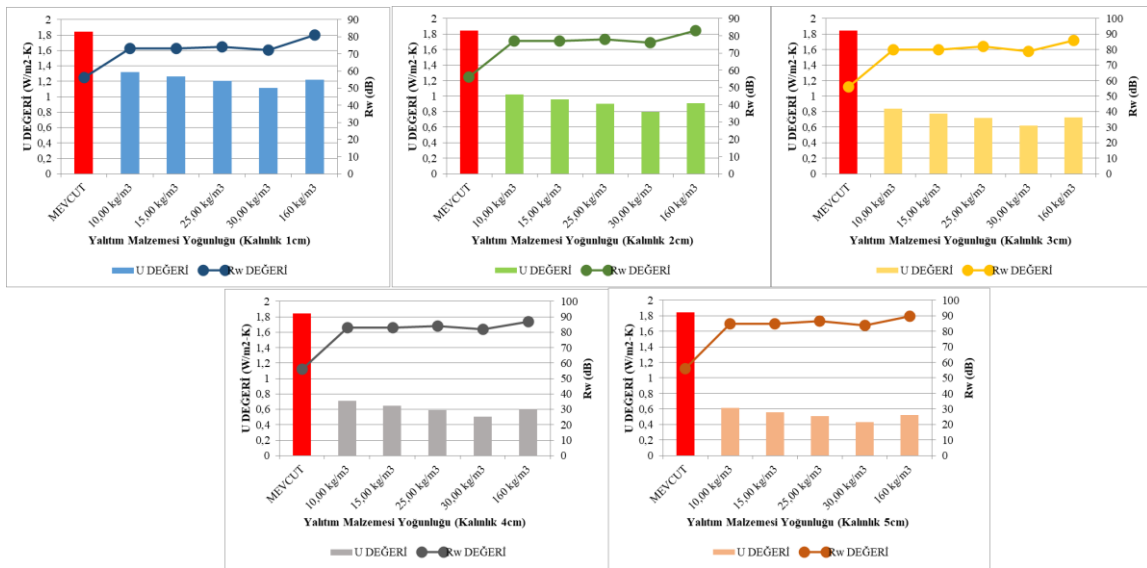


Şekil 6. Yalıtım malzemesi kalınlığının U değeri ve R_w değerleri üzerindeki etkisi

Sonuçlar incelendiğinde, tüm örnek kabuk detaylarında, yalıtım malzemesi kalınlığının artması ile birlikte hem ısı geçiş katsayısının düştüğü hem de ses azaltım indeksinin arttığı söylenebilir. Bu noktada, yalıtım malzemesi kalınlığının, yapı kabuğu optimizasyonunda U değeri ve R_w değerleri üzerinde etkin bir parametre olduğu açıkça ortaya koyulmuştur. Sesin yalıtılmasında, özellikle rezonansın arttığı orta frekanslarda ses azaltım indeksinin kütleyle olan doğrusal ilişkisinden dolayı da bu örnek çalışmadan elde edilen sonuçlarda malzeme kalınlığı artışının R_w değeri üzerindeki etkisinin doğruluğu ispatlanabilir.

4.2. Yalıtım Malzemesi Yoğunluğunun Etkisi

Çalışma kapsamında, yapı kabuğundan ısı geçiş katsayısı ve ses azaltımı üzerinde etkisi incelenen diğer bir parametre de yalıtım malzemesinin yoğunluğu olmuştur. Şekil 7'de aynı kalınlıkta farklı yoğunluklu malzemelerin kıyaslandığı grafikler sunulmuştur.

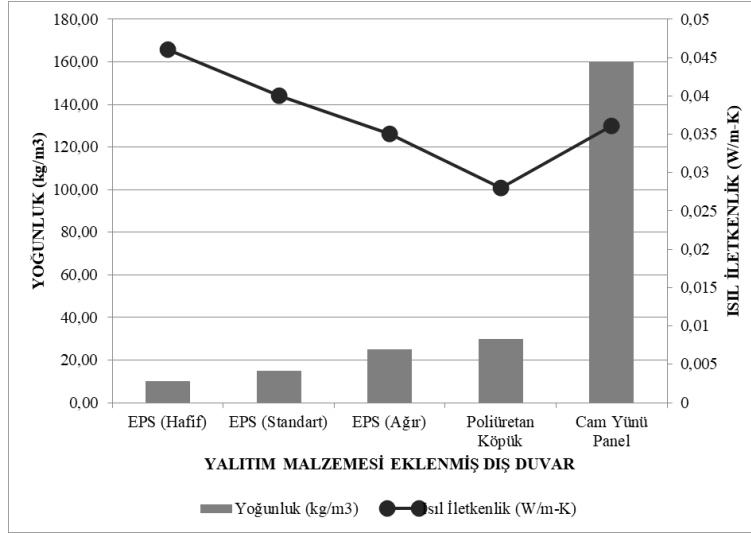


Şekil 7. Yalıtım malzemesi yoğunluğunun U değeri ve R_w değerleri üzerindeki etkisi

Grafikler incelendiğinde, kalınlık parametresinden farklı olarak malzeme yoğunluğunun doğrusal bir etkisinin olmadığını söylemek mümkündür.

Ses dalgasının bir malzemeye ulaşması durumunda, malzemenin yoğunluğu arttıkça ses enerjisinin yüzey yansıması artacaktır. Bu olay sesin yutulması ile ilgilidir. Bu noktada, malzeme yoğunluğunun sesin yutulmasında etken bir parametre olduğu bilinmektedir. Ancak, grafikteki sonuçlar incelendiğinde yoğunluğun sesin yalıtımı ile doğrudan bir ilişkisi olduğunu söylemek zordur. Çünkü bir dış duvarda sesin yalıtılmasında, malzemelerin sertliği, kütlesi gibi farklı ve etkin parametreler devreye girmektedir. Bu da sonuçları oldukça etkiler. Konu ile ilgili farklı araştırmaların yapılması gerektiği açıktır.

U değerleri incelendiğinde, EPS bazlı 10,00 kg/m³, 15,00 kg/m³ ve 25 kg/m³ yoğunluklu malzemelerde yoğunluğun artması ile birlikte ses geçiş katsayısı değerinde düşme olduğu gözlemlenebilir. Ancak, 30 kg/m³ yoğunluklu poliüretan köpük malzemesinin U değerinin, EPS bazlı malzemelere göre daha düşük çıkmıştır. Bu sonuç sonrasında, yoğunluğu 160,00 kg/m³ yoğunluklu cam yünü panel malzemesinin U değerinde ciddi düşme beklenirken, tam tersi poliüretan köpük malzemesine göre bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Bunun üzerine, malzemelerin ısı iletkenlik değerlerine bakılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Yalıtım malzemelerinin yoğunluk ve ısı iletkenliğinin karşılaştırılması

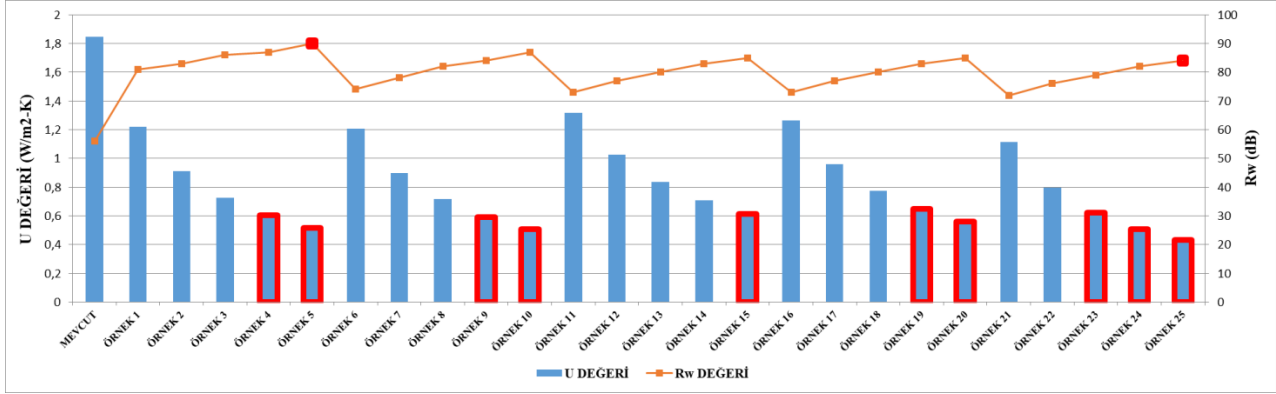
Grafik incelendiğinde, Şekil 6'da elde edilen sonuçları anlamlandırmak mümkün olmuştur. Bu sonuçlara göre, U değeri ve dolayısıyla yapı kabuğunda ısıtma-soğutma yüklerinin hesabı yapılırken malzeme yoğunluğuna değil ısı iletkenlik değerine bakmak gerekliliği ortaya çıkmıştır.

5. Sonuç ve Öneriler

Bina kabuğu iç ortam ile dış ortam arasında binanın performansını belirleyen önemli bir yapı elemanıdır. Yapılarda gerekli konfor koşullarının sağlanabilmesi için çevresel koşulların analiz edilerek bina kabuğunda optimizasyon yapmak üzere gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu noktada, simülasyon programlarından yararlanmak etkili olacaktır.

Bu çalışmada, yoğun trafik gürültüsüne maruz kalan Antalya 100.yıl Bulvarı üzerinde örnek bir yapı seçilmiş ve simülasyon programları aracılığıyla dış duvar katmanlaşmasında yalıtım malzemesi kullanılmasının ve malzeme kalınlığı ve yoğunluğunun ısı ve ses yalıtımı performansı üzerindeki etkilerine bakılmıştır.

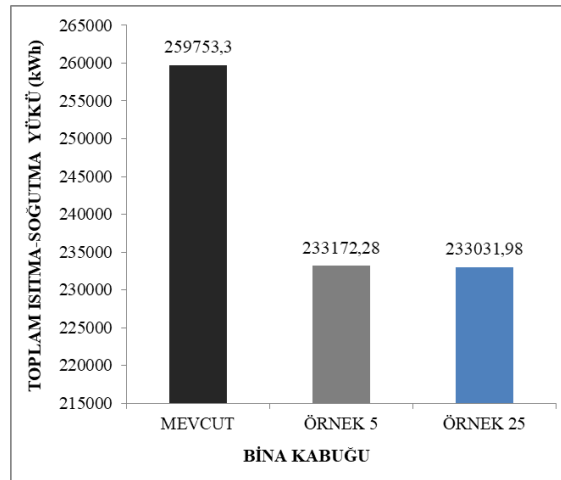
Şekil 9’da, dış duvar katmanlaşmalarında mevcut durum ve önerilen 25 farklı örneğin U değeri ve ses azaltım indeksi (R_w) ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 9. Mevcut durum ve örnek dış duvar katmanlarının U değeri ve R_w değeri karşılaştırması

Grafiğe bakıldığında, kırmızı ile çerçevelenmiş U değerleri, standarttan alınan referans $U_{dışduvar}$ 0,66 W/m2-K değeri altında kalan alternatifleri göstermektedir. Yani, ısı geçiş performansı açısından kabul edilebilir olan detaylardır. Ses azaltım katsayısı (R_w) sonuçlarına bakıldığında en yüksek performansın (90 dB) Örnek 5’te olduğu görülmektedir. Örnek 5’in U değeri de 0,518 W/m2-K yani referans değerinin altında olduğundan bina kabuğu optimizasyon simülasyonunda bu örnek kullanılmıştır. Ayrıca, en iyi ısı geçiş performansı sergileyen ve R_w değeri 84 dB olan Örnek 25 de optimizasyon çalışmasına dahil edilmiştir. Her iki örnekte kullanılan yalıtım malzemelerinin ortak yanı kalınlığın 5cm kullanılmış olmasıdır ki zaten çalışmadan elde edilen sonuçlar, kalınlık parametresinin hem ses hem de ısı yalıtımı için ortak öneme sahip bir parametre olduğunu göstermiştir.

Bu çalışma için, ilk olarak mevcut durum ısıtma-soğutma yükü hesabı Design Builder simülasyon programı kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra da yukarıda belirtilen gerekçelere göre seçilmiş olan örnek 5 ve örnek 25’in ısıtma-soğutma yükü hesapları yapılmış ve sonuçlar Şekil 10’da verilmiştir. Yükler hesaplanırken, yalnızca dış duvar detayında değişiklik yapılmış, çatı ve döşeme detayı ile pencereler sabit tutulmuştur.



Şekil 10. Mevcut durum, Örnek 5 ve Örnek 25 duvar detayları kullanılarak hesaplanan bina toplam ısıtma-soğutma yükleri

Grafik incelendiğinde mevcut durum ile Örnek 5 karşılaştırıldığında, toplam enerji tüketiminde %10,23'lük bir azaltım olduğu görülmektedir. Mevcut durum ve Örnek 25 arasındaki enerji tüketiminde ise %10,28'lik bir azaltım olduğu ve Örnek 5 ile çok büyük çıkmasının sebebi, çalışma kapsamında dış duvar performansı incelendiğinden bina kabuğunu oluşturan diğer yapı elemanlarında herhangi bir iyileştirme yapılmamış olmasıdır. Mevcut durumda yalıtım malzemesi kullanılmayan çatı ve döşeme yapı elemanlarında ısı kaçışları ve ses yalıtımı açısından zayıflık mevcuttur. İleriki çalışmalarda, tüm yapı elemanlarını kapsayacak daha detaylı çalışmalar yapılacaktır.

Tüm bulgular incelendiğinde, yapı kabuğu tasarımında yalıtım malzemesi kullanmanın enerji korunumu ve iç mekân kullanıcı konforu açısından önemi ortaya koyulmuştur. Türkiye'de hızlı büyüyen ve çarpık yapılaşan kentlerde, yeni yapılarda ses ve ısı yalıtım yönetmeliklerinin uygulanmasında kontrollerin artırılması ve mevcut yapı stoğunda iyileştirmelerin zorunlu tutulması elzemdir. Özellikle, mevcut yapılarda yapı elemanında çekirdeğe müdahale edilemeyeceğinden, kullanılacak yalıtım malzemelerinde kalınlık parametresine de dikkat edilerek uygulamaların yapılması hem ses hem de ısı yalıtımı açısından önemli olacaktır.

Kaynaklar

- [1]. Sözer, H., Improving Energy Efficiency Through The Design of The Building Envelope, Building and Environment, 2010, 45 (12).
- [2]. Sadineni, S.B., Madala, S., Boehm, R.F., Passive Building energy Savings: A Review of Building Envelope Components, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011, 15 (8).
- [3]. Cao, X., Liu, J., Cao, X., Li, Q., Hu., E., Fan, F., Study of The Thermal Insulation Properties of The Glass Fiber Board Used for Interior Building Envelope, Energy and Buildings, 2015, 107.
- [4]. Al-Homoud, M.S., Performance Characteristics and Practical Applications of Common Building Thermal Insulation Materials, Building and Environment, 2005, 40 (3).
- [5]. Berardi, U., Naldi, M., The Impact of The Temperature Dependent Thermal Conductivity of Insulating Materials on The Effective Building Envelope Performance, Energy and Buildings, 2017, 144.
- [6]. TS 825, Binalarda Isı Yalıtımı, 2008.
- [7]. Di Bella, A., Granzotto, N., Elarga, H., Semprini, G., Barbaresi, L., Marinosci, C., Balancing of Thermal and Acoustic Insulation Performances in Building Envelope Design, Inter-noise and Noise-con Congress and Conference Proceedings, 2015, 250 (6).
- [8]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik, 2017.
- [9]. Bayraktar, D., Bayraktar, E.A., Antalya Kent Merkezinde Kentsel Dönüşüm Uygulamaları, Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2005, 40 (3).
- [10]. Esengil, Z., Antalya'da 1980 Sonrası Yaşanan Dönüşümün Kavramsal İzdüşümleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2017.
- [11]. Ünver, R., Gedik, G.Z., Akdag, N.Y., Öztürk, L.D., Karabiber, Z., Optimum Building Envelope Design for Visual, Thermal and Acoustical Comfort Conditions in The Offices, Air Infiltration and Ventilation Center Conference, 2002.
- [12]. Oral, G.K., Yener, A.K., Bayazıt, N.T., Building Envelope Design with The Objective to Ensure Thermal, Visual and Acoustic Comfort Conditions, Building and Environment, 2004, 39 (3).
- [13]. Yuan, J., Chen, H., Zhong, Q., Li, K., Optimization for Heat and Sound Insulation of Honeycomb Sandwich Panel in Thermal Environments, Vibroengineering Procedia, 2017, 11.

-
- [14]. Miskinis, K., Dikavicius, V., Buska, A., Banionis, K., Influence of EPS, Mineral Wool and Plaster Layers on Sound and Thermal Insulation of A Wall: A Case Study, *Applied Acoustics*, 2018, 137.
- [15]. Habibi, S., Improving Building Envelope Performance with Respect to Thermal, Sound Insulation, and Lighting: A Case Study, *Building Acoustics*, 2019, 26 (4).
- [16]. Khan, N.A., Bhattacharjee, B., Thermal and Noise Insulation Performance Interaction of Building Envelope During Building Simulation Optimization in Tropical Climates, *Building and Environment*, 2021, 200.
- [17]. TÜBİTAK, Antalya'nın Gürültü Eylem Planı, 2019.
- [18]. ISO 12354-1, Building Acoustics-Estimation of Acoustic Performance of Buildings from The Performance of Elements, 2017.
- [19]. ISO 717-1, Acoustics-Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements, 2013.