2. ULUSAL YAPI FİZİĞİ VE ÇEVRE KONTROLÜ KONGRESİ



Bildiriler Kitabı

4-6 Mayıs 2016 • İTÜ Taşkışla, İstanbul

Yapı Fiziği Derneği
Association of Building Physics

www.yapifizigidernegi.org

2. ULUSAL
YAPI FİZİĞİ VE ÇEVRE KONTROLÜ KONGRESİ

4-6 Mayıs 2016

İTÜ Taşkışla, İstanbul

Yapı Fiziği Derneği
Association of Building Physics

www.yapifizigidernegi.org

2. ULUSAL YAPI FİZİĞİ VE ÇEVRE KONTROLÜ KONGRESİ

Bildiriler Kitabı

Editörler
Y.Doç. Dr. Nurgün Tamer Bayazıt
Araş. Gör. Dr. Feride Şener Yılmaz
Uzm. Dr. Mine Aşcıgil Dincer
Araş. Gör. Seda Kaçel
Araş. Gör. İdil Erdemir Kocagil

© Bütün hakları saklıdır. Bu eserin bir kısmı ve tamamı Yapı Fiziği Derneği'nin izni olmadan, hiçbir şekilde çoğaltılamaz, kopya edilemez.

ISBN: 978-605-61283-6-3

2 Mayıs 2016 tarihinde 200 adet basılmıştır.

Baskı ve Cilt: Altan Basım Ltd.

Yayınlayan:

B2B medya

Teknik Sektör Yayıncılığı A.Ş.
Barbaros Mah. Uğur Sk. No: 2/2 34662 Üsküdar / İstanbul
Tel: 0126 651 7878 / Faks: 0216 651 7898
www.b2bmedya.com • info@b2bmedya.com

SUNUŞ

Yapı Fiziği kavramı sağlık, konfor, enerji etkinliği açısından optimum performans gösteren binaların, kullanımı, yapımı ve tasarımında temel alan olarak ele alınmaktadır. Yapı Fiziği genel olarak yapma çevreye fizik prensiplerinin uygulanması olarak da bilinmekte, bu açıdan Yapı Fiziği uzmanları yapılar ve onu çevreleyen alanların tasarımının geliştirilmesinde, fiziğin temel kurallarını esas almaktadırlar. Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü alanı insanların temel gereksinimi olan barınma gereksiniminin sağlıklı, konforlu yapma çevrelerle karşılanması için profesyonel ve bilimsel uzmanlık konularını kapsamaktadır. Günümüzde yaşadığımız çevresel problemlere bir çözüm olarak ortaya çıkan sürdürülebilir yapma çevrelerin gerçekleştirilmesinde Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü konularının bütüncül bir yaklaşımla ele alınması kaçınılmazdır. Sürdürülebilir yapma çevrelerin gerçekleştirilmesi; ısı, ışık, ses, yangın gibi fiziksel çevresel etkenler; iklimlendirme, aydınlatma, yangın denetimi, enerji korunumu, su korunumu, yalıtım ve kalite konularını içeren Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü alanında uygun çözümlerin araştırılmasını ve tartışılmasını gerekli kılmaktadır.

Diğer taraftan günümüzde, bilginin erişilebilirliği, iletişimin artması farklı disiplinleri bir araya getirmekte, disiplinler arası ortak çalışmaları olanaklı kılan bütünleşik, dinamik ortamların varlığını güçlendirmektedir. Farklı meslek gruplarının bir arada çalışabilmesi, meslek insanlarının değişen koşullara bağlı olarak kendini yenilemesini, geliştirmesini ve disiplinler arası işbirliğinin olabildiğince üst düzeyde sağlanmasını gerekli kılmaktadır. Bu açıdan Yapı Fiziği Derneği tarafından düzenlenen 2. Ulusal Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi'nin amacı; kongre konuları kapsamında farkındalık yaratarak araştırma, tasarım, uygulama, üretim gibi farklı alanlarda çalışanları bir araya getirmek ve disiplinlerarası çözüm önerilerini tartışmak, genç araştırmacıların çalışmalarının sunulmasını sağlayarak yeni gelişmeleri ortaya koymak, karşılıklı bilgi ve deneyim aktarımını sağlamaktır.

Kongrenin amacına ulaşabilmesi için büyük bir özveri ile çalışan başta **kongre sekreteryası** olmak üzere **yürütme kurulu üyelerine**, bildirileri ile bilimsel katkı yapan **katılımcılara, konuşmacılara, oturum başkanlarına, bilim kurulu üyelerine**, teşekkür ediyorum.
Kongrenin gerçekleştirilebilmesi için desteklerini esirgemeyen; Ana Sponsor: **Çuhadaroğlu Alüminyum Sistemleri** firması, Altın Sponsor: **Işıklar Yapı Ürünleri** firması, Gümüş Sponsorlar: **BASF, Proaktif, Klassis** firmaları, Çözüm Ortakları: **Frankische, TRIMline** firmaları ve Medya sponsoru: **B2B Medya**'ya Yapı Fiziği Derneği adına çok teşekkür eder, sevgi ve saygılarımı sunarım.

Prof. Dr. Gül Koçlar Oral
Kongre Başkanı ve Yapı Fiziği Derneği Başkanı

2. ULUSAL YAPI FİZİĞİ VE ÇEVRE KONTROLÜ KONGRESİ

DÜZENLEME KURULU

Prof. Dr. Gül Koçlar Oral
Prof. Dr. Alpin Köknel Yener
Doç. Dr. Gülten Manioglu
Y. Doç. Dr. Nurgün Tamer Bayazıt
Y. Doç. Dr. Nuri Serteser
Öğr. Gör. Dr. S. Filiz Aksit
Arş. Gör. Dr. Feride Şener Yılmaz
Uzm. Dr. Mine Dinçer
Arş. Gör. Neşe Ganiç Sağlam
Arş. Gör. Seda Kaçel
Arş. Gör. İdil Erdemir Kocagil

BİLİMSEL KURUL

Prof. Dr. Neşe Yüğrük Akdağ (YTÜ)
Prof. Dr. Ayşe Erdem Aknesil (Beykent Ü.)
Prof. Dr. Nihal Arıoğlu (İTÜ)
Prof. Dr. Zerhan Yüksel Can (YTÜ)
Prof. Dr. Sevtap Yılmaz Demirkale (İTÜ)
Prof. Dr. Demet Irklı Eryıldız (MÜ)
Prof. Dr. Gülay Zorer Gedik (YTÜ)
Prof. Dr. Mehmet Şener Küçükdoğu (İKÜ)
Prof. Dr. Vildan Ok (İTÜ)
Prof. Dr. Gül Koçlar Oral (İTÜ)
Prof. Dr. Türkan Göksal Özbalta (Ege Ü.)
Prof. Dr. Leyla Dokuzer Öztürk (YTÜ)
Prof. Dr. Leyla Tanaçan (İTÜ)
Prof. Dr. Aslıhan Ünlü Tavil (İTÜ)
Prof. Dr. Nil Türkeri (İTÜ)
Prof. Dr. Rengin Ünver (YTÜ)
Prof. Dr. Alpin Köknel Yener (İTÜ)
Prof. Dr. A. Zerrin Yılmaz (İTÜ)
Doç. Dr. M. Emre İlal (İYTE)
Doç. Dr. Rana Kutlu (İKÜ)
Doç. Dr. Gülten Manioğlu (İTÜ)
Doç. Dr. Mustafa Özgünler (MSGSÜ)
Y. Doç. Dr. Nurgün Tamer Bayazıt (İTÜ)
Y. Doç. Dr. Nuri Serteser (İTÜ)
Öğr. Gör. Dr. S. Filiz Akşit (İTÜ)

SEKRETERYA

Y.Doç. Dr. Nurgün Tamer Bayazıt
Araş. Gör. Dr. Feride Şener Yılmaz
Araş. Gör. Seda Kaçel
Araş. Gör. İdil Erdemir Kocagil

İÇİNDEKİLER

Sürdürülebilir koruma stratejileri geliştirmeye yönelik malzeme analizleri: Tarsus (Mersin, Türkiye) geleneksel yapıları **1**
Merve Ceylin Atikoğlu, Ayşe Tavukçuoğlu, Bilge Alp Güney, Emine Caner-Saltık, Mahdi Mahyar

Hastanelerde ısıl konfor koşullarına ilişkin yapılan çalışmaların değerlendirilmesi **11**
İsmail Caner, Yusuf Yıldız, Nadir İlten

Bir hastane örneğinde ısıl konfor koşullarının kullanıcılar açısından incelenmesi **23**
İsmail Caner, Yusuf Yıldız, Nadir İlten, Merve Tekin

PV sistemlerin gölgelendirme elemanı olarak kullanımının ofis binası örneğinde değerlendirilmesi **37**
A. Umur Göksu, Gülay Zorer Gedik

Bina biçiminin enerji tüketimi üzerindeki etkisi **45**
Esra Bostancıoğlu

Çevresel renk analizleri ve YTÜ Yıldız Kampüsü örneklemesi **55**
Esra Küçükkılıç Özcan, Rengin Ünver

Gölgeleme elemanlarının bina enerji harcamalarına ve kullanıcı konforuna etkisinin değerlendirilmesi: Üniversite kampüsünde bir ofis binası örneği **63**
Naciye Sena Keleş

İlköğretim dersliklerinde sınıf duvar renginin öğrenci dikkatine etkisi üzerine bir araştırma **75**
Fazıla Duyan, Rengin Ünver

Ofislerdeki aydınlık düzeylerinin kullanıcı memnuniyeti üzerindeki etkisi **83**
Ayşe Nihan Avcı, İpek Memikoğlu

Tiyatro sahne aydınlatma düzenleri üzerine bir araştırma **95**
Şefika Güner Pekin, Rengin Ünver

Binaların gürültüye karşı korunması ve ses yalıtımı hakkında yönetmelik taslağı ve binalarda akustik tasarım, uygulama ve denetleme - Taslak kılavuz **105**
Nurgün Tamer Bayazıt, Selma Kurra, Bilge Şan Özbilen, Ayça Şentop

Türk Standardları Enstitüsü (TSE) Tuzla Akustik Laboratuvarı **117**
Türker Talayman

Londra 2012 Olimpik Binicilik Müsabaka Alanı - Çevresel Gürültü Değerlendirmesi **127**
Konca Şaher

Sürdürülebilirlik ve Akustik: Bir otel örneği **135**
Gizem Yazıcı, Sevtap Yılmaz

Kireç esaslı sıvalarda karışım oranlarının gözenek yapısı ve ses yutma özelliklerine etkisi **145**
Işın Meriç Nursal, Ayşe Tavukçuoğlu, Mehmet Çalışkan

Kentsel mekanlarda ses kalitesinin değerlendirilmesi **155**
Derya Çakır Aydın, Sevtap Yılmaz

Açık planlı ofislerde hacim akustiği koşullarının iyileştirme analizi **163**
Dilara Kelle, Sevtap Yılmaz

İstanbul'da Bir İlköğretim Okulunda Gürültünün Etkilerinin Araştırılması **173**
Zeynep Savcı Özgüven, Nurgün Tamer Bayazıt

İÇİNDEKİLER (Devam)

Dış Duvar-Betonarme konsol balkon döşeme birleşiminde ısı köprüsü oluşumu ve farklı çözüm önerilerinin etkinliği **185**
Özge Sarı, Cem Altun

Bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin farklı iklim bölgelerindeki ısıl performanslarının değerlendirilmesi **197**
Elif Yüksel, Nil Türkeri

Konut binalarında balkon boşluklarının kapatılmasının binaların sürdürülebilirliğine katkısı, İstanbul Örneği **207**
Pelin Tuğba Toplu, Fatih Yazıcıoğlu

Sürdürülebilir mimarlıkta sakin şehir (cittaslow) yaklaşımı **215**
Selma Aydoğan, Ş. Filiz Akşit

Türkiye'de farklı iklim bölgelerinde bina formuna bağlı olarak su korunumunun yağmur suyu toplama yardımıyla sağlanması **225**
N. İpek Şahin, Gülten Manioğlu

Sağlık yapılarında yangın emniyet önlemleri ve tahliye stratejileri **235**
Furkan Eruçar, Nuri Serteser

Yüzeyden ısıtma soğutma sistemli modüler hibrid duvar tasarımı ve performansının değerlendirilmesi **243**
Selcen Nur Erikci Çelik, Gülay Zorer Gedik, Aliihsan Koca, Gürsel Çetin, Zafer Gemici

Dış duvarlarda kızıl ötesi ısıl görüntüleme ile ısıl verimlilik analizi **253**
Murat Sayın, Ayşe Tavukçuoğlu

Türkiye'de konut binalarının enerji yenilenmesinde fotovoltaik (PV) sistemlerin değerlendirilmesi **263**
Suzi Dilara Mangan, Gül Koçlar Oral

Farklı bina formlarında güneş pili uygulamalarının enerji ve maliyet etkinliği açısından değerlendirilmesi **273**
H. Merve Yanardağ, Gülten Manioğlu

Avlulu yapılarda güneş ışınımı kazançlarının ısıtma-soğutma yüklerine etkisi **283**
İdil Erdemir Kocagil, Gül Koçlar Oral

Binalarda ısı pay ölçer uygulamasının değerlendirilmesi **293**
Soner Saltı, Gülten Manioğlu

Binalarda radon ve sağlık üzerindeki etkileri **303**
Feyza Cabi Değerli, Filiz Umaroğulları

Cephe tasarımında günışığı performansının değerlendirilmesi: Güncel yaklaşımlar **313**
Feride Şener Yılmaz

Sıcak kuru iklim bölgesi geleneksel Türk evlerinin günışığı performansı açısından değerlendirilmesi: Midyat örneği **321**
Gökçe Erdemir, Alpin Köknel Yener

Using daylight systems to reduce energy consumption due to lighting: A case study of Yasar University Cafeteria **331**
Arzu Cilasun

Aydınlatma sistemi performansının analizine ilişkin bir örnek çalışma **341**
Seda Kaçel, Alpin Köknel Yener

Giyim mağazalarında aydınlatma tasarımının tüketici algısına etkilerinin belirlenmesi **351**
Merve Aşçıoğlu, Alpin Köknel Yener

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

SÜRDÜRÜLEBİLİR KORUMA STRATEJİLERİ GELİŞTİRMEYE YÖNELİK MALZEME ANALİZLERİ: TARSUS (MERSİN, TÜRKİYE) GELENEKSEL YAPILARI

MSc. Student - Merve Ceylin Atikoğlu[a]
Doç. Dr. Ayşe Tavukçuoğlu[b]
Dr. Bilge Alp Güney[c]
Prof. Dr. Emine Caner-Saltık[d]
PhD. Student - Mahdi Mahyar[e]
ODTÜ Mimarlık Fakültesi, Malzeme Koruma Laboratuvarı
ODTÜ Kampüsü, Çankaya, Ankara, 06800

ÖZET

Tarihi yapıların ve malzemelerinin bozulma nedenleri ile ilgili teşhis ve takip çalışmaları ve malzemelerin performans ve uyumluluk özelliklerinin araştırılması, bu yapıların sürekliliğinin sağlanması açısından hayati önem taşımaktadır. Bu çalışmada yığma taş ve ahşap çatkı yapılardan oluşan Tarsus geleneksel evlerindeki özgün malzemelerin temel fiziksel, fizikomekanik ve bileşim özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, malzeme örneklerinde bulunan suda çözünür tuz miktarları ve çeşitleri belirlenmiştir. Sonuçlar, harç ve sıvalarda bağlayıcı olarak kireç kullanıldığını, harç ve sıvalarda kullanılan ince agregaların puzolanik özelliğe sahip olduğunu göstermiştir. Yapılarda kullanılan taşın kireçtaşı olduğu görülmüştür. Geleneksel yığma taş ve ahşap çatkılı duvarlarda kullanılan malzemelerin, duvar kesiti içerisindeki ahşap yapı elemanlarının kuru ve sağlıklı koşullarda yaşamasına imkan verecek şekilde, nefes alma özelliklerine sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Taş duvarların alt kısımlarından alınan bazı bozulmuş taş ve harç örnekleri ve sahip oldukları yüksek tuz miktarları, yerden yükselen nem sorunlarının varlığını göstermektedir. Bu nem sorunları ve sebep oldukları ciddi malzeme bozulmalarının ortadan kaldırılması için yeterli boşaltma kapasitesine sahip çatı ve yüzey suyu drenaj sistemlerinin sağlanması gereği vardır; bu işlem öncelikli müdahaleler kapsamında ele alınmalıdır. Malzeme onarımları için geleneksel harç ve sıva yapımında kullanılan hammaddeler ve yığma taş duvar örgüsünü oluşturan kesme taş ve dolgu taş cinsleri detaylı olarak incelenmeli; bu amaçla Tarsus yöresindeki hammadde kaynakları analiz edilmelidir.

Anahtar sözcükler: : Geleneksel Tarsus Evleri (Mersin, Türkiye), Ahşap Çatkı Yapılar, Geleneksel Yapı Malzemeleri, Malzeme Analizleri, Sürdürülebilir Koruma Stratejileri.

ABSTRACT

Diagnostic/monitoring studies and analyses of performance and compatibility properties of the original materials have vital importance in the conservation and preservation of traditional houses and their materials. This study deals with the examination of basic physical, physico-mechanical and compositional properties of original building materials forming the traditional stone masonry and timber-framed wall components of Tarsus traditional houses. Qualitative soluble salt tests gave hints on the main sources of materials problems. The results showed that mortars

[a] e-posta adresi: ceylinatikoglu@gmail.com
[b] e-posta adresi: aysetavukcuoglu@yahoo.com
[c] e-posta adresi: bguney@metu.edu.tr
[d] e-posta adresi: canersal@yahoo.com.tr
[e] e-posta adresi: mahiar@msn.com

and plasters were lime based. The fine aggregates of mortars and plasters showed high pozzolanicity. The materials used in the construction of the timber-framed wall were found to have high water vapour permeability providing dry and healthy boundary conditions for the timber elements inside the wall section. The presence of severely-deteriorated stone and mortar in the lower parts of stone masonry and their high soluble salt content indicated the continuous rising damp problem resulting in material deterioration. Properly-functioning roof and surface water drainage systems are urgently needed to prevent further deterioration of materials. For repair works, more comprehensive studies on raw material characteristics of the original materials and natural resources in the close vicinity of the Tarsus historical district are needed.

Key words: Traditional Tarsus Houses (Mersin, Turkey), Timber-Framed Structures, Traditional Building Materials, Materials Analyses, Sustainable Conservation Strategies.

1.GİRİŞ

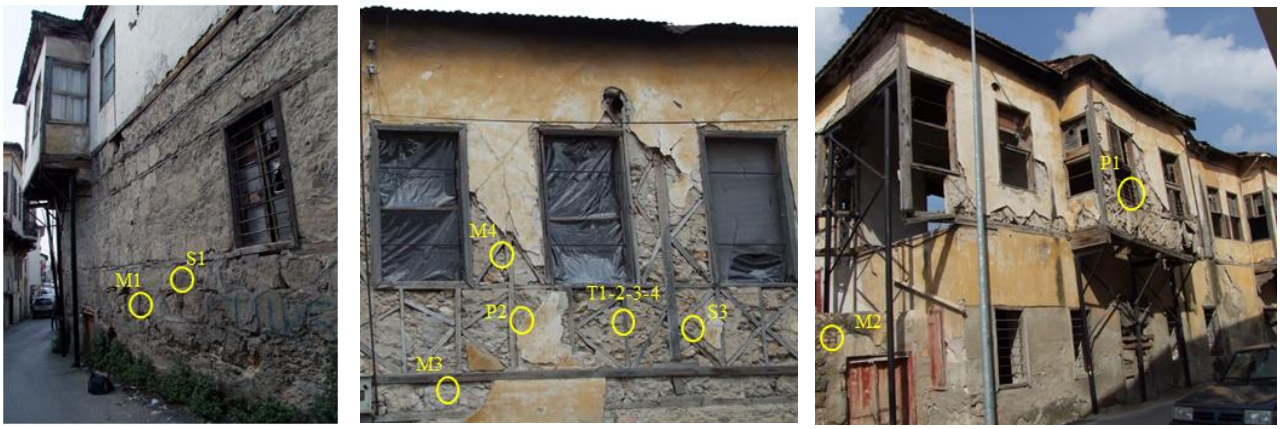
Yüzyılı aşkın süredir ayakta kalabilmiş olan geleneksel yapıların özgün niteliklerini koruyacak ve devam ettirecek nitelikte onarılabilmesi ve sürdürülebilir koruma stratejilerinin geliştirilebilmesi için geleneksel/tarihi malzeme teknolojilerinin iyi anlaşılması gerekir. Bu türden stratejilerin geliştirilebilmesi için geleneksel yapıların zaman içerisinde karşılaştıkları sorunlarının tespiti, sebeplerinin belirlenmesi ve malzemelerinin uzun dönemde gösterdikleri dayanıklılığa katkısı olan performans ve bileşim özelliklerinin ortaya çıkarılmasına yönelik kapsamlı ön çalışmalar yapılmalıdır. Tarihi yapıların ve malzemelerinin bozulma nedenleri üzerinde yapılan teşhis ve takip çalışmaları, malzemelerin performans ve uyumluluk özelliklerinin anlaşılması, bu yapıların sürekliliğinin sağlanması açısından hayati önem taşımaktadır.

Bu çalışma Tarsus (Mersin) bölgesindeki ahşap çatkılı ve yığma taş duvarlara sahip geleneksel evler için koruma stratejilerinin geliştirilmesine yönelik olarak, yapı malzemelerinin bozulma sorunlarının tespiti ve temel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu yapılar, ahşap yapım teknikleri ve geleneksel yapı malzemelerine dair belge niteliğini taşımalarına rağmen, onarımlarda kullanılan uyumsuz malzemelerden kaynaklanan sorunlarla karşı karşıyadır. Bu çalışmanın amacı, bu yapıların uzun dönem dayanıklılıklarında büyük önem taşıyan malzemeler arası uyum ve malzemelerin performans özelliklerinin belirlenmesidir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Bu araştırma kapsamında, Tarsus kentindeki geleneksel yığma taş ve ahşap çatkılı duvarlara sahip geleneksel konut yapılarının malzeme özellikleri incelenmiştir. Tarsus kentinin çok katmanlı tarihi bölgesinde yer alan bu evler; yüzyıldan fazla bir süredir ayakta durmaktadır. Tarsus tarihi bölgesinde başlıca iki çeşit geleneksel yapı bulunmaktadır (Resim 1). İlki, zemin katı kesme taş örgülü kâgir duvarlardan yapılmış ve üst kat(lar)ı moloz taş dolgulu ahşap çatkı yapılardır. Dış cephede ise, ahşap iskeletin ve moloz taşların üzerine kalın bir sıva katmanı uygulanmıştır. Bunun üzerinde ise iki kat kireç sıvası kullanılmıştır.

Tarihi/geleneksel yapıların ahşap çatkılı ve yığma duvarlarını oluşturan kesme taş, moloz taş ve harçlardan örnekler alınmıştır. Yapılardan örnek alınan kısımlar Resim 1'de gösterilmiştir.



Resim 1. Tarsus geleneksel konut yapılarından alınan malzemelerin yapılar üzerindeki konumları.

Taş, harç ve sıva örneklerinin temel fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, örneklerin birim hacim ağırlıkları, etkin gözeneklilikleri, su emme kapasiteleri ve su buharı geçirimlilikleri belirlenmiştir [**1**], [**2**]. Özellikle ahşap çatkılı duvar kesiti boyunca katmanların sahip olduğu su buharı geçişindeki devamlılık ve buna bağlı nefes alma kabiliyeti üzerinde durulmuştur. Katmanların sahip olduğu nefes alma özelliği, su buharı geçirimliliği (SD) ve su buharı difüzyon faktörü (μ) olarak iki parametre üzerinden değerlendirilmiştir. SD değeri 0,14 m altında olan malzemeler su buharı geçirimliliği yüksek, SD değeri bu rakamın üstünde olan malzemeler ise su buharı geçirimliliği düşük, SD değeri 0,14 - 1,4 m arasında olan malzemeler ise orta derecede su buharı geçirimliliğine sahiptir [**3**].

Taş, harç, sıva ve ahşap örneklerinin fizikomekanik özellikleri, ultrases geçiş hızı (UPV) ve elastiklik modülü (E_{mod}) olarak belirlenmiştir. UPV değerleri, malzeme örneğinin karşılıklı kenarları arasında, doğrudan iletim yöntemi kullanılarak sesin geçiş zamanının ölçülmesiyle elde edilmiştir [**4**]. E_{mod} değerleri, örneklerin birim hacim ağırlığı ve UPV değerleri kullanılarak hesaplanmıştır [**5**]. Taş, harç ve sıva örneklerinin tek eksenli basınç dayanımları (UCS), nokta yükleme aleti kullanılarak dolaylı olarak belirlenmiştir [**6**].

Harç ve sıva örneklerinin bileşim ve hammadde özellikleri, örneklerin bağlayıcı-agrega oranı, agregaların türü ve şekilleri, parçacık boyutu dağılımları ve 125 mikron altında tane büyüklüğüne sahip agregaların puzolanik aktivitesi belirlenerek incelenmiştir. Harç ve sıva örneklerinin bağlayıcı-agrega oranının belirlenmesi için örnekler %5'lik HCI (seyreltilmiş hidroklorik asit) çözeltisinde bekletilmiştir, daha sonra asitte çözünmeyen kısımlarının ağırlıkları belirlenmiştir. Örneklerin asitte çözünen ve çözünmeyen kısımları yüzde olarak hesaplanmıştır. Asitte çözünmeyen kısımlar 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,500 mm, 0,250 mm ve 0,125 mm'lik eleklerden geçirilerek parçacık büyüklüğü dağılımları hesaplanmıştır. Tane büyüklüğü 0,125 mm altındaki agregaların puzolanik aktivitesinin incelenmesi amacıyla, agregalar doygun $Ca(OH)_2$ çözeltisiyle muamele edilmiş ve harcanan $Ca(OH)_2$ miktarı titrasyon yöntemiyle belirlenmiştir.

Taş, harç ve sıva örneklerinin mineralojik özelliklerinin belirlenmesi için X-ışını difraksiyon analizi yapılmıştır. 0,125 mm altındaki agregalar üzerinde de $Ca(OH)_2$ çözeltisi ile muamele edilmeden önce ve sonra XRD analizi yapılmıştır. Örneklerde bulunan suda çözünen tuz cinsleri

spot testlerle belirlenmiştir. Ayrıca, örneklerde bulunan toplam suda çözünür tuz miktarının belirlenmesi için elektriksel iletkenlik ölçümlerinden yararlanılmıştır. [**1**].

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Geleneksel duvar kesitinde kullanılan malzemelerin performansları, malzemelerin fiziksel ve fizikomekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneyler sonucu elde edilen veriler kullanılarak değerlendirilmiştir. Bir arada bulunan malzemelerin uyumluluğu, su buharı geçirimlilik özellikleri açısından ele alınmıştır. Harç ve sıva örneklerinin bileşim ve ham madde karakteristikleri onarım malzemelerinin üretimi için gerekli spesifikasyonların belirlenmesi amacıyla değerlendirilmiştir. Malzemelerde bulunan suda çözünür tuzların nitelikleri, malzemelerin bozulmasına neden olan kaynaklara dair ipuçları vermiştir. Bahsi geçen konulara dair sonuçlar ilgili başlıklar altında özetlenmiştir.

3.1. Performans özellikleri: Temel fiziksel ve fizikomekanik özellikleri

Ahşap çatkılı moloz taş dolgu duvar ve kesme taş duvarlarda kullanılan taşların birim hacim ağırlıkları, etkin gözeneklilikleri ve su emme kapasiteleri sırasıyla 2,05g/cm^3, %26 (hacim oranı) ve %13 (ağırlık oranı) olarak bulunmuştur. Kesme ve moloz taş dolgu arası harçlar için belirtilen özellikler sırasıyla 1,62g/cm^3, %36 (hacim oranı) ve %22 (ağırlık oranı) olarak bulunurken, ahşap çatkılı duvarı örten dış sıva katmanı için ise bu değerler sırasıyla 1,57g/cm^3, %40 (hacim oranı) ve %25 (ağırlık oranı) olarak bulunmuştur.

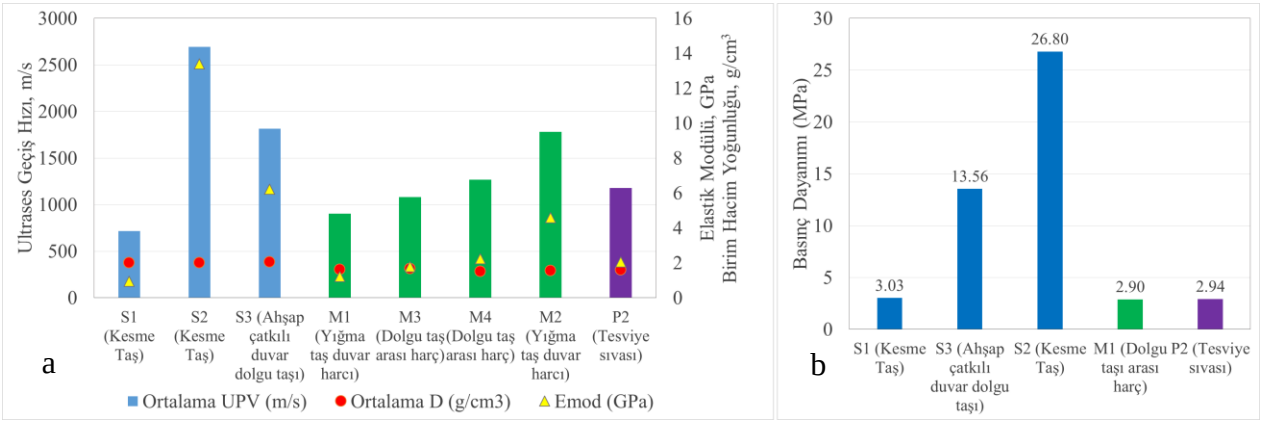
Taş ve harcın μ değerleri sırasıyla 14,7 ve 3,8 olarak bulunmuştur. Dış sıva katmanlarının ortalama μ değeri ve toplam SD değeri sırasıyla 7,1 ve 0,11 m iken, son kat uygulamasının μ ve SD değerleri sırasıyla 13,3 ve 0,1 m olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu veriler, dış katman sisteminin SD değerinin 0,14 m altında olmasından dolayı yüksek oranda nefes alma özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca son katmanın μ değerinin alt katmandan iki kat daha fazla ve su buharı geçirimliliğinin 0,14 m altında olması bu katmanın yüksek su buharı geçirimlilik özelliği korunurken, aynı zamanda su geçirimsiz bir son katman olarak kullanılmış olabileceğini göstermektedir. Taş ve harcın su buharı geçirimlilik özellikleri dikkate alınarak 60 cm kalınlığındaki yığma taş duvarın μ ve SD değerleri sırasıyla 9,45 ve 5,67 m olarak hesaplanmıştır. Ahşap çatkılı duvar için ise dolgu taş, harç ve dış sıva katmanının su buharı geçirimliliği dikkate alınarak, 19,5 cm kalınlığında bir duvara ait ortalama μ ve SD değerleri 8,4 ve 1,64 m olarak hesaplanmıştır. Yığma ve ahşap çatkılı duvarlara ait bulunan bu değerler ahşap için bulunan μ değerleriyle (8,0) uyumludur [**7**]. Sonuçlar, duvar kesitindeki ahşap yapı elemanlarının kuru ve sağlam kalması için gerekli sınır değerlerinin sağlandığını göstermektedir. Geleneksel yığma taş ve ahşap çatkılı duvarların bu türden bir nefes alma özelliğine sahip olması, ahşap yapı elemanlarının uzun dönem dayanıklılığı için büyük önem taşımaktadır.

Taş, harç ve sıva örneklerinin doğrudan ölçülen ultrases geçiş hızı, elastiklik modülü ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri Şekil 1a ve 1b'de verilmiştir. Taş örneklerinin UPV değerleri 1814 m/s-2696 m/s aralığında, elastiklik modülü ve tek eksenli basınç dayanımları ise sırasıyla 6,2-13,4 GPa ve 13,6-26,8 MPa aralığında bulunmuştur. Taşla birlikte kullanılan harç ve alt sıva katmanının UPV ve E_{mod} değerleri sırasıyla 1081-1783 m/s ve 1,79-4,58 GPa'dır. Bu değerlerin

taştan daha düşük olduğu gözlenmektedir. Alt sıva katmanının tek eksenli basınç dayanımı 2,9 MPa'dır. Ağırlıkça %2'nin üzerinde suda çözünür tuz bulunan taş ve harç örneklerinin tek eksenli basınç dayanımları 2,9-3,0 MPa olarak bulunmuştur. Yığma taş duvarın alt kısımlarından alınan taş ve harç örneklerinin belirlenmiş olan fizikomekanik özellikleri malzemelerdeki bozulmaya işaret etmektedir. Sokak tarafındaki evlerin alçak kısımlarından ve aynı bölgedeki malzeme kayıplarının olduğu yerlerden alınan örneklerin çoğunda tespit edilen suda çözünür tuzların varlığı, yapının yerden yükselen nem ve tuz problemlerine maruz kaldığını göstermektedir. Örneklerde varlığı belirlenen suda çözünür tuzların; başlıca sülfat, nitrat ve nitrit tuzları olması, yerden yükselen nem probleminin varlığını desteklemektedir (Çizelge 1).

Kısaca, dolgu taş harcı ve dış sıvanın benzer fiziksel özellikler gösterdiği, bununla birlikte mekanik dayanım değerlerinin ise duvar kesitinin merkezinden dış kısımlarına doğru azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, katmanların su buharı geçirimliliğinin duvar kesiti boyunca kesintisiz olarak devam ettiği gözlenmiştir. Tarihi yapıların uzun yıllar boyunca ayakta kalmasında rolü olan malzemeler arasındaki bu uyumluluğun korunması yapının sağlığı açısından önem taşımaktadır.

Ahşap yapı örneklerinin ultrases geçiş hızı 522 ve 1845 m/s aralığında bulunmuştur. Bu veriler ahşapların UPV değerlerinin 1000 m/s üzerinde olan kısımlarının sağlam olduğunu göstermektedir [**8**], [**9**], [**10**]. Sahada, ahşap yapısal elemanlar üzerinde yapılacak ölçümlerle belirlenen UPV değerlerine bakılarak ahşap elemanların hangi kısımlarının yenileneceği değerlendirilmelidir.



Şekil 1.a. Örneklerin ultrases geçiş hızları, elastiklik modülleri ve birim hacim ağırlıkları. b. Taş, harç ve sıva örneklerinin tek eksenli basınç dayanımları.

Çizelge 1. Taş, harç ve sıva örneklerinde belirlenen suda çözünür tuz miktarı ve tuz çeşitleri.

Örnek Adı	PO4 (2-)	SO4 (2-)	Cl (-)	NO2 (-)	NO3 (-)	CO3 (2-)	% Tuz miktarı
S1 (Kesme Taş)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	1,99
S2 (Kesme Taş)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	0,36
S3 (Ahşap çatkılı duvar dolgu taşı)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	0,84
M1 (Yığma taş duvar harcı)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	2,67
M2 (Yığma taş duvar harcı)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	1,86
M3 (Ahşap çatkılı duvar harcı)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	0,63
P1 (Ahşap çatkılı duvar sıvası)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	0,08
P2 (Tesviye sıvası)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	0,05

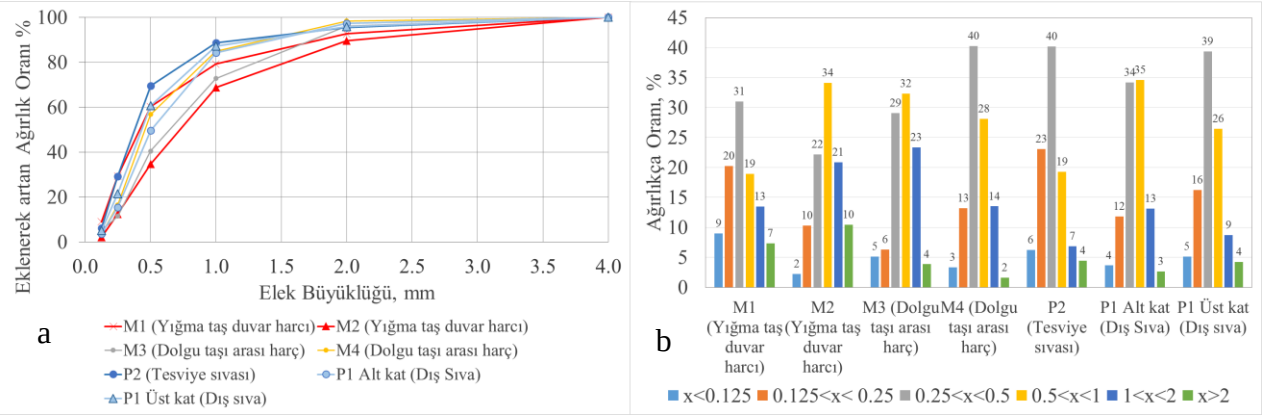
3.2 Bileşim özellikleri

Harç ve sıva örneklerinin asitte çözünen ve çözünmeyen kısımlarının oranları ve asitte çözünmeyen kısımların parçacık büyüklüğü dağılımı Şekil 2a ve 2b'de verilmiştir. Yığma taş duvarda kullanılan harcın bağlayıcı (asitte çözülebilir kısmının) oranı %68-71 aralığında bulunurken, ahşap çatkılı duvarda kullanılan dolgu harcın bağlayıcı oranı %39-56 aralığında bulunmuştur. Dolgu harcı ile temas halinde olan sıva katmanının bağlayıcı oranının, %46-47 aralığında olduğu belirlenmiş ve bu oranın dolgu harcı için bulunan bağlayıcı oranı aralığında kaldığı görülmüştür. Sonuçlar yığma taş duvarda kullanılan harcın bağlayıcı oranının, ahşap çatkılı dolgu duvarda kullanılan harcınkinden daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ahşap çatkılı duvarda kullanılan harç ve sıvaların bağlayıcı oranlarının benzer aralıklarda olduğu gözlenmiştir (Şekil 2b). Yığma taş duvarda kullanılan harç için bulunan yüksek bağlayıcı oranının, agrega olarak kireçtaşı gibi asitte çözünen agregaların kullanımına bağlı olabileceği ihtimali bulunmaktadır.

Harç ve sıva örneklerine ait agregaların (asitte çözünmeyen kısım) parçacık büyüklüğü dağılımı orta ve iri tane büyüklüğüne sahip agregaların (0,25 mm ve 1 mm) yoğunlukta olduğunu gösterirken, en iri (>1 mm) ve ince (<0,25 mm) tane büyüklüğündeki agregaların daha düşük oranlarda olduğunu göstermektedir. Sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

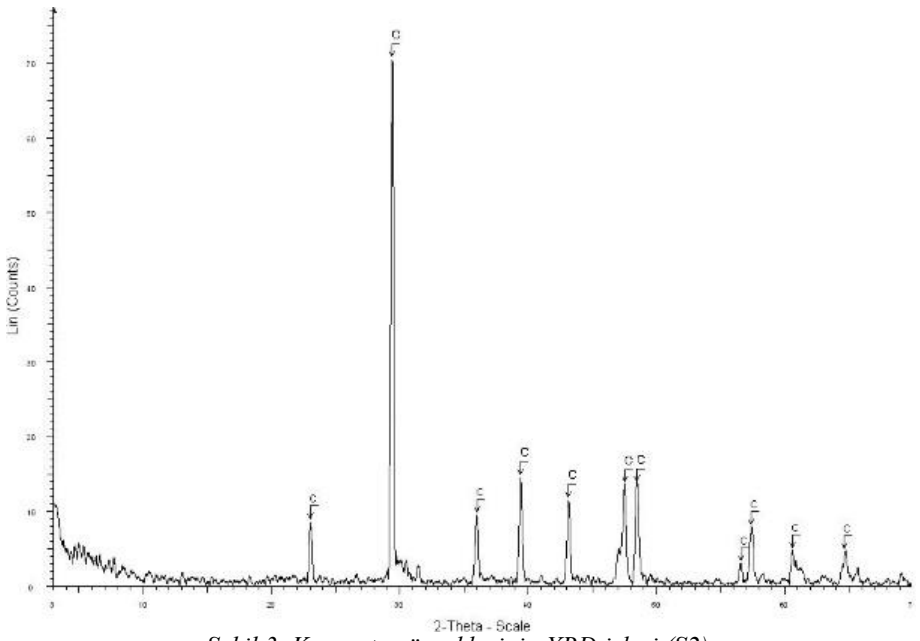
- Orta ve iri büyüklükteki agregaların oranı yığma taş duvardaki harçta ortalama %53 iken, ahşap çatkılı duvardaki dolgu harcı ve sıvada ortalama %65 olarak bulunmuştur.
- Ahşap çatkılı duvarda kullanılan dolgu harcı ve sıvalarındaki en iri agregaların oranı en düşüktür (%14).
- En iri ve en ince agregaların tüm sıva ve harç örneklerinde en düşük oranlara sahip olduğu görülmüştür.

$CaCO_3$ içeren agregaların belirli bir miktarının asidik çözeltide çözünmüş olma ihtimalinden dolayı, bağlayıcı ve agrega oranı ve parçacık büyüklüğü dağılımını belirlemek amacıyla ileri analizler yapılmalıdır [**11**].

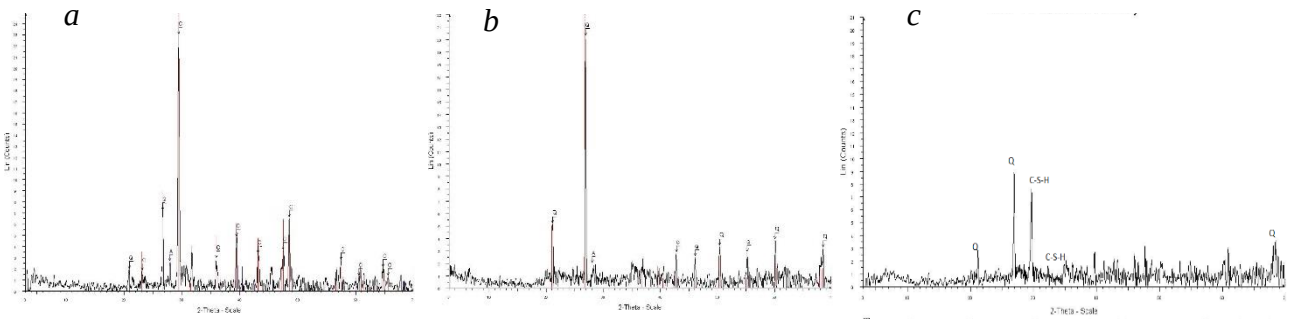


Şekil 2.a. Geçen agrega oranına göre parçacık dağılımı b. Çeşitli malzemelerdeki bağlayıcı oranı

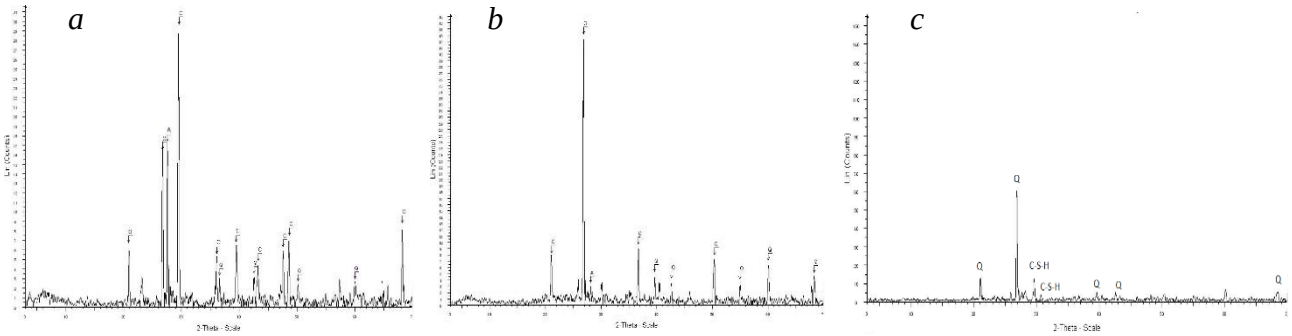
Taş, harç ve sıva örneklerindeki mineralojik fazlar XRD analizleriyle incelenmiştir. Taş örneğinin XRD izleri, sadece kalsitin varlığını göstermiştir (Şekil 3). M1ve M2 yığma taş duvar harcı örneğinin XRD izlerinde görüldüğü gibi tüm harç ve sıva örneklerinde, kalsit (C) ve kuvartz (Q) bulunduğu görülmüştür (Şekil 4a ve 4a). XRD analizi sonuçlarına göre, yığma taş duvarda kullanılan taşın kireçtaşı olduğu, sıva ve harçlarda bağlayıcı olarak kirecin kullanıldığını söylemek mümkündür. İnce taneli agregaların $Ca(OH)_2$ çözeltisi ile muamele edilmesinden önce ve sonraki XRD izlerinin karşılaştırılması, ince agregaların $Ca(OH)_2$ ile reaksiyona girerek 30 2θ° aralığında [**12**] kalsiyum silikat hidrat (C-S-H) piki oluşturduğunu göstermiştir (Şekil 4b,4c ve 5b,5c). Ayrıca harç ve sıvaların ince agregaları üzerinde yapılan puzolanik aktivite deneyleri, agregaların yüksek $Ca(OH)_2$ tüketimi, puzolanik aktivitelerinin yüksek olduğunu göstermiştir [**13**], [**14**], [**15**] (Şekil 6).



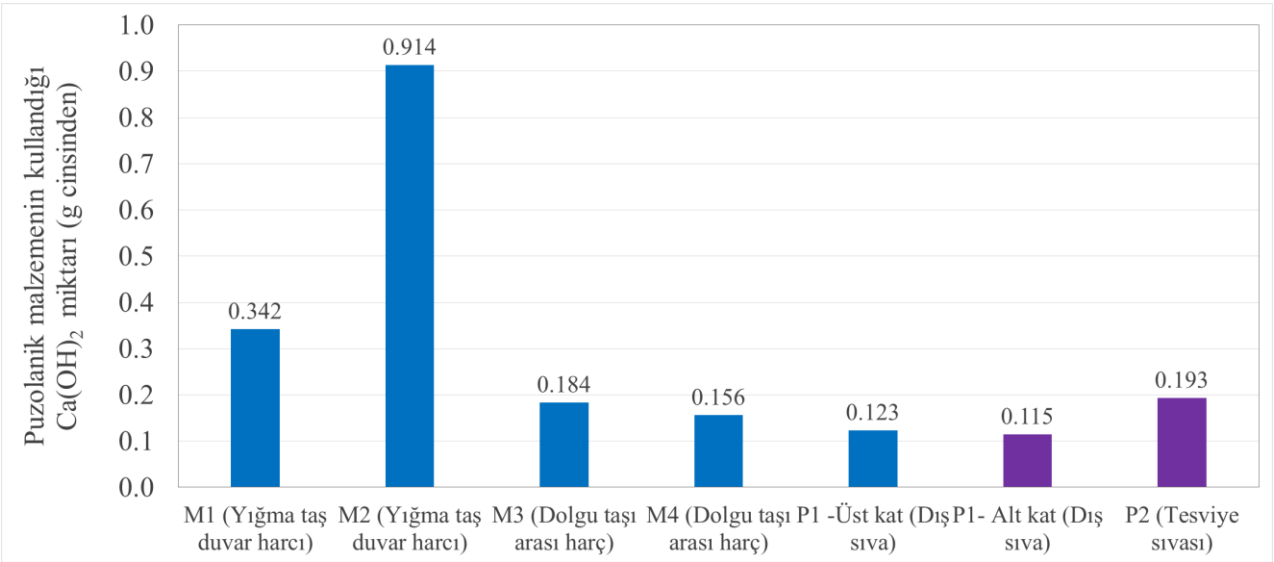
Şekil 3. Kesme taş örneklerinin XRD izleri (S2).



Şekil 4. Taş harcı örneğinin XRD izleri (M1)(a), Agregaların (<0,125mm) $Ca(OH)_2$ çözeltisiyle işleminden önce ve sonra XRD izleri (b and c, sırasıyla).



Şekil 5. Taş harcı örneğinin XRD izleri (M2)(a), Agregaların (<0,125mm) Ca(OH)2 çözeltisiyle işleminden önce ve sonra XRD izleri (b and c, sırasıyla).



Şekil 6. 1 g agrega (<0,125mm) tarafından harcanan $Ca(OH)_2$

4. SONUÇLAR

Yığma taş duvar ve ahşap çatkılı duvarları oluşturan özgün taş, harç ve sıvaların incelenmesi, bu malzemelerin performans ve bileşim özellikleri hakkında bilgi vermiştir. Elde edilen sonuçlar, onarım malzemelerinin sahip olması gereken özelliklere ışık tutmaktadır. Dolgu taşı arası harç ve dış sıvaların benzer fiziksel özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Mekanik dayanım değerlerinin ise duvar kesitinin merkezinden dış kısımlarına doğru azaldığı tespit edilmiştir. Katmanların su buharı geçirimliliğinin duvar kesiti boyunca kesintisiz olarak devam ettiği gözlenmiştir. Bu özellikler duvar kesitinde bulunan yapısal ahşap elemanların uzun dönem dayanımlarının korunması için büyük önem taşımaktadır. Harç ve sıva örneklerinin bu çalışmada belirlenen bileşim ve hammadde özellikleri, bu malzemelerin zaman içerisindeki performansına katkıda bulunan faktörler olarak önem taşımaktadır. Harç ve sıvalarda bağlayıcı olarak kireç kullanıldığı ve harç ve sıvalarda kullanılan ince agregaların puzolanik özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılarda kullanılan taşın bölgede bulunan kireçtaşı olduğu görülmüştür. Harç ve sıvalarda kullanılan en ince agregaların puzolanik aktivitelerinin yüksek olması, bu malzemelerin performansına etki eden önemli bir faktördür. Elde edilen sonuçlar bu yapıların inşasında kullanılan hammaddelerin bilinçli olarak seçildiğini göstermektedir. Duvarların alt kısımlarının devam eden yerden yükselen nem problemleriyle karşı karşıya olmasına rağmen, sonuçlar malzemelerin fizikomekanik özelliklerinin yeterli olduğunu göstermektedir. Kullanılan hammaddelerin kaynaklarının daha iyi anlaşılabilmesi için Tarsus bölgesi yakınlarındaki doğal kaynaklarının araştırılması gerekmektedir.

Taş duvarların alt kısımlarından alınan bazı bozulmuş taş ve harç örnekleri ve sahip oldukları yüksek tuz miktarları, yerden yükselen nem problemine ve buna bağlı malzeme bozulmalarına işaret etmektedir. Malzeme bozulmalarının engellenmesi için çatı ve yüzey suyu drenaj sistemlerinin düzgün çalışmasının sağlanması gerekmektedir.

Bu ön çalışma Tarsus tarihi bölgesinin koruma stratejileriyle ilgili olarak öncelikli konulara ışık tutmaktadır. Düzgün çalışmayan yağmur suyu drenaj sistemlerine bağlı yerden yükselen nem problemlerinin ortadan kaldırılması için acil müdahalelere ihtiyaç duyulmaktadır. Tarsus tarihi konut yapılarında kullanılan özgün malzemelerin; hammadde kaynaklarının belirlenmesi ve onarım planlarının oluşturulabilmesi amacıyla detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar ODTÜ Malzeme Koruma Laboratuvarı, Mimarlık Fakültesi tarafından 2014-2015 Bahar Dönemi'nde verilen 'Laboratory Experiments in Conservation Science I' dersini alan yüksek lisans öğrencilerine teşekkür eder.

KAYNAKLAR

1. RILEM., Tentative Reccomendations, Commission – 25 – PEM, "Reccomended Test to Measure the Deterioration of Stone and to Assess the Effectiveness of Treatment Methods," Materials and Structures, 13 No. 73, (1980), pp.173-253.
2. M. Teutonico Jeanne, "*A Laboratory Manual for Architectural Conservators,"* (1998), Rome: ICCROM.

3. TS prEN 7783-2, "*Paints and varnishes-Coating Materials and Coating systems for exterior masonry-Part 2: determination and classification of water-vapor transmission rate permeability,"* (1999), TSE.
4. N. Gozde, & İ. Yaman, "Evaluation of Cement Mortars by Ultrasound," *(2007), 4th Middle East NDT Conference and Exhibition.*
5. ASTM International, *ASTM C 597 - Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete*, (2009).
6. Z. Bieniawski, "The Point load strength test," *Int. Journal of Rock Mechanics and Minerology Science, 9*, (1972), 669-697.
7. E. Akkuzugil, "*A Study of Historical Plasters,"* Ankara: METU: Unpublished MSc Thesis, Department of Architecture, METU, (1997).
8. A. Kandemir-Yucel, A. Tavukcuoglu & E. N. Caner-Saltık, "In situ assessment of structural timber elements of a historic building by infrared thermography and ultrasonic velocity", *Infrared Physics & Technology 49*, (2007), 243-248.
9. F. C. Beall, "Owerview of the use of ultrasonic technologies in research on wood properties," *Wood Sci. Techno. 36*, (2002), 185-198.
10. D. E Bray, & D. McBride, "*Nondestructive Testing Techniques,"* (1992), Canada: John Wiley & Sons, Inc.
11. B. Middendorf, J. Hughes, K. Callebaut, G. Baronio, & I. Papayianni, "Investigative methods for the characterisation of historic mortars- Part 2: Chemical characterication," *Materials and Structures, 38*, (2005, October), 771-780.
12. A. Nonat, "The structure and stoichiometry of C-S-H," *Cement and Conrete Research 34*, (2004), 1521-1528.
13. J. Lanas, & J. I. Alvarez, "Masonry repair lime-based mortars: Factors affecting the mechanical behaviour," *Cement and Concrete Research 33*, (2003), 1867-1876.
14. M. Stefanidou, & I. Papayianni, "The role of aggregates on the structure and properties of lime mortars," *Cement & Concrete Composites 27*, (2005), 914-919.
15. I. Papayianni, & M. Stefanidou, "Strength–porosity relationships in lime–pozzolan mortars," *Construction and Building Materials 20*, (2006), 700-705.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

HASTANELERDE ISIL KONFOR KOŞULLARINA İLİŞKİN YAPILAN ÇALIŞMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş. Gör. İsmail CANER[a]
Yrd. Doç. Dr. Yusuf YILDIZ[b]
Doç. Dr. Nadir İLTEN [a]
[a]BAÜ Müh. - Mim. Fak. Mak. Mühendisliği Bölümü
[b]BAÜ Müh. - Mim. Fak. Mimarlık Bölümü
Bigadiç Yolu Üzeri 17. KM Çağış Kampüsü, Altıeylül/BALIKESİR

ÖZET

Hastaneler, değişik branşlarda sağlık hizmetlerinin verildiği, gerekli görüldüğü hallerde yatarak tedavi olunan sağlıklı ve sağlığını geri kazanmaya çalışan kişilerin birlikte bulundukları kompleks yapılardır. Hastalar, sağlıklı kişilere kıyasla iç ısıl koşullardaki (sıcaklık, nem, hava hızı) dalgalanmalardan daha fazla etkilenebilirler. Bu nedenle hastanelerde ısıl konfor koşullarına daha fazla dikkat edilmelidir. Literatüre bakıldığında ısıl konfor ile ilgili birçok çalışma vardır. Bu bildirinin amacı hastanelerde ısıl konfor hakkında yapılmış çalışmalar üzerine bir literatür taraması yapmaktır. İlk olarak konu hakkında Dünya da ve Türkiye de yapılan çalışmalar 4 farklı elektronik veri tabanında (Google Scholar, Web of Science, Scopus and ScienceDirect) aranarak sayısal olarak irdelenmiştir. Daha sonra son 16 yılda hastanelerde ısıl konfor ve alt alanları hakkında yayınlanmış çalışmalar incelenmiştir. Literatür taraması sonucu hastanelerde ısıl konfor konusu hakkında makul miktarda çalışma olduğu görülmüştür. Fakat bu konuda ülkemizde yapılmış çalışmaya rastlanılmamıştır. Hastanelerde ısıl konfor koşulları hakkında yapılacak çalışmalarda; gece yapılacak ısıl konfor ölçümleri, hastalıklara göre ısıl konfor koşulları, yatan hasta, refakatçi ve personel için konfor koşulları ve yatan hastalar için yeni Clo değerleri üzerinde durulmalıdır.

Anahtar sözcükler: Isıl konfor, Hastaneler, Enerji verimliliği

EVALUATION OF RESEARCHES ON THERMAL COMFORT CONDITIONS IN HOSPITALS

Hospitals are complex buildings given health care in various areas. Patients can be more affected by fluctuations in thermal conditions (temperature, humidity, air velocity) according to health people. Therefore, more attention should be paid to the thermal conditions in hospitals. There are lots of researches about thermal comfort in literature. The aim of this paper is to review the literature on human thermal comfort in hospitals. Firstly, studies on the subject in the world and Turkey were searched in 4 different electronic databases (Google Scholar, Web of Science, Scopus and ScienceDirect).Then papers on thermal comfort in hospitals published in the last 16 years were investigated. The results of the literature review showed that there were a fair amount of papers on thermal comfort in hospitals. However the authors could not see any studies on this subject in Turkey. Further studies on this subject should be focused on thermal comfort measurements at night, determination of thermal comfort conditions based on disease, staff, companion and inpatient, investigation of clo values for inpatient.

Key words: Thermal comfort, Hospitals, Energy efficiency

[b] Sorumlu yazar e-posta adresi: yusifyildiz@gmail.com

1. **GİRİŞ**

Kentleşme ve endüstrileşme, insanların birçoğunun yaşamlarının büyük bir kısmının iklimlendirilmiş ortamlarda geçirmesine neden olmaktadır. Gelişmiş ülkelerde insanlar zamanlarının yaklaşık %90'ını kapalı mekânlarda geçirmektedir [1]. Konfor koşulları dikkate alındığında bu mekanlarda dış koşullara bağlı olarak iklimlendirme yapılmasına ve HVAC sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemlerin tükettikleri enerji miktarı binalarda tüketilen toplam enerji miktarının %30 ile %60'ına karşılık gelmektedir [2]. İklimlendirme ve havalandırma sistemlerinin düzgün bir şekilde tanımlanması ve işletilmesi ile binalarda önemli miktarda enerji tasarrufu gerçekleştirilebilir [2].

Binalarda enerji tasarrufu kadar kullanıcı konfor koşullarına da dikkat etmek gerekmektedir. Isıl konfor ASHRAE Standard-55'de ısıl çevre ile memnuniyetin ifade edildiği durum olarak tanımlanmıştır [3]. Özellikle kapalı mekanlarda bulunan insanlara kabul edilebilir seviyede ısıl koşullar ve temiz hava sağlamak gerekmektedir [4]. Bu nedenle mimar ve mühendislerin bir binayı sadece enerji açısından değil, ısıl konfor koşulları açısından da ele alması gerekmektedir [5]. Binalarda ısıl konfor koşullarının sağlanması kullanıcıların performans ve verimini arttırırken, işe gelmeme gibi durumlarında azalmasını sağlamaktadır [6].

Farklı bina tiplerinde ısıl konfor konusunda günümüze kadar birçok çalışma yapılmış ve bu yapılan çalışmalar ışığında değişik standartlar oluşturulmuştur. Literatür incelendiğinde, okul, ofis ve konutlarda ısıl konfor koşullarının benzer ve farklı açılardan birçok kez irdelendiği diğer bina tipleri için ise daha az çalışma yapıldığı görülmektedir. Örneğin hastanelerde ısıl konfor koşulları ile ilgili çalışmalar diğer bina tiplerine göre daha azdır. Aynı zamanda hastalar üzerinde ısıl konfor koşullarının etkisi konusunda herhangi bir standart bulunamamıştır [7]. Hastanelerde enerji verimliliği ve ısıl konfor koşullarını daha önemli kılan nedenler şu şekilde özetlenebilir [8];

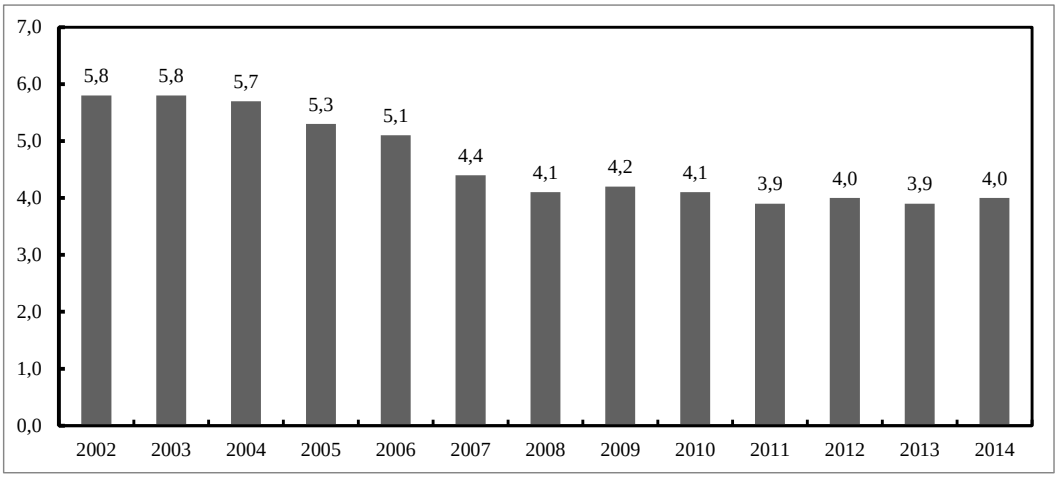
1. 24 saat sürekli şartlandırılması (aydınlatma, ısıtma, soğutma, havalandırma) gereken mekanlar bulunmaktadır. Örneğin, ameliyathane ve yoğun bakım ünitelerinde 24 saat kesintisiz enerji ve iklimlendirmeye ihtiyaç duyulmaktadır.
2. Şartlandırılması gerekli toplam hacim diğer bina tiplerine kıyasla daha büyüktür.
3. Sıcak su kullanımı gerekmektedir.
4. Isıl konfor koşulları hastaların iyileşme sürecine katkısı nedeniyle daha önemlidir.
5. Yüksek enerji tüketen, sterilizasyon ve diğer tıbbi süreçler için çeşitli ekipmanlar bulunmaktadır.

Ayrıca, ülkemiz 2014 yılı sağlık bakanlığı istatistiklerine göre her birey yılda ortalama 5,1 kez hastanelere başvurmaktadır (**Çizelge 1**). Bu oranlar dikkate alındığında hastanelerde sadece ayakta tedavi amaçlı gelen kişilerin, hastane ısıl konfor koşullarında uzun süre bulunduğu, iklimlendirme ve havalandırma sistemlerine uzun süre maruz kaldığı anlaşılmaktadır. Jing Xiong ve arkadaşları [9]'nın yaptığı çalışmada hastane koşullarının terleme, göz yorgunluğu, baş dönmesi, hızlı soluma ve kalp atış hızında artış gibi semptomlara yol açacağı ve bunun önüne geçmek için iklimlendirme ve havalandırma sistemlerinin kontrol ve optimizasyonlarının düzgün ve düzenli bir şekilde yapılmasının ne derece önemli olduğu söylenmektedir.

Çizelge 1: Yıllara ve Sektörlere Göre Hastanelere Kişi Başı Müracaat Sayısı [4]

Yıl	2002	2010	2011	2012	2013	2014
Sağlık Bakanlığı	1,7	3,2	3,4	3,5	3,6	3,8
Üniversite	0,1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
Özel	0,1	0.6	0.8	0.9	0.9	0,9
Toplam	**1,9**	**4,1**	**4,5**	**4,7**	**4,9**	**5,1**

Hastanelerde yatan hastaların ortalama kalış günü sayısı 2014 yılı için 4 gün (**Şekil 1**) ve yatan hasta sayısı her yıl artarak 2014 yılında 13.034.273 (**Çizelge 2**) olmuştur.



Şekil 1: Yıllara Göre Hastanelerde Yatan Hastaların Ortalama Kalış Günü [4]

Ayakta tedavi gören ve teşhis amaçlı gelen hastalar ile yatarak tedavi gören hastalar ve refakatçıları ve hastane personelinin bulundukları mekanlar farklılık göstermektedir. Bu nedenle kullanım amacı farklı mekanlar için farklı konfor koşulları tanımlanmalıdır. Tek kişilik hasta odaları için ısıl konfor koşullarının, hastanın yaşı, cinsiyeti ve hastalık tipine göre ayarlanması daha kolaydır. Ancak iki veya daha fazla kişinin kaldığı odalar için ısıl konfor koşullarının optimize edilmesi gerekmektedir. Personel aynı ortamda fazla kalmadığı için farklı ısıl şartlara maruz kalmaktadır.

Çizelge 2: Yıllara Göre Hastanelerde Yatan Hasta Sayısı [4]

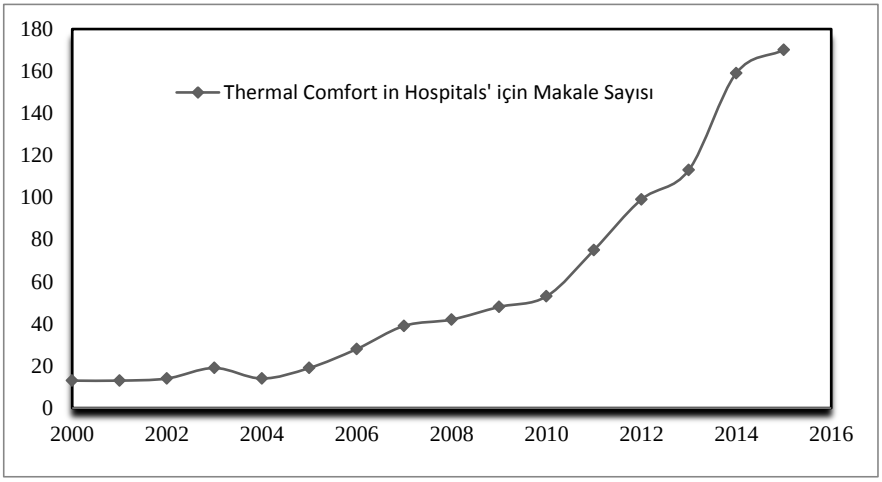
Yıl	2002	2010	2011	2012	2013	2014
Sağlık Bakanlığı	4.169.779	6.361.116	6.775.154	6.891.857	7.023.313	7.396.239
Üniversite	781.990	1.509.484	1.607.462	1.601.878	1.630.464	1.737.627
Özel	556.494	2.657.573	3.054.165	3.485.092	3.719.780	3.900.407
Toplam	**5.508.263**	**10.528.173**	**11.436.781**	**11.978.827**	**12.373.557**	**13.034.273**

Bu bildiri ile, 2000 yılından sonra hastanelerde ısıl konfor hakkında yapılmış çalışmalar incelenerek detaylı bir literatür araştırmasının yapılması hedeflenmektedir. Bu araştırma alanının genişliğini bilmek için 4 farklı elektronik veri tabanında (Google Scholar, Web of Science, Scopus and ScienceDirect) "hastanelerde ısıl konfor" kelime grubu taratılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI SONUÇLARI

2.1. Dünyada 'Hastanelerde Isıl Konfor' Alanında Yapılan Çalışmalar

Yayınların yıllara göre dağılımı, makalelere atıf sayıları ve en çok yayın yapan yazar sıralamalarına erişim imkanı sağlaması nedeniyle çoğunlukla Scopus veri tabanı kullanılmıştır. **Şekil 2**'de görüldüğü gibi son yıllarda hastanelerde yapılan ısıl konfor çalışmalarında ciddi bir artış vardır. Bu çalışmaların birçoğunda ısıl konfor standartlarının kullanıldığı söylenebilir. Ancak bazı çalışmalarda bu standartların dışına çıkılarak hastaneler için yeni hesaplama yöntemleri üzerinde durulmuştur.



Şekil 2. Hastanelerde yapılan ısıl konfor çalışmalarının yıllara göre değişimi

Hastanelerde ısıl konfor (Thermal Comfort in Hospitals) terimi 19.12.2015 tarihinde Google Scholar, Web of Science, Science Direct ve Scopus veri tabanlarında aratılmış 2000-2016 yıllarını kapsayan sonuçlar **Çizelge 3**'de verilmiştir.

Çizelge 3: ''Thermal Comfort in Hospitals'' terimi için veri tabanlarında bulunan yayın sayıları (2000-2016)

Veri Tabanı	Google Scholar	Web of Science	Science Direct	Scopus
Makale Sayısı	16700	105	2266	923
Arama Türü	All Fields	Topic	All Fields	Title/Abstract/Keywords
Makale Sayısı	13	12	7	12
Arama Türü	Title	Title	Title	Title

Tüm alanlarda yapılan arama sonuçlarında Google Scholar'da 16700, Science Direct'te 2266, Web of Science'da 105 ve Scopus'ta 923 makale bulunmuştur. Arama seçeneklerinden sadece başlık seçilip "Thermal Comfort in Hospitals" terimi arandığında ise sayılar sırasıyla 13, 12, 7, 12'ye düşmektedir (**Çizelge 3**). Ayrıca farklı veri tabanlarında "Thermal Comfort in Hospitals" terimi aranmış ve en çok atıf alan ilk 10 makale çizelgelerde gösterilmiştir. Scopus veri tabanında yapılan arama sonuçları **Çizelge 4**'te verilmiştir. Sadece 'Thermal Comfort' terimi için yapılan arama sonucuyla kıyaslandığında, hastanelerde yapılan çalışma ve bunlara yapılan atıf sayılarının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu durum hastaneler ile ilgili çalışmaların arttırılması gerektiğini göstermektedir.

Çizelge 4: Scopus'da 'thermal comfort in hospitals' terimi için en çok atıf yapılan 10 makale (2000-2016)

Sıra	Makale Adı	Yazarlar	Yıl	Atıf Sayısı
1	Patient thermal comfort requirement for hospital environments in Taiwan	Hwang, Ruey-Lung ve arkadaşlar	2007	36
2	Thermal comfort standards, measured internal temperatures and thermal resilience to climate change of free-running buildings: A case-study of hospital wards	Lomas, K.J., Giridharan, R.	2012	33
3	Three-dimensional analysis for hospital operating room thermal comfort and contaminant removal	Ho, S.H., Rosario, L., Rahman, M.M.	2009	27
4	Examination of thermal comfort in a hospital using PMV-PPD model	Pourshaghaghy, A.; Omidvari, M.	2012	16
5	Thermal comfort in hospitals - A literature review	Khodakarami, Jamal; Nasrollahi, Nazanin	2012	16
6	Thermal comfort study of hospital workers in Malaysia	By: Yau, Y. H.; Chew, B. T.	2009	12
7	Measured and perceived indoor environmental quality: Padua Hospital case study	De Giuli, V., Zecchin, R., Salmaso, L.,Corain, L., De Carli, M.	2013	10
8	Thermal environment and subjective responses of patients and staff in a hospital during winter	Hashiguchi, N., Hirakawa, M.,Tochihara, Y., Kaji, Y., Karaki, C.	2005	7
9	Required and current thermal conditions for occupants in Iranian hospitals	Khodakarami, J., Knight, I.	2008	4
10	Thermal comfort of the surgical staff in the operating room	Van Gaever, R.; Jacobs, V. A.; Diltoer, M ve arkadaşları	2014	3

Google Scholar'da 'thermal comfort in hospitals' terimi için yapılan aramada atıf sayısına göre sıralama yapıldığında ilk 10 makale **Çizelge 5**'te verilmiştir.

Çizelge 5: Google Scholar'da 'thermal comfort in hospitals' terimi için en çok atıf yapılan 10 makale (2000-2016)

Sıra	Makale Adı	Yazarlar	Yıl	Atıf Sayısı
1	Patient thermal comfort requirement for hospital environments in Taiwan	Hwang, Ruey-Lung ve arkadaşlar	2007	58
2	Thermal comfort standards, measured internal temperatures and thermal resilience to climate change of free-running buildings: A case-study of hospital wards	Lomas, K.J., Giridharan, R.	2012	48
3	Three-dimensional analysis for hospital operating room thermal comfort and contaminant removal	Ho, S.H., Rosario, L., Rahman, M.M.	2009	39
4	Thermal environment in Swedish hospitals: summer and winter measurements	J Skoog, N Fransson, L Jagemar	2005	35
5	Thermal comfort in hospitals - A literature review	Khodakarami, Jamal; Nasrollahi, Nazanin	2012	28
6	Assessment of thermal comfort during surgical operations/Discussion	Mora, Rodrigo; English, Michael J M; Athienitis, Andreas K.	2001	26

7	Thermal comfort of patients: Objective and subjective measurements in patient rooms of a Belgian healthcare facility	Verheyen, Jan; Theys, Nele; Allonsius, Luk	2012	23
8	Examination of thermal comfort in a hospital using PMV-PPD model	Pourshaghaghy, A.; Omidvari, M.	2012	21
9	Thermal comfort study of hospital workers in Malaysia	By: Yau, Y. H.; Chew, B. T.	2009	15
10	Thermal comfort assessment in large scale hospital: Case study in Malaysia	F Azizpour, S Moghimi, C Lim,	2011	11

Web of Science da bulunan makalelerde atıf sayısına göre sıralama yapıldığında ise ilk 10 makale **Çizelge 6**'da verilmiştir.

Çizelge 6: Web of Science'da 'thermal comfort in hospitals' terimi için en çok atıf yapılan 10 makale (2000-2016)

Sıra	Makale Adı	Yazarlar	Yıl	Atıf Sayısı
1	Patient thermal comfort requirement for hospital environments in Taiwan	Hwang, Ruey-Lung ve arkadaşlar	2007	29
2	Thermal comfort standards, measured internal temperatures and thermal resilience to climate change of free-running buildings: A case-study of hospital wards	Lomas, K.J., Giridharan, R.	2012	21
3	Three-dimensional analysis for hospital operating room thermal comfort and contaminant removal	Ho, S.H., Rosario, L., Rahman, M.M.	2009	21
4	Thermal comfort in hospitals - A literature review	Khodakarami, Jamal; Nasrollahi, Nazanin	2012	11
5	Thermal comfort of patients: Objective and subjective measurements in patient rooms of a Belgian healthcare facility	Verheyen, Jan; Theys, Nele; Allonsius, Luk	2012	11
6	Examination of thermal comfort in a hospital using PMV-PPD model	Pourshaghaghy, A.; Omidvari, M.	2012	10
7	Thermal comfort study of hospital workers in Malaysia	By: Yau, Y. H.; Chew, B. T.	2009	9
8	Thermal comfort of the surgical staff in the operating room	Van Gaever, R.; Jacobs, V. A.; Diltoer, M ve arkadaşları	2014	3
9	Thermal comfort assessment of large-scale hospitals in tropical climates: A case study of University Kebangsaan Malaysia Medical Centre (UKMMC)	Azizpour, F.; Moghimi, S.; Salleh, E ve arkadaşları	2013	3
10	Field evaluation of thermal comfort and indoor environment quality for a hospital in a hot and humid climate	Wang, Fujen; Lee, Mengchieh; Cheng, Tsungjung	2012	2

Farklı veri tabanlarında bulunan yayınlar birbirleri ile benzerlik göstermektedir. Ancak atıf sayılarında farklılıklar vardır. Scopus veri tabanında 'thermal comfort' terimi ile yapılan aramada ısıl konfor alanında 2000-2016 yılları arasında en çok yayın yapan yazarlara bakıldığında 53 yayın ile Matzarakis A. ilk sırada bulunmaktadır. Bu alanda yayın yapan diğer yazarlar ve makale sayıları **Çizelge 7**'de gösterilmiştir.

Çizelge 7: Scopus veri tabanında 'thermal comfort' terimi için; en çok yayın yapan 10 yazar (2000-2016)

Sıra	Yazar	Makale Sayısı
1	Matzarakis A.	53
2	Lin Z.	34
3	Zhu Y.	33
4	Lian Z.	33
5	Li B.	30
6	Santamouris M.	28
7	Orasa J.A.	27
8	Ghali K.	26
9	Ghaddar N.	26
10	Chow T.T.	26

Ancak 'thermal comfort in hospitals' terimi için scopus veri tabanında 2000-2016 yılları arasında çalışma yapan yazarlara bakıldığında bu sayı oldukça düşmektedir (**Çizelge 8**). Bir diğer ilginç nokta ise 'thermal comfort' ve 'thermal comfort in hospitals' terimleri ile yapılan arama sonuçlarında ulaşılan yazarlar benzerlik göstermemesidir.

Çizelge 8: Scopus veri tabanında 'thermal comfort in hospitals' terimi; en çok yayın yapan 10 yazar (2000-2016)

Sıra	Yazar	Makale Sayısı
1	Khodakarami, J.	3
2	Chew, B.T.	3
3	Lomas, K.J.	3
4	Yau, Y.H.	3
5	Dovjak, M.	2
6	Giridharan, R.	2
7	El Helw, M.	2
8	Gomez, M.	2
9	Balaras, C.A.	2
10	Krainer, A.	2

2.2. Türkiye'de 'Hastanelerde Isıl Konfor' Alanında Yapılan Çalışmalar

Öncelikle arama motorlarında 'Thermal Comfort' yazılmış ve ülke olarak Türkiye seçilmiştir. Bunun sonucunda farklı veri tabanlarında sadece 43 ve 45 makale olduğu görülmüştür (**Çizelge 5**).

Çizelge 5: Türkiye'de ısıl konfor konusunda yapılan çalışmalar

Veri Tabanı	Web of Science	Science Direct	Scopus
Makale Sayısı	43	45	45

Ülkemizde yapılan ısıl konfor çalışmalarının 2000-2016 yılları arasında aldığı atıf sayısına göre sıralaması ise **Çizelge 6**'da verilmiştir.

Çizelge 6: Türkiyede ısıl konfor alanında yapılan çalışmalar için Scopus veri tabanında en çok atıf alan 5 makale (2000-2016)

Makale Adı	Yazarlar	Yıl	Atıf Sayısı
Effect of yarn properties on thermal comfort of knitted fabrics	Özdil, N., Marmarali, A., Kretzschmar, S.D.	2007	58
Building envelope design with the objective to ensure thermal, visual and acoustic comfort conditions	Oral, G.K., Yener, A.K., Bayazit, N.T.	2004	46
Effects of radiant temperature on thermal comfort	Atmaca, I., Kaynakli, O., Yigit, A.	2007	32
Investigation of indoor thermal comfort under transient conditions	Kaynakli, O., Kilic, M.	2005	30
An on-the-road experiment into the thermal comfort of car seats	Cengiz, T.G., Babalik, F.C.	2007	20

Ancak 'Thermal comfort in hospitals' terimi için ülkemizde yapılan çalışmalar arandığında herhangi bir yayın bulunamamıştır. Arama sonucunda hastanelerde HVAC sistemleri, enerji tüketimleri ile ilgili çalışmalara rastlansa da ısıl konfor ile bir bağlantı kurulamadığından bu çalışmalara yer verilmemiştir.

Yüksek Öğretim Kurumu tez veri tabanında yapılan 'Isıl Konfor' ve 'Termal Konfor' kelimeleri kullanılarak yapılan aramada günümüze kadar yayınlanmış olan tezler arasında hastaneler ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Bina ve taşıtlara yönelik yapılan tezlerden ısıl konfor ile bağdaşan çalışmalar **Çizelge 7**'de verilmiştir.

Çizelge 7. Isıl Konfor konusuyla ilgili Türkiye'de yapılmış Y. Lisans ve Doktora Tezleri

Tez Adı	Yazar Adı	Yıl	Türü
Otobüs tasarımında ısıl konfor değişkenlerinin incelenmesi	Üzeyir PALA	2014	Doktora
Geleneksel yapılı çevrede iklim etkisi: Alaçatı, İzmir, Türkiye'de doğal havalandırmanın ısıl konfora etkisi	Belgin TERİM	2011	Doktora
Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi binasındaki ısıl konfor koşullarının değerlendirilmesi	Çağrı ÇAKIR	2006	Y.Lisans
Meskenlerde bina malzemelerinin ısıl konfora etkisi; Ecotect 5.0. ile bir analiz	Nevin AYDIN GEZER	2003	Y.Lisans
Akıllı binalarda ısıl konfor değerlendirmesi; Darüşşafaka rezidans	Esra SOYKAN	2009	Y.Lisans
Isıl konfor parametrelerinin insan üzerine etkisinin incelenmesi	İbrahim ATMACA	2006	Doktora
Otomobillerde ısıl konfor parametrelerinin incelenmesi	Ömer KAYNAKLI	2004	Doktora
Termal konfor duyarlılık ölçeğine göre ilköğretim dersliklerinin termal konfor açısından değerlendirilmesi	Esra ALTINTAŞ	2008	Y.Lisans
Bina ve yakın çevresi termal konforunun sağlanmasında su ögesinin önemi: Antalya örneği	Aysun COŞAR REGNİER	2011	Y.Lisans

3. HASTANELERDE ISIL KONFOR ALANINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Sağlık tesislerinde, tedavi koşulları kadar konfor şartları da önemlidir ve bu nedenle göz ardı edilmemelidir. Sağlıklı bir ortamın hastaların iyileşme süreci üzerinde önemli etkileri olduğu bilinmektedir [10]. Ramaswamy ve arkadaşları [11], tedavi ve teşhis merkezi olan hastaneleri, aynı zamanda eğitim ve araştırma merkezi olarak tanımlamışlar ve sadece hastaların sağlığına değil bununla birlikte, personel ve diğer çalışanların refahına da katkıda bulunması gerektiğini söylemişlerdir. Hastaneler, hasta sağlığını ve personel verimini koruyan ve geliştiren, yüksek performanslı binalar olarak sınıflandırılmaktadır [12]. Bu binalarda öncelik hasta bakımıdır. Bunun yanı sıra hastaneler kullanıcılar, hasta yakınları ve personel için maksimum konfor ve yarar sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir ve ortam koşullarının kalitesine önem verilmelidir. İç ortam koşulları sadece kişilerin fiziksel sağlığını değil aynı zamanda psikolojik sağlığını da etkilemektedir [13]. Kötü ortam koşulları kişilerde strese neden olabilmektedir. Bu nedenle iç ortam koşulları hasta, hasta yakınları ve personelin duygusal ihtiyaçlarını da karşılamalıdır [14].

ASHRAE tarafından hastane ve klinikler için HVAC sistemleri dizaynı kitabında [15], bu sistemlerin kurulması ve çalıştırılması ile ilgili birçok bilgi bulunmaktadır. Aynı zamanda hastane bölümlerinde tavsiye edilen işletme sıcaklıkları ile enfeksiyon risklerinin önlenmesine yönelik çalışmalara yer verilmiştir. Buna rağmen birçok yayında bu çalışmaların tüm iklim bölgeleri için uygulanmasının mümkün olmadığı söylenmektedir. F. Azizpour ve arkadaşları [16] tropikal iklimde bulanan Malezya Kebangsaan üniversite hastanesinde yaptıkları çalışmada PMV değerlerini 10 mahal için + 0,7 olarak hesaplamıştır ve bu değerlerin ASHRAE:55-2004 standartlarının üzerinde olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada clo değerlerini 0,6 ve aktivite durumunu ise 1,2 kabul etmişlerdir. F. Azizpour ve arkadaşları [17] yaptıkları bir diğer çalışmada Malezya'da bulunan dört farklı hastanenin ASHRAE-55-2004 standardında belirtilen ısıl konfor koşullarına uygunluğunu tespit etmeye çalışmışlardır. Yaptıkları anketlerde katılımcıların %44'ü hastanelerin konfor standardına uygun olduğu cevabını vermiş, diğer katılımcılar uygun olmadığını söylemiştir. Bu durum göz önüne alındığında Malezya için ısıl koşulların ASHRAE 55'de belirtilen konfor aralığından daha yüksek sıcaklıklarda olduğu görülmüştür. Yine aynı bölgede Yau ve Chew'in [18] yaptıkları çalışmada, hastanede bulunan kişilerin sadece %49'unun ısıl koşullardan memnun olduğunu ve bu nedenle ASHRAE-55-2004 standardının bu bölge için daha yüksek konfor sıcaklıklarında uygulanması gerektiğini söylemişlerdir. Bu konudan yola çıkarak dokuz farklı bölge hastanesinde, hastane personeli için yeni bir konfor sıcaklık modeli oluşturmuşlardır [19]. Ruey-Lung Hwang ve arkadaşları [20] Tayvan üniversite hastanesinde ASHRAE-55-2004 standardının uygulanabilirliğinin tespiti için anket ve analiz çalışması yapmışlardır. Ölçümlerin sadece %40'ı standartlara uyarken %47'sinde ısıl konfor koşulları nem açısından daha yüksek bulunmuştur. Bölgesel olarak Tayvan'da, ASHRAE-55-2004 standardında verilen nem değerlerinin arttırılması ile standardın adapte edilebileceği ifade edilmiştir. Niklas Fransson ve arkadaşları [21] hastaneler için yaptıkları çalışmada benzer şekilde ASHRAE-55-2004 standardının uygulanabilirliğini araştırmışlar, ölçüm ve anket uygulamaları ile değerlendirmelerde bulunmuşlardır.

A. Pourshaghaghy ve M. Omidvari Kermanshah [22] şehir hastanesinde yaptıkları çalışmada, bazı odaların ısıl konfor koşulları için ISO 7730 standardına uymadığını ve özellikle kış ayları için PMV değerlerinde sorunlar olduğunu tespit etmişlerdir. Anket ve ölçümler sonucu yaptıkları bu değerlendirmede kış ayları için cam ve kapıların yalıtılmasının, yaz ayları için perde kullanılmasının gerekliliğini ifade etmişlerdir. R. Van Gaever ve arkadaşları [23] Belçika'da

bulanan 4 büyük hastane için ameliyathanelerde yaptıkları çalışmada, enfeksiyon risklerinin azaltılması için ısıtma, iklimlendirme ve havalandırma sistemlerinin teknik standartlara göre kontrol edilmesi gerektiğini ve ısıl konfor koşullarının sağlanmasını söylemişlerdir. Ancak ISO 7730'ye göre düzenlenen ısıl konfor koşullarının ve HVAC standartlarının sadece doktorlar için uygun olduğunu, aynı koşullarda hemşirelerin üşüdüğünü ve anestezi uzmanlarının daha uzun kıyafetlere ihtiyaç duyduğunu ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak ise ortam sıcaklığı ve hava akım hızındaki değişiklikler ile tüm personel için uygun konfor koşullarının sağlanabileceğini savunmuşlardır. Jan Verheyen ve arkadaşları [24] ise Belçika hastanesinde farklı bölümlerde yatan 99 hasta ile yaptıkları çalışmada, ölçüm ve anket sonuçlarını kıyaslamışlardır. Ölçümlerden elde edilen PMV ile hastaların cevaplarından elde edilen AMV (actual mean vote) arasında nöroloji bölümü hariç, anlamlı bir farklılık olmadığını, bu nedenle PMV-PPD yönteminin uygulanabileceğini söylemişlerdir. Valeria De Giuli ve arkadaşları [25] Padua hastanesinde personel ve hasta odalarında datalogger ile yaptıkları ölçümlerde, ortalama sıcaklıkları 26-27°C olarak bulmuşlardır. Personel genel olarak odaların küçüklüğünden ve gizliliğinden şikayet ederken, hastaların personele göre daha memnun olduklarını tespit etmişlerdir. Hashiguschi ve arkadaşları [26] 36 personel ve 45 hastanın katılımı ile Japonya'da yaptıkları çalışmada hava sıcaklığı ve nemin etkisini araştırmışlardır. Kış döneminde yapılan ölçümlerde nem değerlerinin %40'ın altına düştüğü ve bu nem oranının grip virüsünün yayılmasına olanak sağladığını söylemişlerdir. Düşük nem oranının kolaylıkla arttırılabileceğini ve bu durumun ortadan kaldırılabileceğini savunmuşlardır.

Jing Xiong ve arkadaşları [9] laboratuvar ortamında 24 gönüllü katılımcı ile yaptıkları çalışmada ani sıcaklık değişimlerinin sağlık problemleri üzerindeki etkisini araştırmışladır. Katılımcıların bulunduğu ortam sıcaklıkları 32°C-37°C-32°C, 26°C-37°C-26°C ve 22°C-37°C-22°C olarak değiştirilmiştir. Sonuç olarak kişilerde, terleme, göz yorgunluğu, baş dönmesi, hızlı soluma ve kalp hızında artış tespit edilmiştir. Özellikle hasta odaları, ameliyathane gibi ortamların hastanede bulunan diğer bölümler ile farklı sıcaklıklarda olması ve özellikle personelin bu ortamlarda çalışmasının ciddi sorunlar doğurabileceği belirtilmiştir. K.J. Lomas ve R. Giridharan [27] yaptıkları çalışmada EN 15251 standardının önemini vurgulamışlardır. ASHRAE, CIBSE ve EN standartları arasında yaptıkları karşılaştırmada EN için diğer standartlara göre, ısıl konfor açısından farklı kullanıcılara da hitap ettiğini, tek kişilik hasta odalarında farklı ısıl konfor koşullarının sağlanabileceğini bu sayede enerji verimliliğinin geliştirilebileceğini ifade etmişlerdir. İklim değişikliklerine göre EN 15251 standardının adapte edilebileceğini ve hastane ısıl konfor şartlarının daha iyi hale geleceğini savunmuşlardır.

Zhongping Lin ve Shiming Deng [28] ısıl konfor ölçümlerinin genelde gündüz yapılması ve standartların sadece çalışma saatlerini kapsaması nedeniyle, hastaneler ve otel odaları gibi gecede iklimlendirmenin devam ettiği yerler için farklı bir yaklaşım önermişlerdir. Fanger'in teorilerini kullanarak, yatan kişiler için yatağın oluşturduğu ısı yalıtımını göz önüne almışlardır. Bu sayede işletme sıcaklıklarının yatan kişiler için 5,3^{o}C'ye kadar azaltılabileceğini ve sıcaklık değerlerinin geceleri azaltılması sayesinde enerji tüketimlerinde de ciddi tasarruf sağlanabileceğini söylemişlerdir.
Zhongping Lin ve Shiming Deng [29] yaptıkları bir diğer çalışmada Hong Kong hastanelerinde yatan hastalar için clo değerlerini hesaplamışlardır. Çeşitli ölçümler sonucunda yatağın örtü durumu, cinsine ve örtünme oranına göre 0,90 ile 4,89 arasında değişen clo değerleri bulmuşlardır. Ancak çalışmada terleme ve nem durumunu göz ardı etmişler ileride yapılacak çalışmalarda bu konulara dikkat edilmesi gerektiğini söylemişlerdir.

ISO 7730 standardında kıyafet durumuna göre belirtilen Clo değerleri, hastanın örtünme durumu dikkate alındığında oluşturulan Clo değerleri ile farklılık göstermektedir. Ayrıca ISO 7730 standardında giysi durumuna bakılırken örtü durumu hakkında bilgi verilmemiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Son 16 yıldaki mevcut çalışmaları değerlendirdiğimiz bu bildiride, genel anlamda ısıl konfor alanında birçok araştırmanın yapıldığı görülmektedir. Hastaneler özelinde yapılan çalışma sayısı ise çok daha azdır. Bu çalışmaların bazılarında mevcut standartlar kullanılırken, kimi çalışmalarda yeni yöntem ve hesaplama teknikleri oluşturulmaya ve uygulanmaya çalışılmıştır. Hemen her çalışmada hastanelerde yapılan uygulamaların zorluğundan ve standartlara uygunluk konusunda yaşanılan sorunlardan bahsedilmiştir. Özellikle iklim şartlarının bölgesel anlamda değişmesi nedeniyle, bir bölge için yapılan çalışmanın diğer bölgeler için uygulanabilirliğinin sağlıklı olmadığı söylenebilir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde farklı hesap yöntemlerinin olmasına rağmen ISO 7730, ASHRAE 55, CIBSE Guide A ve EN 15251 standartlarında bu çalışmalar tam anlamıyla yer bulamamıştır. Birçok yazarın genellikle kendi ülke ve iklim bölgelerinde bulunan hastanelerde ısıl konfor koşulları konusunda çalıştığı ve ileride yapılacak çalışmalara ışık tutmaya çalıştıkları söylenebilir.

Ülkemizde, ısıl konfor konusunda genel anlamda yapılan çalışmaların dahi çok az olduğu görülmektedir. Hastaneler özelinde yapılan çalışmaya ise rastlanılmamıştır. Bu durum ülkemiz açısından bu konuların daha fazla irdelenmesi gerektiğini göstermektedir. Yılda 13 milyon vatandaşımızın hastanelerde ortalama 4 gün yattığı ve sadece ayakta tedavi amaçlı hastanelere ortalama 5 kez gittiği bilinmektedir. Yazarlar tarafından tedavi ve iyileşme sürecinde ısıl konfor koşulları ve iklimlendirme sistemlerinin yetersizliği sebebiyle de bu sürelerin arttığı düşünülmektedir.

Yazarlara göre, hastanelerde ısıl konfor koşulları hakkında bundan sonra yapılacak çalışmalarda;

- Hastanelerde gece yapılacak ısıl konfor ölçümleri,
- Hastalıklara göre ısıl konfor koşulları,
- Yatan hasta, refakatçi ve personel için konfor koşulları,
- Yatan hastalar için yeni Clo değerlerinin belirlenmesi konuları üzerinde durulmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Höppe P, Martinac I. ‘Indoor climate and air quality. Review of current and future topics in the field of ISB study group 10’, Int J Biometeorol. 1998 Aug;42(1):1-7.
2. E.H. Mathews, C.P. Botha, D.C. Arndt, A. Malan, HVAC control strategies to enhance comfort and minimize energy usage, Journal of Energy and Buildings 33 (2001) 853–863.
3. RAA-C.E, ANSI/ASHRAE Standard 55—Thermal Environmental Conditions for
Human Occupancy, American Society of Heating, 2013.
4. Mehmet Rifat KÖSE, Berrak BORA BAŞARA, Cemil GÜLER, Gökalp Kadri YENTÜR Sağlık Araştırmaları Genel Müdürlüğü, Sağlık Bakanlığı, Sağlık İstatistikleri Yıllığı, ANKARA,2014.
5. Ricardo Forgiarini Ruppa, Natalia Giraldo Vásquez, Roberto Lambertsa Federal,’A review of human thermal comfort in the built environment’ Energy and Buildings 105 (2015) 178–205.
6. F. Azizpour, S. Moghimi, S. Mat, C. Lim, K. Sopian, Objective and subjectiveassessment of thermal comfort in hot–humid region, in: 5th WSEAS interna-tional conferences on recent researches in chemistry, biology, invironment andculture, Montreux, Switzerland, 2011, pp. 207–210.

7. Jamal Khodakarami, Nazanin Nasrollahi 'Thermal comfort in hospitals – A literature review', Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) 4071– 4077.
8. EPTA, 2007, Guidelines for Energy Efficiency Measures in Hospitals. http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/files/book/LIFE04ENVGR114-EE.pdf
9. Jing Xiong , Zhiwei Lian , Xin Zhou, Jianxiong You, Yanbing Lin, 'Effects of temperature steps on human health and thermal comfort', Building and Environment 94 (2015) 144-154
10. Pontip Stephen Nimlyat, Mohd Zin Kandar, Appraisal of indoor environmental quality (IEQ) in healthcare facilities: A literature review, Sustainable Cities and Society 17 (2015) 61–68.
11. Ramaswamy, M., Al-Jahwari, F., & Al-Rajhi, S. M. M. (2010). IAQ in hospitals—Better health through indoor air quality awareness. In Proceedings of the tenth international conference enhanced building operations Kuwait.
12. Zborowsky, T., & Kreitzer, M. J. (2008). Creating optimal healing environment in a healthy setting. From www.minnesotamedicine.com/PastIssue/ PastIssues2008/march2008.asp (retrieved September 19, 2013).
13. Mahbob, N. S., Kamaruzzaman, S. N., Salleh, N., & Sulaiman, R. (2011). A correlation studies of indoor environmental quality (IEQ) towards productive workplace. In 2nd International conference on environmental science and technology IPCBEE (pp. 434–438), vol. 6.
14. Salonen, H., Lahtinen, M., Lappalainen, S., Navala, N., Knibbs, L. D., Morawska, L., et al. (2013). Design approaches for promoting beneficial indoor environments in healthcare facilities: A review. Intelligent Buildings International, 5(1), 26–50.
15. ASHRAE 2003, HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics.
16. F. Azizpour, S. Moghimi, E. Salleh, S. Mat, C.H. Lim, K. Sopian,' Thermal comfort assessment of large-scale hospitals in tropicalclimates: A case study of University Kebangsaan MalaysiaMedical Centre (UKMMC)', Energy and Buildings 64 (2013) 317–322.
17- F. Azizpour, S. Moghimi, C. Lim, S. Mat, A. Zaharim, K. Sopian, Thermal comfort assessment in large scale hospital: case study in Malaysia, in: 4th WSEAS international conference on recent researches in geography geology, energy, environment and biomedicine, Corfu Island, Greece, 2011, pp. 171–174
18. Y.H. Yau, B.T. Chew, Thermal comfort study of hospital workers in Malaysia,Indoor Air 19 (2009) 500–510.
19. Y. Yau, B. Chew, Adaptive thermal comfort model for air-conditioned hospitals in Malaysia, Build. Serv. Eng. Res. Technol. 35 (2013) 117–138.
20. Ruey-Lung Hwanga, Tzu-Ping Linb , Ming-Jen Chengc , Jui-Hung Chiena,' Patient thermal comfort requirement for hospital environments in Taiwan', Building and Environment 42 (2007) 2980–2987
21. Niklas Fransson, Daniel Vastfjall, Jennie Skoog, In search of the comfortable indoor environment: A comparison of the utility of objective and subjective indicators of indoor comfort, Building and Environment 42 (2007) 1886–1890.
22. A. Pourshaghaghy, M. Omidvari,' Examination of thermal comfort in a hospital using PMV-PPD model', Applied Ergonomics 43 (2012) 1089-1095
23. R. Van Gaever, V. A. Jacobs, M. Diltoer, L. Peeters, S. Vnlanduit, Thermal comfort of the surgical staff in the operating room, Building and Environment Volume 81, November 2014, Pages 37–4.
24. Verheyen, J., Theys, N., Allonsius, L., Descamps, F., 2011. Thermal comfort of patients: objective and subjective measurements in patient rooms of a Belgian healthcare facility. Build. Environ. 46, 1195-1204.
25. Valeria De Giuli , Roberto Zecchin , Luigi Salmaso, Livio Corain, Michele De Carli,' Measured and perceived indoor environmental quality: Padua Hospital case study', Building and Environment 59 (2013) 211e226.
26. Hashiguschi, N., Hirakawa, M., Tochihara, Y., Kaji, Y., Karaki, C., 2005. Thermal environment and subjective responses of patients and staff in a hospital during winter. J. Physiol. Anthropol. Appl. Hum. Sci. 24, 111-115.
27. K.J. Lomas, R. Giridharan,'Thermal comfort standards, measured internal temperatures and thermal resilience to climate change of free-running buildings: A case-study of hospital wards', Building and Environment 55 (2012) 57-72
28. Zhongping Lin, Shiming Deng, 'A study on the thermal comfort in sleeping environments in the subtropics—Developing a thermal comfort model for sleeping environments', Building and Environment 43 (2008) 70–81.
29. Zhongping Lin, Shiming Deng, 'A study on the thermal comfort in sleeping environments in the subtropics—Measuring the total insulation values for the bedding systems commonly used in the subtropics, Building and Environment 43 (2008) 905–916.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

BİR HASTANE ÖRNEĞİNDE ISIL KONFOR KOŞULLARININ KULLANICILAR AÇISINDAN İNCELENMESİ

Arş. Gör. İsmail CANER[a]
Yrd. Doç. Dr. Yusuf YILDIZ[b]
Doç. Dr. Nadir İLTEN [a]
Merve TEKİN[c]
[a]BAÜ Müh. - Mim. Fak. Mak. Mühendisliği Bölümü
[b]BAÜ Müh. - Mim. Fak. Mimarlık Bölümü
[c]BAÜ Müh. - Mim. Fak. Mak. Mühendisliği Bölümü Lisans Öğrencisi
Bigadiç Yolu Üzeri 17. KM Çağış Kampüsü, Altıeylül/BALIKESİR

ÖZET

Günümüzde hastanelerin amacı sadece hastaları tedavi etmek değil aynı zamanda konfor koşullarını iyileştirerek tedavi sürelerini kısaltmak ve personelin çalışma verimini arttırmaktır. Literatürde hastane konfor koşullarının iyileştirilmesine yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar kullanıcılara yöneltilen anket soruları ve hastane iç ortam koşullarının ölçülmesi gibi yöntemlerle yapılmaktadır. Bu bildirinin amacı Balıkesir Üniversitesi Sağlık, Uygulama ve Araştırma hastanesinde 2015 Mayıs-Haziran döneminde hasta, personel ve refakatçılara uygulanan anketler ile konfor koşullarının ortaya konulmasını sağlamaktır. Elde edilen 214 anket sonuçları kullanıcıların konfor durumları ve tercihleri açısından değerlendirilmiş ve SPSS 22.0 ile verilen cevapların istatistiksel açıdan ne derece önemli olduğu ortaya konulmuştur. Hasta, refakatçı ve personel açısında cinsiyet ve yaşlara bağlı olarak ISO 7730 standardına göre değerlendirilmeler yapılmıştır.

Anahtar sözcükler: Isıl konfor, PMV-PPD, Hastaneler

EXAMINATION OF THERMAL COMFORT CONDITIONS IN TERMS OF USERS IN HOSPITALS

Prepare your paper using a word processor such as Microsoft WORD. The instructions for preparing your paper, given below, are in the font and format that should be used in your paper. Failure to comply with these formatting instructions could result in the omission of your paper from the Proceedings. Prepare your paper using a word processor such as Microsoft WORD. The instructions for preparing your paper, given below, are in the font and format that should be used in your paper. Failure to comply with these formatting instructions could result in the omission of your paper from the Proceedings. Prepare your paper using a word processor such as Microsoft WORD. The instructions for preparing your paper, given below, are in the font and format that should be used in your paper. Failure to comply with these formatting instructions could result in the omission of your paper from the Proceedings. Prepare your paper using a word processor such as Microsoft WORD. The instructions for preparing your paper, given below, are in the font and format that should be used in your paper. Failure to comply with these formatting instructions could result in the omission of your paper from the Proceedings.

Key words: Thermal comfort, PMV-PPD, Hospitals

[b] Sorumlu yazar e-posta adresi: yusifyildiz@gmail.com

1. **GİRİŞ**

Dünya kalkınma ajanslarına göre gelişmiş ülkelerde 2030 yılına kadar, nüfusun %85'inin şehir merkezlerinde toplanacağı belirtilmektedir [1]. Nüfustaki bu artış, özellikle şehir merkezlerindeki bina yoğunluğunda artışa neden olacak bu durum da iklimlendirme sistemleri kullanılarak şartlandırılmış mekanlarda yaşayan insan sayısını arttıracaktır. Bu nedenle zamanlarının %90'ınını kapalı mekanlarda geçiren insanlar için konfor şartları daha da önemli hale gelecektir [1]. Konforlu bir ortam, kişilerin performanslarını, memnuniyet düzeylerini ve sağlık durumlarını etkilemektedir [2]. İnsanların çalışma durumlarına bakılmaksızın bulundukları ortamlarda konforlu hissetmeleri oldukça önemlidir [3]. Konfor hissi (ısıl his), kişinin bulunduğu ortamdaki sadece hava sıcaklığına bağlı olarak değil, subjektif olarak ve diğer parametrelere de (hava hızı, radyan sıcaklık, aktivite ve giysi durumu) bağlı olarak; soğuk, ılık veya sıcak hissettiği durumdur [2]. ASHRAE 55:2013 [4]'te ise ısıl çevreye karşı duyulan memnuniyet olarak tanımlanmaktadır. Kapalı mekanda bulunan kişilerin tamamının aynı anda bulundukları ortamda konforlu hissetmeleri mümkün değildir. Amaç standartlarda belirtilen oranda kişilerin o ortamda konforlu hissetmelerini sağlayacak iç çevresel koşulları temin etmektir. Uzun yıllardır ısıl konfor konusunda farklı mekanlarda ve çeşitli iklimlerde birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda dış ortam sıcaklıkları ve ısıl adaptasyonun, kişilerin ısıl hislerine olan etkisi ile ilgili olarak oldukça önemli bilgiler elde edilmiştir [5]. Isıl his kişilerin algısına etki eden birçok parametrenin kombinasyonu ile elde edilmektedir. Bu nedenle konfor koşulları ölçüm yöntemine bakılmaksızın aynı ortamda bulunan, aynı kültür ve yaşayışa sahip kişilerde bile farklılık gösterebilir. Genel olarak konforlu bir ortam, kişinin vücut sıcaklığının belirli bir aralıkta bulunması, terleme hızının düşük ve fiziksel aktivitesinin minimize edilmesiyle oluşmaktadır. Konfor bununla birlikte kıyafet durumu, aktivite seviyesi, bulunduğu bölge, pencerelerin açık veya kapalı olması gibi çok farklı durumdan etkilenmektedir [6].

Isıl konfor konusu ilk olarak 1970 yılında Fanger tarafından fiziksel parametreler baz alınarak, iklimlendirme yapılan alanlar için değerlendirilmiştir. Fanger yaptığı çalışmada PMV (ısıl duyum) – PPD (ısıl memnuniyetsizlik yüzdesi) modelini oluşturmuş ve bunu 6 değişkene bağlı olarak hesaplanmıştır. Bunlar etkinlik düzeyi, kıyafet, iç hava sıcaklığı, ortalama ışınımsal, iç hava hızı ve nem durumudur [7]. Sonraki yıllarda bu yöntem baz alınarak farklı mekan ve iklim koşulları için ISO 7730:2005 [8], ASHRAE 55:2013 [4], CIBSE Guide A:2006 [9], EN 15251:2007 [10] gibi çeşitli standartlar oluşturulmuştur. Bu standartlarda temel amaç, kullanıcıların konfor koşullarının en uygun şekilde sağlanması bunun yanı sıra binaların enerji tüketimlerinin en verimli şekilde optimize edilmesidir.

Konsepti tedavi etmek üzerine kurulu olan hastaneler, günümüzde kişilerin tedavisinin yanı sıra üretkenliğini ve daha kısa sürede iyileşmelerini de amaçlamaktadır. Kullanıcıların ihtiyaçlarına göre dizayn edilen kullanıcı merkezli binalar, hastaların iyileşme sürelerini ve personellerin çalışma kalitelerini arttırmaktadır. Hastane kullanıcıları, hasta, refakatçı ve personel olmak üzere üç farklı kategoride sınıflandırılır. Üç kategorinin de ortam koşullarından beklentileri farklıdır. Hastaneler personel için sürekli bulunduğu bir ortam iken, hastalar için eve dönene kadar geçici olarak bekledikleri alandır [11]. Hastalar, sağlıklı kişilere göre fiziksel yetersizlikleri nedeniyle ısıl hisleri, metabolizma hızları, vücut sıcaklıkları ve terleme durumları farklıdır. Aynı zamanda kullanılan ilaçlar ve tedavi yöntemleri de konfor koşullarını etkilemektedir [12]. Hastane koşulları hasta açısından ikinci planda olabilirken özellikle personel açısından performanslarını etkilediğinden dolayı çok önemlidir [11].

Bu çalışmanın amacı, seçilen üniversite hastanesinin temel bölümlerinden olan hasta ve personel odalarını ısıl konfor açısından incelemek ve hastanede yatan hastalar, refakatçiler ve personel

açısından ısıl konfor koşullarını anket yardımıyla tespit etmektir. Aynı zamanda mevcut durumun ISO 7730:2005 standardına uygunluğuna bakılmıştır.

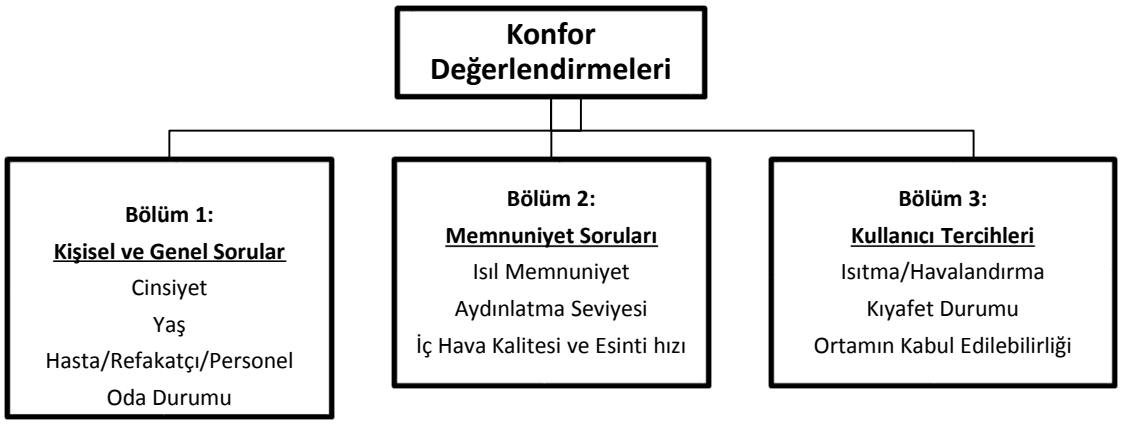
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada bina olarak Balıkesir Üniversitesi'ne ait Sağlık Uygulama ve Araştırma Hastanesi seçilmiştir (Resim 1). 2014 yılı Şubat ayında faaliyete başlayan hastane 10 bin metrekare kapalı alana sahiptir ve hastanede 108 hasta odası bulunmaktadır. Hastane bünyesinde 75 öğretim üyesi, 40 araştırma görevlisi doktor, 145 idari ve yardımcı sağlık personeli çalışmaktadır.



Resim 1. Balıkesir Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Hastanesi

Bilimsel çalışmalarda kişilerden doğrudan bilgi toplamak için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Anket bunlar arasında en yaygın kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Alan çalışması olarak 2015 Mayıs ve Haziran aylarında toplam 235 kişiye anket uygulanmış olup bunların 214'ü (93 hasta, 68 refakatçi ve 53 hastane personeli) geçerli sayılmıştır. Anketten elde edilen veriler ise güvenilirlik analizi, Ki-kare testi, t-testi ve ANOVA yöntemleri kullanılarak SPSS 22.0 programı ile değerlendirilmiştir.



Şekil 2: Anket içeriği

Ankette 12 farklı soru bulunmaktadır. Anket soruları [13,14,15,16] çalışmalardan faydalanılarak geliştirilmiş olup üç bölümden oluşmaktadır (**Şekil 2**); birinci bölümde kullanıcının yaş, cinsiyet, hastanede bulunma nedeni (hasta, refakatçı, personel) ve odanın durumu (aydınlatma, kapı ve

pencere açık/kapalı) hakkında bilgiler sorulmuştur. İkinci bölümde kullanıcıların ısıl açıdan nasıl hissettiği ve bulundukları mekanın ısıl açıdan nasıl olmasını istedikleri, aydınlatma düzeyinin yeterliliği, ortamdaki esinti miktarı ve iç hava kalitesinin rahatsızlık verip vermediği hakkında sorular sorulmuştur. Son olarak üçüncü bölümde kişilerin bu koşulların iyileştirilmesi için ısıtma/havalandırma sistemlerindeki tercihleri, kıyafet durumları ve ortamın kabul edilebilirliği konusundaki düşünceleri sorulmuştur.
Anket formu en fazla 10 dakikada yanıtlanabilecek şekilde organize edilmiştir. Anket ilk etepta, belirlenen 10 kişiye uygulanmış bu sayede anlaşılmayan sorular tespit edilerek gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Aynı zamanda 10 dakikalık cevaplama süresinin tutarlılığı değerlendirilmiştir. Daha sonra hazırlanan anketler uygulayıcı tarafından şahsen gidilerek mesai saatleri içerisinde kişilerin müsait olduğu sürelerde yüz yüze görüşmek suretiyle uygulanmıştır.

3. ANKET SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1 Anket Sonuçlarının Oransal Olarak Değerlendirilmesi

Mayıs-Haziran döneminde soğutma sistemi set sıcaklığı hasta odaları, personel odaları ve koridorlar için 24ºC olarak ayarlanmıştır. Ancak aynı dönem yapılan kayıtlarda hasta odaları için ortalama sıcaklıklar 24.8ºC, personel odaları için 24,2ºC ve koridorlar için 24,6ºC olarak ölçülmüştür.
ISO 7730 [8] standardında ısıl konfor koşullarının değerlendirilmesi için PMV-PPD değerleri bulunmaktadır. PMV değeri, aynı ortamda bulunan insanların büyük çoğunluğunun ısıl duyum ölçeği skalasına (**Çizelge 1**) göre verdiği cevapların ortalama değerini ifade ederken, PPD değeri aynı skala için insanların ne kadarının (% olarak) memnun olmadığını göstermektedir. ISO 7730 standardında ısıl duyum skalası olarak ASHRAE veya BEDFORD ısıl duyum skalaları kullanılmaktadır.

Çizelge 1: Isıl duyum ölçeği skalası [17]

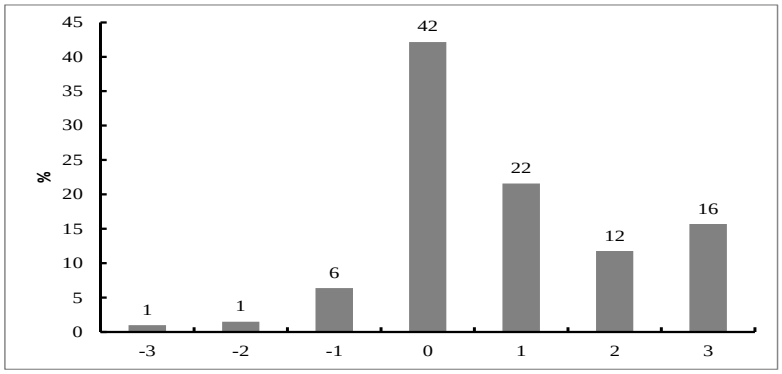
	Çok Soğuk	Soğuk	Biraz Soğuk	Normal	Biraz Sıcak	Sıcak	Çok Sıcak
Ashrae	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Bedford	1	2	3	4	5	6	7

İklimlendirme yapılan kapalı mekanlarda PMV değerinin 0'a eşit veya yakın olması yani konforsuzluk durumunun minimum olması (PPD=%10) istenmektedir. A sınıfı binalar için ±0.2 PMV aralığının sağlanması fazla enerji tüketimine yol açacağından B grubu daha çok tercih edilmektedir. Genel konfor için kabul edilebilir ısıl çevre koşulları B grubu için (**Çizelge 2**) PPD değeri < 10, PMV değeri ise -0,5 < PMV < + 0,5 aralığında olmalıdır.

Çizelge 2: ISO 7730'a göre ısıl konfor kategorileri [8]

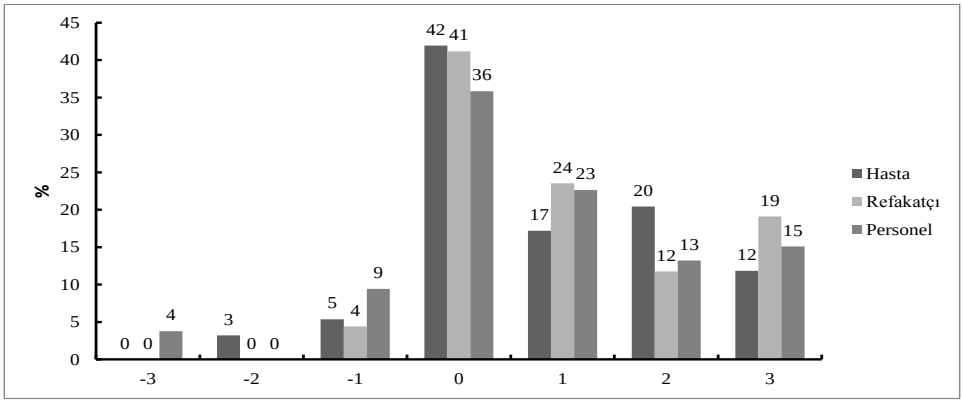
Kategori	Vücudun ısıl durumu	
	PPD(%)	PMV
A	<6	-0,2<PMV<+0,2
B	<10	-0,5<PMV<+0,5
C	<15	-0,7<PMV<+0,7

İç ortamda sağlıklı ölçüm yapılamadığı için kullanıcılara "ısıl açıdan bulunduğunuz ortamda nasıl hissediyorsunuz" sorusu sorularak ASHRAE ısıl duyum ölçeği skalasına göre oluşturulan 7 cevaptan bir tanesinin işaretlenmesi istenmiştir. Bu şekilde kişilerin verdiği oyların ortalama değerine göre Actual Mean Vote (AMV) değerleri elde edilmiştir. Tüm cevaplar incelendiğinde, kullanıcıların %42'sinin bulundukları ortamdan memnun olduğu görülmektedir (**Şekil 3**). Kullanıcıların %16'sı ise bulundukları ortamın çok sıcak olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 3: ASHRAE ısıl duyum ölçeği skalasına göre tüm kullanıcı cevaplarının dağılımı

Hasta, refakatçı ve personel açısından AMV değerleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde, personelin %36'sının, hastaların %42'sinin ve refakatçıların %41'inin bulundukları ortam koşullarından memnun olduğu söylenebilir (**Şekil 4**). Şekil 4'den de anlaşılacağı üzere kullanıcıların büyük çoğunluğu bulundukları mekanların konfor koşullarına göre daha sıcak olduğu yönünde eğilim göstermektedir.



Şekil 4: Kullanıcı tipine göre ASHRAE ısıl duyum ölçeği skalasında verilen cevapların dağılımı

Tüm Kullanıcıların "ısıl açıdan bulunduğunuz ortamda nasıl hissediyorsunuz" sorusuna verdiği oyların ortalamaları hesaplanarak AMV değerleri ve bu değerlere bağlı olarak denklem 1'den hesaplanan PPD değerleri [8] farklı gruplar için **Çizelge 3**'te verilmiştir.

$$PPD = 100 - 95 * \exp(-0{,}03353 * PMV^4 - 0{,}2179 * PMV^2) \quad (1)$$

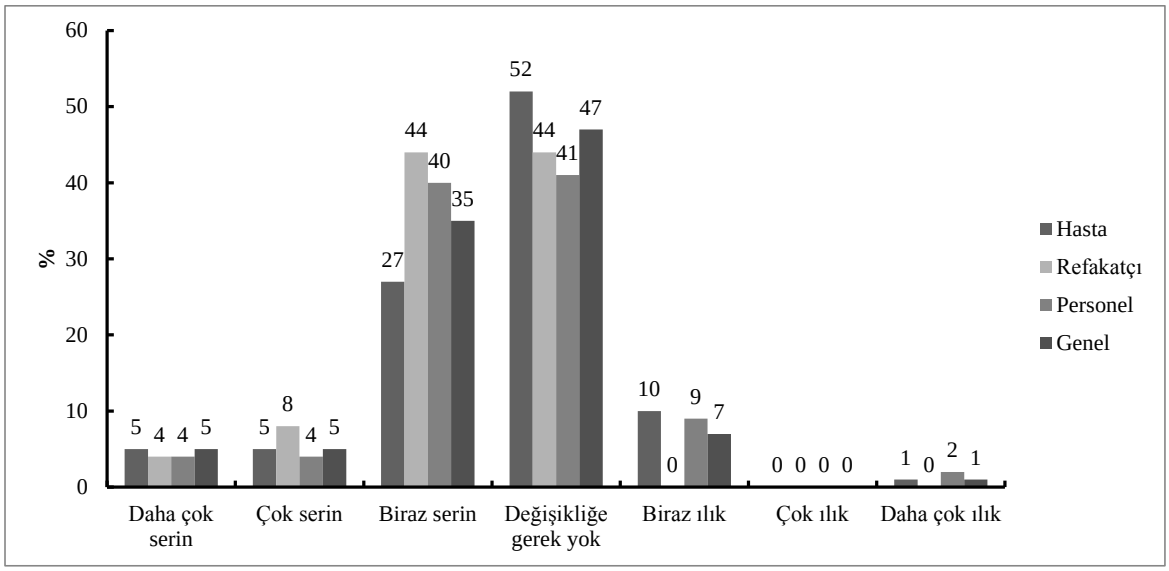
Hasta ve refakatçıların aynı odalarda bulunması nedeniyle tek grup olarak kabul edilmiş, personel odaları ayrı bir grup olarak ele alınmıştır. Hasta ve refakatçılar için PMV değeri 0,89 ve PPD değeri

%21,7 olarak bulunmuştur. Personelin verdiği cevaplar için PMV değeri 0,74 bulunurken PPD değeri %16,5'tir. Hasta ve refakatçıların ısıl konfor açısından bulundukları ortamı daha sıcak hissettiği görülmüştür. Hasta ve refakatçılar kadın ve erkek olarak ayrılarak cevaplarda farklılık olup olmadığına bakılmıştır. Verilen cevaplara göre erkekler için PMV değeri 0,87 iken kadınlar için 0,91 olarak bulunmuştur. Personel için cinsiyet durumuna göre PMV değerleri incelendiğinde erkekler için PMV değeri 0,26 iken kadınlar için bu değer 1,1 olarak bulunmuştur. Kadın personellerin erkek personellere göre ortamı daha sıcak algıladıkları görülmektedir.

Çizelge 3: PMV ve PPD değerleri

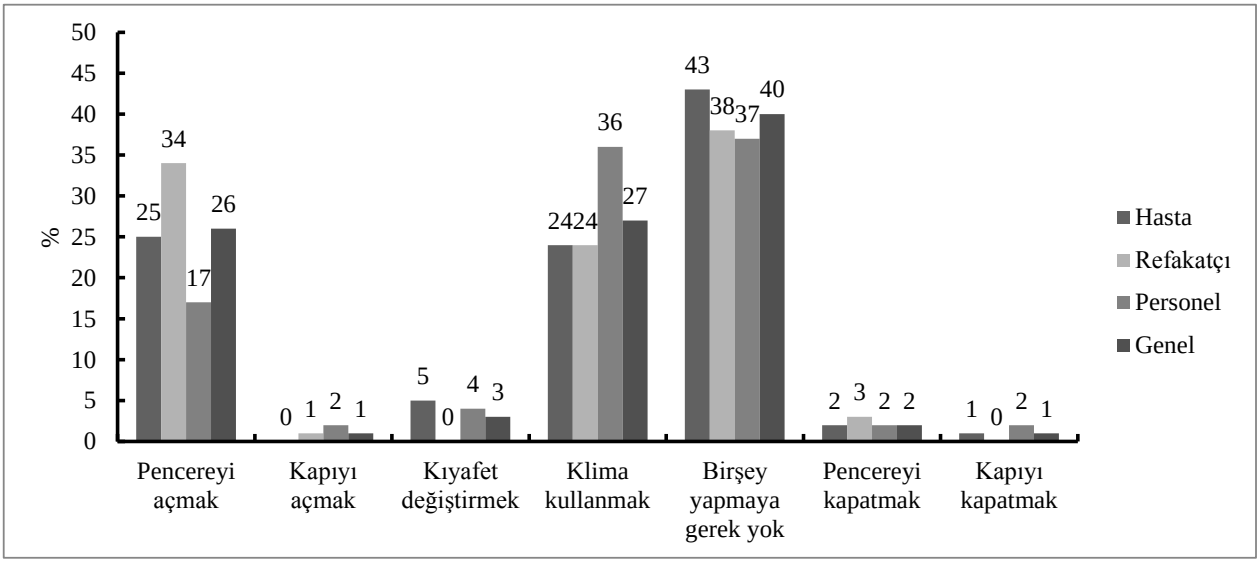
Kullanıcı	PMV	PPD (%)
Hasta/Refakatçı (Genel)	0,89	21,7
Personel (Genel)	0,74	16,5
Hasta/Refakatçı (Erkek)	0,87	21
Hasta/Refakatçı (Kadın)	0,91	22,5
Personel/Erkek	0,26	6,9
Personel/Kadın	1,1	30,5
30 Yaşından küçük Hasta/Refakatçı	0,67	14,4
30-50 yaş arası Hasta/Refakatçı	0,80	18,5
50 yaş üstü Hasta/Refakatçı	0,51	10,4

Farklı yaş grupları açısından ısıl konfor durumu personellerin yaş aralığının genel olarak 30 civarında olması nedeniyle sadece hasta ve refakatçılar için değerlendirilmiştir. Bu sonuçlara göre 30 yaşından küçük olan hasta ve refakatçılar için hesaplanan PMV değeri 0,67 bulunurken bu değer 30-50 yaş aralığında 0,80 olarak bulunmuştur. Yine 50 yaş üstü için yapılan hesaplamalarda PMV değerinin 0,51 olduğu görülmüştür (**Çizelge 3**). Sadece erkek personeller ve 50 yaş üstü Hasta/Refakatçılar ISO 7730'a göre ısıl konfor açısından kabul edilebilir sınır aralıkları içindeyken diğerleri standardın çok dışındadır. Erkek personel ve 50 yaş üstü Hasta/Refakatçıların sıcağı daha fazla tolere ettikleri ve daha sıcak bir ortam tercih ettikleri söylenebilir.

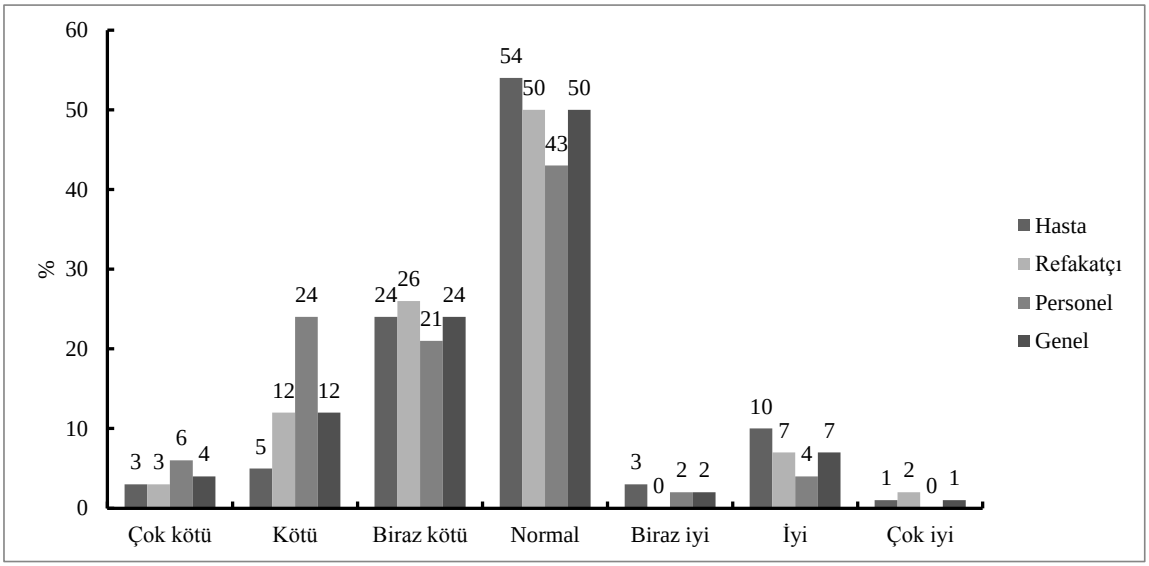


Şekil 5: Kullanıcıların sıcaklık tercihleri

Kullanıcılara sıcaklık tercihleri sorulduğunda tüm kullanıcıların %47'sinin değişikliğe gerek yok dediği, %35'inin bulundukları ortamın biraz daha serin olmasını istedikleri görülmüştür (**Şekil 5**). Hasta, refakatçı ve personel açısından bakıldığında ise hastaların %52'si değişikliğe gerek yok derken bu oran refakatçılar için %44, personel için %41'dir. Bazı hasta ve personel odalarında oturulan bölgenin klima üfleme alanına yakın olması ve özellikle personel odalarının çok dar olması kullanıcıların ortamın biraz daha serin olmasını tercih etmelerine neden olduğu düşünülmektedir. Burada verilen cevaplar ile PMV değerleri tutarlılık göstermektedir. Sadece 9 hasta (%10) ve 5 personel (%9) bulundukları mekanların biraz ılık olmasını istedikleri görülmektedir.

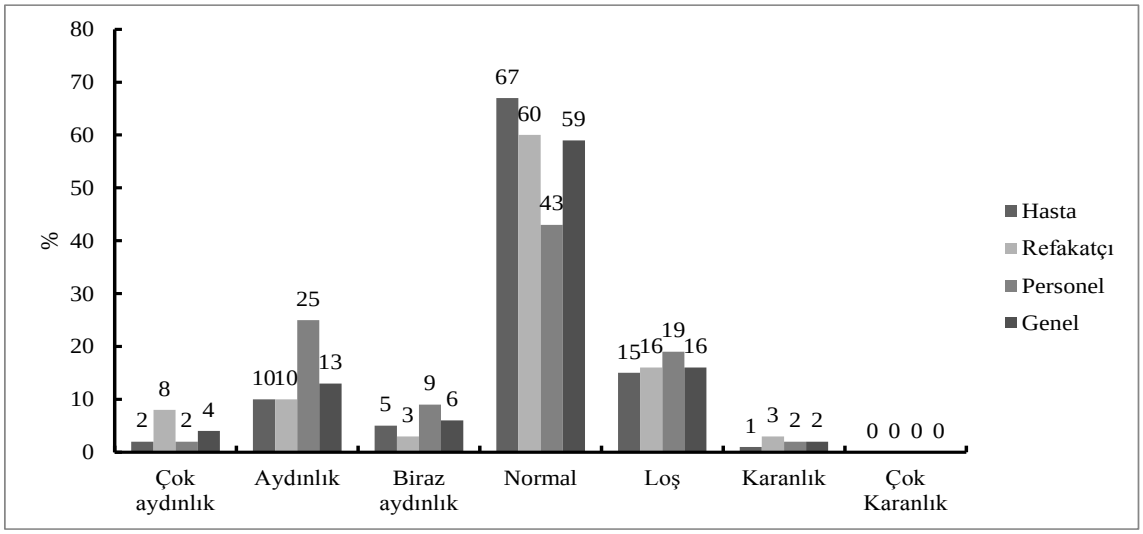


Şekil 6: Kullanıcıların ısıl konfor koşullarının iyileştirilmesi için tercihleri

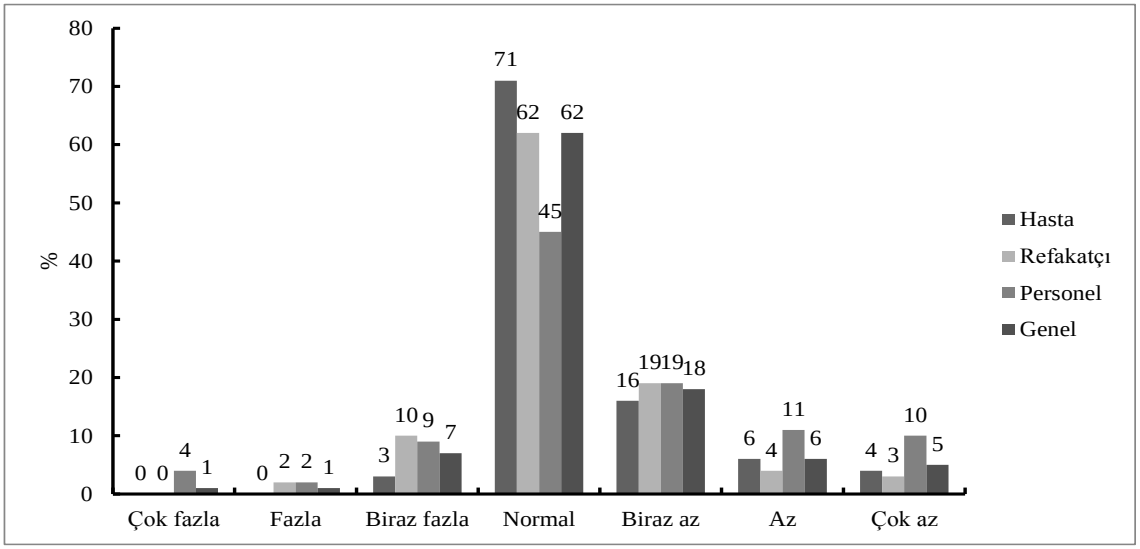


Şekil 7: Kullanıcılar açısından iç hava kalitesi

Kullanıcılara yöneltilen ‘Bulunduğunuz ortam koşulları ısıl açıdan kabul edilebilir mi?’ sorusuna, kullanıcıların %21’i kabul edilemez derken %37’si tam istediğim gibi cevabını vermiştir. Diğerleri ise (%42) ortam koşullarının değiştirilmesi gerektiğini söylemişlerdir. Koşulların iyileştirilmesi için ne yapılması gerektiği sorusuna kullanıcıların verdiği cevaplar incelendiğinde hastaların %25’i ve refakatçıların %34’ünün pencere açmayı tercih ettiği görülmüştür (**Şekil 6**). Personelin en çok tercih ettiği seçenek %36 ile klima kullanmak olmuştur.
İç hava kalitesi bakımından kullanıcıların cevapları incelendiğinde (**Şekil 7**) katılımcıların %50’si (107 Kişi) iç hava kalitesinin normal olduğunu söylerken %40’ı ortam koşullarının çok kötü, kötü veya biraz kötü olduğunu söylemiştir. Hastaların %54’ü ortam koşullarına normal derken, bu oran refakatçılar için %50, personel için %43’tür. İç hava kalitesinin çok iyi, iyi veya biraz iyi olduğunu söyleyenlerin oranı ise %10’dur.



Şekil 8: Kullanıcılar açısından aydınlık seviyesi



Şekil 9: Kullanıcılar açısından esinti/hava hızı

Aydınlatma seviyesini nasıl buluyorsunuz sorusuna verilen cevaplara göre hastaların %67'si, refakatçıların %60'ı, personelin %43'ü normal (**Şekil 8**) cevabını vermiştir. Personelin bu soru ile ilgili en çok belirttikleri konu bazı odalarda pencere olmayışı ve gün ışığını göremedikleri olmuştur.
Odalarda esinti miktarını nasıl buldukları sorulduğunda hastaların %71'i esinti miktarına normal derken bu oran refakatçılar için %62 ve personel için %45'tir (**Şekil 9)**. Kullanıcıların %29'u esinti miktarına biraz az, az veya çok az cevabını vermiştir. Esinti hızının biraz fazla, fazla veya çok fazla olduğunu söyleyenlerin içinde personel %15 ile en büyük paya sahiptir.

3.2 Anket Sonuçlarının İstatistiksel Açıdan Analizi

3.2.1 Güvenilirlik Analizi

İlk olarak güvenilirlik analizi için **Cronbach's Alpha** katsayısı hesaplanarak, anketlerde ölçülmek istenen değeri, eşit olarak paylaşmayan değişkenleri belirlemek ve bu değişkenleri analiz dışı bırakarak, ölçeğin iç tutarlılığının arttırılması amaçlanmıştır. **Cronbach's Alpha** katsayısı 0-1 arasında değer almaktadır. Literatürde çeşitli çalışmalarda bu katsayının 0,65 ile 0,95 arasında olması istenmektedir [18].

Çizelge 4: Güvenilirlik analizi sonuçları

Cronbach's Alpha	**Soru çıkartıldığında ortalama değer**	**Soru çıkartıldığında ortalama varyans**	**Toplam korelasyon**	**Soru silindiğinde yeni Cronbach's Alpha değeri**
0,715				
Isıl Memnuniyet	12,9860	6,943	,489	,672
Sıcaklık Durumu	12,6449	7,864	,602	,618
Aydınlatma Seviyesi	13,9252	9,384	,413	,692
İç Hava Kalitesi	12,5280	7,518	,495	,660
Esinti/Hava Hızı	12,4393	9,205	,427	,687

Güvenilirlik analizi kişilerin memnuniyet durumlarını içeren sorular açısından yapılmıştır. Cronbach's alpha katsayısı çalışmamızda 0,715 olarak bulunmuştur (**Çizelge 4**). Bu durum soruların güvenilir olduğunu ve uygulanabileceğini göstermektedir.

3.2.2 Ki-kare testleri

Ki-kare uyum testi ile birden fazla grubun sorulara verdiği cevapların frekanslarına bağlı olarak ilişkileri incelenir. Isıl memnuniyet durumunun sorulduğu soruda üç farklı yaş grubunun verdiği cevaplar incelenmiştir (**Çizelge 5**).
Farklı yaş grupları için yapılan Ki-kare testinde anlamlılık değeri 0,010 ve ki-kare değeri 20,100 olarak bulunmuştur. Anlamlılık değeri 0,05 değerinden küçük olduğundan yaş grupları ile ısıl memnuniyet arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür (**Çizelge 6**).

Çizelge 5: Isıl memnuniyet sorusuna verilen cevapların dağılımı

Yaş aralığı	Memnuniyet verici	Konforlu	Az rahatsız edici	Rahatsız edici	Çok rahatsız edici	Toplam
<30	22	14	20	14	5	75
30-50	25	42	18	8	4	97
>50	5	22	9	4	2	42
Toplam	52	78	47	26	11	214

Çizelge 6: Isıl memnuniyet sorusu için yaş gruplarına göre Ki-kare testi

	Değer	Serbestlik derecesi	Anlamlılık Değeri (2-sided)
Pearson Ki-Kare	20,100[a]	8	,010
Olasılık Oranı	21,445	8	,006
Doğrusa Bağlantı	,795	1	,372
Geçerli Durum Sayısı	214		

a. 3 hücrenin (20,0%) beklenen değeri 5'ten az. Beklenen en az değer ise 2,16.

Cinsiyet bağlı olarak yapılan ki-kare testinde verilen cevaplar için anlamlılık değeri 0,989 olarak yani 0,05'ten büyük bulunmuştur. Çalışmamızda cinsiyet ile ısıl memnuniyet arasında bir ilişki olmadığı görülmüştür. Benzer şekilde hasta, refakatçı ve personel açısından ısıl memnuniyet sorusuna verilen cevaplar incelendiğinde anlamlılık değeri 0,173 olarak bulunmuştur ve bir ilişki olmadığı görülmüştür. Aydınlatma seviyesine verilen cevaplar için yapılan ki-kare testinde yine yaş grupları açısından incelendiğinde anlamlılık değeri 0,046 bulunmuştur (**Çizelge 7**). Farklı yaş grupları arasında aydınlatma açısından bir ilişki olduğu görülmüştür. Yine cinsiyet ile aydınlatma konforu arasında 0,117 olarak bulunan anlamlılık değeri ile bir ilişki olmadığı görülmüştür.

Çizelge 7: Aydınlatma konforu ve yaş grupları için Ki-kare testi

	Değer	Serbestlik derecesi	Anlamlılık Değeri (2-sided)
Pearson Ki-Kare	15,731[a]	8	,046
Olasılık Oranı	19,188	8	,014
Doğrusa Bağlantı	,003	1	,957
Geçerli Durum Sayısı	210		

a. 5 hücrenin (33,3%) beklenen değeri 5'ten az. En az beklenen değer ise 1,60.

3.2.3 İki ana kütle ortalamaları için t testleri

Bu bölümde iki değişkene bağlı olan (cinsiyet, pencere durumu, aydınlatma, kapı durumu, açık/kapalı) cevaplara yönelik t-testleri uygulanmıştır ve **Çizelge 8**'de varyansların eşit olduğu ve anlamlı farklılığın tespit edildiği sonuçlar verilmiştir.

Yapılan t-testi sonuçlarına göre 'İç hava kalitesini nasıl buluyorsunuz?' sorusuna kadın ve erkeklerin verdiği cevaplar kıyaslandığında, anlamlılık değeri 0,038 olarak bulunmuştur. Bu değer 0,05 değerinden küçük olduğundan kadın ve erkekler arasında anlamlı bir farklılık vardır.

Pencerelerin açık veya kapalı olması durumuna göre verilen cevaplar incelendiğinde ısıl memnuniyet sorusuna verilen cevaplar için anlamlılık değeri 0,003, sıcaklık durumu için 0,032, oda durumunun kabul edilebilirliği sorusu için 0,034 ve esinti hızı için 0,021 bulunmuştur. Odalardaki pencerelerin açık veya kapalı olmasının bu sorular üzerinde anlamlı bir farklılık oluşturduğu yani önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir.

Çizelge 8: İki değişkene sahip durumlar için t-testleri

	Varyansların eşit olduğu durum için Levene's Test		**Ortalamaların eşit olduğu durum için t-test**		
Soru-İlişki	**F**	**Anlamlılık Değeri**	**t**	**Serbestlik derecesi**	**Anlamlılık Değeri(2-tailed)**
İç hava kalitesi-Cinsiyet (Kadın/Erkek)	2,851	,093	2,084	212	,038
Isıl Memnuniyet-Pencere (Açık/Kapalı)	2,627	,107	-2,997	212	,003
Sıcaklık Durumu-Pencere (Açık/Kapalı)	,152	,697	2,161	212	,032
Oda durumunun kabul edilebilirliği- Pencere (Açık/Kapalı)	,565	,453	2,136	212	,034
Esinti Hızı- Pencere (Açık/Kapalı)	4,668	,062	-2,323	212	,021

3.2.4 ANOVA

İkiden fazla değişkenin olduğu durumlar (Hasta/Refakatçı/Personel ve Kat seviyeleri) için yapılan ANOVA'nın sonuçları **Çizelge 9**'da verilmiştir. Sadece anlamlı farklılığın tespit edildiği durumlara yer verilmiştir.

'İç hava kalitesini nasıl buluyorsunuz?' sorusuna hasta, refakatçı ve personelin verdiği cevaplar karşılaştırıldığında ANOVA testine göre anlamlılık değeri 0,011 bulunmuştur. Bu değer 0,05'ten küçük olduğu için anlamlı bir farklılık olduğu söylenir ve bu farklılığın hangi gruptan kaynaklandığını anlamak için Tukey Post-Hoc testi yapılmıştır (**Çizelge 10**). Yapılan Tukey testinde farklılığın personelin verdiği cevaplardan kaynaklandığı görülmüştür. Personel odalarında genel olarak pencere olmayışı ve ilaç vb. malzemelerin odalarında bulunması bu durumun en önemli nedeni olabilir. Yine 'Odanızın aydınlık seviyesini nasıl buluyorsunuz?' sorusuna farklı katlarda (1., 2. ve 3. kat) bulunan kişilerin verdiği cevaplar karşılaştırıldığında ANOVA testine göre anlamlılık değeri 0,000 bulunmuştur. Anlamlı farklılığın hangi gruptan kaynaklandığının tespiti için yapılan Tukey testinde 1. katta bulunanların daha az gün ışığı aldığı üst katlara çıkıldıkça aydınlık seviyesinin arttığı anlaşılmıştır.

Çizelge 9: ANOVA testleri

Soru-İlişki	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
İç Hava Kalitesi-Hasta/Refakatçı/Personel	**Gruplar Arası**	11,783	2	5,892	4,648	,011
	Gruplar İçi	267,455	211	1,268		
	Toplam	279,238	213			
Aydınlık Düzeyi-Kat	**Gruplar Arası**	13,591	2	6,795	6,365	,002
	Gruplar İçi	225,255	211	1,068		
	Toplam	238,846	213			

Çizelge 10: Tukey post-hoc testleri

Bağımlık Değişken	Grup	Grup	Ortalama Fark	Standart Hata	Anlamlılık	95% Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
İç hava kalitesi	Hasta	Refakatçı	,21426	,17964	,459	-,2098	,6383
		Personel	,59079*	,19377	,007	,1334	1,0482
	Refakatçı	Hasta	-,21426	,17964	,459	-,6383	,2098
		Personel	,37653	,20629	,164	-,1104	,8635
	Personel	Hasta	-,59079*	,19377	,007	-1,048	-,1334
		Refakatçı	-,37653	,20629	,164	-,8635	,1104
Aydınlatma seviyesi	1. Kat	2. Kat	-,62484*	,17559	,001	-1,039	-,2104
		3. Kat	-,10000	,21390	,887	-,6049	,4049
	2. Kat	1. Kat	,62484*	,17559	,001	,2104	1,0393
		3. Kat	,52484	,24766	,088	-,0597	1,1094
	3. Kat	1. Kat	,10000	,21390	,887	-,4049	,6049
		2. Kat	-,52484	,24766	,088	-1,109	,0597

*. Ortalama fark 0.05 değerinde anlamlıdır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Balıkesir Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Hastanesi'nde hasta, refakatçı ve personele Mayıs-Haziran 2015 (soğutma) döneminde uygulanan anketler değerlendirilmiştir ve şu sonuçlar elde edilmiştir;

1. ISO 7730'a standardına göre ısıl konfor açısından sadece erkek personel ve 50 yaş üstü Hasta/Refakatçılar kabul edilebilir sınır aralıkları içinde yer almaktadır. Diğerleri standardın çok dışındadır. Erkek personel ve 50 yaş üstü Hasta/Refakatçıların sıcağı daha fazla tolere ettikleri ve daha sıcak bir ortam tercih ettikleri söylenebilir.
2. Personelin, özellikle odalarında pencere olmayışı nedeniyle, iç hava kalitesinden memnun olmadıkları görülmüştür. Ayrıca odaların dar olmasından dolayı, klima üfleme alanlarında çalışmak zorunda kaldıkları için esinti miktarlarının fazla olduğunu söylemişlerdir.
3. Hasta odalarında, hasta ve refakatçıların ısıl konfor koşullarının iyileştirilmesi için en çok pencere açmayı tercih ettikleri görülmüştür.
4. Yapılan ki-kare testleri ile ısıl memnuniyet ve aydınlatma seviyesi algısının yaş gruplarına göre farklılaştığı tespit edilmiştir.
5. İç hava kalitesi açısından kadınların daha hassas olduğu görülmüştür.
6. İç ortam ısıl koşullarını, pencerelerin açık/kapalı olma durumunun önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir.
7. Aydınlık düzeyi açısından üst katların daha aydınlık olduğu Tukey post-hoc testlerinden anlaşılmıştır.

Bu sonuçlar ileride yapılacak ısıl konfor ve aydınlatma konforu konusundaki çalışmalara ışık tutabilir.

KAYNAKLAR

1- Ricardo Forgiarini Rupp, Natalia Giraldo Vásquez, Roberto Lamberts, A review of human thermal comfort in the built environment, Energy and Buildings 105 (2015) 178–205

2- Rina Maiti, PMV model is insufficient to capture subjective thermal response from Indians, International Journal of Industrial Ergonomics 44 (2014) 349-361.

3- Niklas Fransson, Daniel Vastfjall, Jennie Skoog, In search of the comfortable indoor environment: A comparison of the utility of objective and subjective indicators of indoor comfort, Building and Environment 42 (2007) 1886–1890.

4- RAA-C.E, ANSI/ASHRAE Standard 55—Thermal Environmental Conditions for
Human Occupancy, American Society of Heating, 2013.

5- Wei Yang & Nyuk Hien Wong & Guoqiang Zhang, A comparative analysis of human thermal conditions in outdoor urban spaces in the summer season in Singapore and Changsha, China, Int J Biometeorol (2013) 57:895–907.

6- Noel Djongyang, Rene Tchinda, Donatien Njomo, Thermal comfort: A review paper, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 2626–2640.

7- P.O. Fanger, J. Toftum, Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates, Energy Build. 34 (2002) 533–536.

8- ISO 7730, “Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria” International Organization for Standardization, 2006.

9- CIBSE Guide A, Environmental design, 2006.

10- European Standard, EN 15251, Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings—Addressing Indoor Air Quality, Thermal Environment, Lighting and Acoustics, 2007.

11- Valeria De Giuli , Roberto Zecchin , Luigi Salmaso, Livio Corain, Michele De Carli,’ Measured and perceived indoor environmental quality: Padua Hospital case study’, Building and Environment 59 (2013) 211e226.

12- Jan Verheyen, Nele Theys, Luk Allonsius, Filip Descamps, Thermal comfort of patients: Objective and subjective measurements in patient rooms of a Belgian healthcare facility, Building and Environment 46 (2011) 1195-1204.
13- A. Pourshaghaghy, M. Omidvari,’ Examination of thermal comfort in a hospital using PMV-PPD model’, Applied Ergonomics 43 (2012) 1089-1095

14- Jing Xiong , Zhiwei Lian , Xin Zhou, Jianxiong You, Yanbing Lin, ‘Effects of temperature steps on human health and thermal comfort’, Building and Environment 94 (2015) 144-154

15- A. Jovanovic, P. Pejic, S. Djoric-Veljkovic, J. Karamarkovic, M. Djelic, Importance of building orientation in determining daylighting quality in student dorm rooms: Physical and simulated daylighting parameters’ values compared to subjective survey results, Energy and Buildings 77 (2014) 158–170.

16- Dayi Lai, Deheng Guo, Yuefei Hou, Chenyi Lin, Qingyan Chen, Studies of outdoor thermal comfort in northern China, Building and Environment 77 (2014) 110e118.

17- J. F. Nicol, M.A.Humphreys, Adaptive Thermal Comfort and Sustainable thermal standarts for buildings, Energy and Buildings 34 (2002) 563-572.

18- Bland J., Altman D., Statistics Notes: Cronbach's Alpha. BMJ.314:275 (1997).

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

PV SİSTEMLERİN GÖLGELENDİRME ELEMANI OLARAK KULLANIMININ OFİS BİNASI ÖRNEĞİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mimar A. Umur Göksu [a]
Prof. Dr. Gülay Zorer Gedik [b]
YTÜ Mimarlık Fakültesi
Yıldız, Beşiktaş, İstanbul, 34349

ÖZET

Tüm dünyanın enerjiye olan bağımlılığına karşın kullanmakta olduğumuz fosil yakıt rezervleri tükenme sınırına yaklaşmaktadır. Günümüzde camdan kutuya dönüşmüş ofis yapıları yapı kabuğunun tüm sorumluluklarını cam teknolojisine yüklemiş durumdadır. Yapıların yaşam döngüleri boyunca çevre ile barışık olabilmeleri için pasif yapı kriterlerine uygun olarak tasarlanmaları, bunun yanında etken sistemler ile donatılmaları beklenmektedir. PV sistemin gölgelendirme elemanı olarak kullanımı, Güneş'ten hem korunmayı hem de yararlanmayı sağlayan bir sistemi oluşturmaktadır. Yapıyla bütünleşik fotovoltaik modüller bir yandan enerji üretimi gerçekleştirirken bir yandan da yapı cephesindeki saydam yüzeyleri gölgelendirerek ısıtmanın istenmediği dönemde soğutma giderlerini düşürecektir. Bu sayede şebekeden satın alınan fosil yakıt kaynaklı enerji kullanımı düşmüş olacaktır. Bu bildiride iki temel sistemin birlikte nasıl tasarlanacağı hakkında bir yaklaşım açıklanmıştır. Çalışmanın kademeleri arasında karşılaştırma yapılmaktadır. Örnek bir ofis binasının yapı kabuğunda saydamlık oranının değiştirilmesi, gölgelendirme elemanı eklenmesi ve gölgelendirme elemanının PV olması durumlarının enerji performans değerlerine etkisi değerlendirilmektedir.

Anahtar sözcükler: BIPV, Güneşkıran, Ofis

THE EVALUATION OF A PV SYSTEM AS A SHADING DEVICE IN AN OFFICE BUILDING

ABSTRACT

In spite of the entire world's dependence on energy, fossil fuel reserves we use are close to depletion limit. Nowadays, all the responsibility of the building envelope was loaded onto glass technology through design of glass box office buildings. Buildings to be compatible with the environment throughout their life cycle are expected to design with passive building criteria and equip with active systems. A PV system using as a shading device creates a system that provides protection and benefits from the sun. Building integrated photovoltaic modules on the one hand perform energy production on the other hand reduce cooling costs by shading transparent surfaces on building facade on heating period. In this way, use of fossil fuel based energy purchased from grid will be reduced. In this paper, an approach is explained about how to design two basic systems together. A comparison is made between the steps of this study. The energy performance of an office building is evaluated by changing the ratio of transparency on the building envelope and the addition of shading elements and using PV element as a shading device.

Key words: BIPV, Shading Device, Office

[a] e-posta adresi: umurgoksu@hotmail.com
[b] e-posta adresi: gzorer@hotmail.com

1.GİRİŞ

Enerji sorunu yakın geçmişten günümüze taşınan, gelecek için de önem taşıyan bir konudur. Tüm dünyanın enerjiye olan bağımlılığına karşın geleneksel olarak kullanmakta olduğumuz fosil yakıt rezervleri tükenme sınırına yaklaşmaktadır. Fosil yakıtlar enerji üretimi için kullanıldığında çevreye zararlı yan ürünler çıkmaktadır ve bu durum çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bu bağlamda tükenme riski bulunmayan, kimsenin tekelinde bulunmayan ve çevreye zararlı etkilerinin neredeyse olmadığı yenilenebilir enerji kaynaklarından Güneş ön plana çıkmaktadır. Binaların yaşam döngüleri boyunca çevre ile barışık olabilmeleri için pasif yapı kriterlerine uygun tasarlanmaları bunun yanında etken ve yenilenebilir enerji sistemleri ile donatılmaları beklenmektedir. Bu sayede yapı, yaşamı boyunca pasif şekilde enerji yüklerini düşürerek enerji talebini azaltacak ayrıca yenilenebilir ve etken sistemleri enerji ihtiyacını gidermede kullanabilecektir. Sonuçta konvansiyonel enerji talepleri düşürülebilecektir.

Fotovoltaik panellerin dünyada bilhassa Avrupa'da kullanımı Türkiye'den önce başlamıştır. Günümüzde PV ve diğer etken sistemlerin kullanımı Avrupa'da rutinleşmiş ve yönetmeliklerde yerini almıştır. Avrupa birliği, binalarda enerji performansı direktifi (EPBD recast) ile etken sistemlerin yapılarda kullanımını içeren kapsamlı bir çalışma yayımlamıştır. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarından olan PV'lerden yararlanma yakın zamanda önem kazanmaya başlamıştır ve üretilen çalışmalar daha sınırlıdır. Literatürde PV'lerin yapı tasarım ögesi olarak kullanılabileceği alanlardan birinin gölgelendirme elemanı olduğu belirtilirken bu konudaki çalışma boşluğuna dikkat çekilmektedir [**1**]. Ülkenin ekonomik durumuna göre maliyetin kazandığı anlam ve coğrafik koordinatlara ve farklı iklim bölgelerine göre güneş etken sistem çalışmalarının anlamları değişebildiğinden, konuyla ilgili çalışmaların yerelliği önem kazanmaktadır.

Konu ile ilgili yapılan çalışmalar yerel kaynaklarda, PV kullanımının binanın enerji performansına etkisi, PV'lerin yapı kabuğuyla bütünleştirilmesi, PV'lerin binada tasarım elemanı olarak kullanılması, PV'lerin binanın sürdürülebilirliği bağlamındaki yeri gibi çalışmalara konu olmuştur. Gölgelendirme elemanlarının kendi başlıklarında ele alındığı çalışmalar vardır. Dünyada ise, gölgelendirme elemanlarının termal performansa etkisi, gölgelendirme elemanı tasarım ilkeleri, gölgelendirme elemanı olarak PV'lerin verimlilik ilkeleri gibi çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışma ise PV ve gölgelendirme elemanının bütünleşik tasarımını ele alan ve yapının enerji performansındaki payına örnekleme yoluyla dikkat çeken ve Türkiye şartlarında değerlendirilen bir çalışmadır. [**2**], [**3**], [**4**], [**5**], [**6**]

Kapsamı sınırlı tutulmuş bu çalışmanın amacı, iklimle dengeli tasarım parametrelerine uygun tasarlanmış bir yapıda PV sistem uygulanan gölgeleme elemanlarının yapının enerji performansına etkisinin belirlenmesi, sistemin enerji etkinliğinin değerlendirilmesidir. Yapı tasarımıyla bütünleşik PV'li gölgelendirme elemanı uygulamasıyla, yapının enerji yüklerinin etken ve edilgen yöntemlerle azaltılmasının sağlanması amaçlanmaktadır. Bu amaca uygun olarak çalışmada bir yaklaşım geliştirilmiş ve yaklaşımın uygulama örneği olarak ofis yapıları seçilmiştir.

2. GÖLGELENDİRME ELEMANLARININ PV SİSTEMLERLE BÜTÜNLEŞİK TASARIMI

Gerek bir güneşkıran gerekse bir fotovoltaik şeklinde çalışacak olan sistemin boyutlandırılmasında, her iki amacın dikkate alınması gerekmektedir. Bir fotovoltaik modülün

enerji performansını etkileyen etmenlere dikkat edilmelidir. Güneşkıran veya PV işlevlerinden birine öncelik verilmesinin yerine her iki sistem gereksinimlerinin ortak bir şekilde çözümüne ulaşılmalıdır. Yaz döneminde güneşten korunmanın yanında, aynı yapı kabuğu elemanının enerji üreterek yapının şebekeden aldığı enerji miktarını düşürmede katkısı olsun istenmiştir.

2.1. Gölgelendirme Elemanı Olarak Yatay Güneşkıranlar

Çalışmanın sınırlandırılması açısından güney cephesiyle beraber bu cephede etkili olan yatay güneşkıranların kullanılmasına karar verilmiştir. Güneşkıran açısından güney cephesi ve güneş ışınım ilişkisi, korunmanın istendiği dönem ve konum dikkate alınarak tasarım yapılmasını gerekli kılmaktadır.
Güneş ışınımları tam güney konumundayken o gün içinde dike en yakın açıyla gelir ve bu nedenle güney cephesinde yatay güneşkıran etkili olur. Gölge eğrileri yöntemi, yapı kabuğundaki bir güneşkıranın istenen tarih aralığında güneşten korunma sağlayacak şekilde tasarlanması için bir yöntem olarak [**7**] bu çalışma kapsamında tercih edilmiştir.
Yapı kabuğunun bir parçası olarak gölgelendirme elemanları, yapı cephesindeki saydam yüzeylere gelen güneş ışınımlarını denetim altına alarak güneşten korunmayı sağlar. Bir güneşkıranın çalışma ilkesi, yapı kabuğunun saydam yüzeyine gelen güneş ışınımının doğrultusuna dik konumda engel oluşturarak yapı içine güneşin girmesini engellemektir. Engel olarak güneşkıran ve korunulacak olan güneş ışınımı ele alındığında güneş ışınımının hangi doğrultudan geldiğinin saptanması gereklidir. Güneş ışınımlarının doğrultusu gün boyunca ve yıl boyunca değiştiğinden korunma istenilen döneme karar verilip, belli bir dönemde korunmayı sağlayan güneşkıran tasarlanır. Korunma istenen dönem için karakteristik gün ve saat seçilerek tüm dönemde korunmayı sağlayacak sınır durum açısından boyut ve açıya karar verilir.
Güney cephesi ve enerji potansiyeli pasif yapı tasarım ilkeleri açısından çok uygun bir cephedir. Isıtmanın istenmediği yaz aylarında güney cephesindeki saydam yüzeyler üzerinde oluşturduğumuz bir saçak (yatay güneşkıran) yapıyı dike yakın gelen güneş ışınımlarının ısıtıcı etkilerinden koruyacaktır. Kışın ısıtmanın istendiği dönemde ise yataya yakın açıyla gelen güneş ışınımları saçağa takılmadan yapının içine ulaşabilir. Yapıda hiçbir aktif sistem elemanı kullanılmadan sadece yapı kabuğundaki pasif denetim elemanı ile enerji kazancı sağlanmış olmaktadır.

2.2. PV Sistemlerde Performans

Fotovoltaik teknolojisi güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmeyi sağlayan bir sistemdir. Teknolojinin kaynağında yarı iletken malzemenin uçlarında oluşan elektrik geriliminden elektrik enerjisi elde edilmesi yatar [**8**]. Gerilimin oluşmasını sağlayan da güneş enerjisidir. PV sistemin temelini oluşturan PV hücreler elektrik enerjisinin üretildiği en küçük birimdir. PV hücrelerinin üretildiği malzemelere göre farklı performans özelliklerinde PV modüller ortaya çıkar. Bir PV sistem oluşturulması için ana bileşen PV modüldür. PV sistemler, PV modüllerin yanında denge bileşenleri ile tamamlanmaktadır. Her zaman hepsinin birlikte kullanılması zorunlu olmayan denge bileşenleri: taşıyıcı sistem, güç düzenleme sistemleri, saklama sistemi, bağlantı elemanları ve kablolar olarak kategorize edilebilir.
PV modülün yapısına, PV modülün konumuna, PV modüle etki eden dış etmenlere, PV sistemi oluşturan elemanların seçiminden ve bir araya getirilme biçimlerine, PV sistemin bakım onarım ve temizliğine bağlı değişkenler sistemin performansını etkiler.

2.3. Gölgelendirme Elemanı Olarak PV Sistemlerin Tasarımı

Çalışma kapsamında güney cephesinde yatay güneşkıranlar kullanılacağı dikkate alınarak bir yaklaşım oluşturulmuştur. Buna göre:

- PV modülün yatay düzlemdeki açısı belli olduğuna göre (güney yönünde) düşey açısına karar vermek gerekir. Burada sorulması gereken, yılın hangi döneminde yararlanılmak istendiğidir. Bu konuda enleme göre bir yaklaşımdan yararlanılabilir. Toplaçlarda da pratik bir yöntem olarak uygulanan yönteme göre [**9**] PV modülün yatay düzlemle yaptığı açı, yazın yararlanılmak istenirse bulunulan enlem derecesinin sayısal değerine on eklenir, kışın kullanılmak istenirse enlem derecesinin sayısal değerinden on çıkarılır, tüm yıl yararlanılmak istenirse enlem derecesinin sayısal değeri kadar olur. Bu çalışmada tüm yıl yararlanılma kabul edilmiştir.
- İkinci aşama, ilk aşamada açısal doğrultusuna karar verilen güneşkıranın, cephedeki saydam yüzey alanını istenen dönemde korumasını sağlayacak sınır ölçüleri veren tarihi belirlemektir. Burada yapılması gereken güneş ışınımlarından korunmak istenen dönemde, güneşin en yatık geldiği günün belirlenmesi ve bu gün içinde korunmanın istendiği etkili saate karar verilmesidir. Güneşin tam güneyde olduğu saat yerel saatle 12'dir ve yatay güneşkıranın eni en kısa halini alır. Bu saatten önce ve sonra yatay güneşkıranın eni uzamaya başlar.
- Üçüncü aşamada ise gölge eğrileri yönteminden yararlanarak yatay güneş kıranın cepheden dışa doğru olan genişlik ölçüsü (eni) belirlenen güne ve saate bağlı olarak belirlenir.
- Dördüncü aşama, bulunan boyutların istenen tipteki PV modül için üretiminin yapılıp yapılmadığının sorgulanmasıdır. Eğer istenen PV modül tipinde hesaplanan ölçülerde üretim yapılmıyorsa sonuçları fazla etkilemeyecek şekilde modül üretim boyutunun katları biçiminde bir seçim yapılabilir. Aksi durumda ya üretim boyutundan bağımlı olunmayan PV tiplerine geçilir ya da aşamalar arasında PV genişliği sabit tutularak hesaplar tekrar yapılır ve her iki sistemin çalışma performansını fazla etkilemeyecek değişikliklere gidilebilir.

3. OFİS BİNALARININ TARİHSEL GELİŞİMİNE ENERJİ KORUNUMU AÇISINDAN BAKIŞ VE REFERANS BİNANIN OLUŞTURULMASI

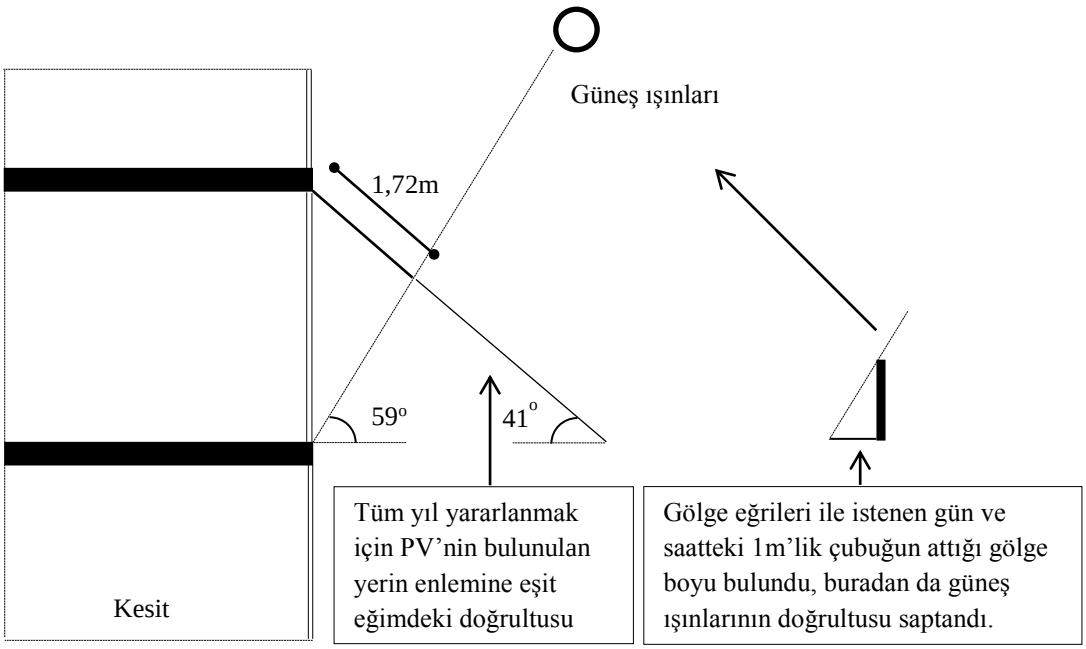
3.1. Ofis Binalarının Tarihsel Gelişimine Enerji Korunumu Açısından Bakış

Çalışma kapsamında ofis tipi yapılar, yapı kabuğundaki saydam alan oranları, yıllık ve günlük kullanım süreleri ve enerji tüketimi açılarından tercih edilmiştir. Günümüzde camdan birer tasarıma dönüşen ofis yapılarında iç çevre, dış çevre şartlarından daha çok etkilenmektedir. Yapı kabuğunda yüzde yüze varan saydamlık oranı kullanılarak, opak yüzeylere göre daha zayıf olan cam yüzeyinden dış çevre şartlarında konfor koşullarını sağlaması beklenmektedir. Yapı kabuğunda yeterince sağlanamayan fiziksel konfor koşulları iç çevrede mekanik sistemlerin yardımıyla çözülmeye çalışılmaktadır. Bu noktada enerji harcamaları artmaktadır. Önemli bir kısmını ofis tipi yapıların oluşturduğu yüksek yapıların, tarihsel bağlamda çeşitli mimari gelişimlerinin yanında enerji performansı açısından da değişimler yaşanmıştır.
1885 yılında ilk yüksek yapı ile başlayan ve 1916 yılına uzanan dönemdeki yüksek yapılarda yapı kabuğu kalın, masif ve kagir, iç yüzeylerin alçı sıvalı olduğu opak alanlardan ve %20 ile %30

arasında saydam alandan oluşuyordu. Basit camlarda ısı kayıplarının fazla olmasına rağmen ısı depolama kapasitesi yüksek duvarlar ile pasif şekilde ısısal konforu sağlıyordu. Hantal yapıları nedeniyle doğal aydınlatmadan yararlanma konusunda geri kalmış olmalarına rağmen bu dönemin yapıları enerji performansı yüksek yapılardır.
1916 ve 1951 yılları arasında yüksek yapılar daha narin hale gelmişlerdir. Yapı kabuğunda saydam ve opak alan oranları fazla değişmemekle beraber, yapı hacmine oranla yapı kabuğu alanının artmış olması ısıtma yüklerini arttırmıştır. Bu durumun yanında doğal aydınlatmadan daha fazla yararlanılmış olması enerji performansının fazla değişmemesine yol açmıştır.
1951 ile 1973 yılları arasındaki dönemin yüksek yapılarının temel özelliği masif duvarlardan hafif giydirme cephelere geçilmiş olmasıdır. Bu dönemde saydam yüzey alanı %20 %35 düzeyinden %50 %75 düzeyine yükselmiştir. Cam giydirme cephelerde enerji performansı oldukça düşmüştür. Yazın iç mekanlar daha fazla ısınırken kışın iç mekan daha fazla soğumuştur ve bu durum enerji giderlerini yükseltmiştir. Renklendirilen camların günışığı geçirgenlikleri de düşmekte ve aydınlatma yüklerinin artmasına sebep olmaktaydı.
1973 ile 1979 yılları arasındaki yapılarda 70'li yılların enerji sorunu etkisini göstermiştir. Cam teknolojisinin ısı yalıtımı ve güneş kontrolü doğrultusunda geliştirilmesine başlanmıştır.
Günümüze kadar olan dönemde, enerji performansında önemli değişiklikler olmamakla beraber ekolojik ve enerji etkin yapı tasarımları ile pasif yapı tasarım kriterlerine geri dönüş gözlenmektedir. Açılabilir pencerelerle doğal havalandırma sağlayan çift cepheler tasarlanmıştır. Ayrıca günümüzde yenilenebilir enerji üretim teknolojileri de kullanılmaktadır. Bu tarihsel perspektiften bakış açısı sonucunda, pasif yapı kriterlerinin kullanılarak yapı enerji performanslarının yükseltilmesi ardından yenilenebilir enerji sistemleri ile şebeke enerji talebinin düşürülmesi bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. [**10**]

3.2. Referans Binanın Oluşturulması

Referans bina oluştururken öncelikle üzerinde değişiklik yapılacak değişkenlerin yanında sonuçları etkilememesi için sabit tutulan ve varsayımda bulunulan değerlere karar verilmiştir. İstanbul şartlarında bir ofis binası üzerinde çalışılmıştır. Yapının en ve boy oranları, Olgyay'ın iklim bölgelerine uygun olarak saptadığı oranlardan alınmıştır [**11**]. Kat planı tasarımında imar yönetmeliğindeki [**12**] gereklilikler esas alınarak binanın merkezinde bir çekirdek konumlandırılmıştır. Kesitteki opak ve saydam alan U değerleri olarak, TS825 yönetmeliğinin iklim bölgelerine göre tavsiye edilen U değerlerinin üst sınır değerleri alınmıştır. Cephelere göre saydamlık oranları olarak literatürde daha önce enerji etkin tasarım üzerine yapılan çalışmaların sonuçları dikkate alınarak kuzeyde %20, doğu ve batıda %30 ve güney cephesinde %50 değerleri alınmıştır. Kullanılan Energy Plus altyapılı simülasyon programında havalandırma, ısıtma, iklimlendirme gibi mekanik tesisat değişkenlerinde ofis yapıları için varsayılan değerler kabul edilmiştir. Binanın yapma veya doğal çevreden gölgelenmediği kabul edilmiştir. Sonuç olarak dört katlı, 1535m^2 alan ve 5412 m^3 hacim iklimlendirilmektedir. Binanın doğu batı doğrultusunda uzandığı ve uzun cephesinin güneye baktığı kabullerdendir. Bölüm 2.3'de verilen yaklaşıma uygun olarak İstanbul'da yaz aylarında örnek ofis yapısında döşemeden tavana kadar tasarlanan cam yüzeyin korunmasını sağlayacak PV'li güneşkıranın yatayla yaptığı açı 41 derece (İstanbul'un enlemi kadar), güneş kıranın eni kendi düzleminde 1,72m ve uzunlukları saydam yüzey boyunca alınmıştır (**Şekil 1**). Gölge eğrileri yönteminde güneşin tam güneyde olduğu saat 12.00 ve yaz ayları kapsamında güneşin en yatık geldiği ağustosun son günü tipik gün olarak seçilmiştir.



Şekil 1: Kısmi kesit üzerinde, gölgelendirme elemanı olarak PV tasarımı

4. ENERJİ YÜKÜ ANALİZLERİ

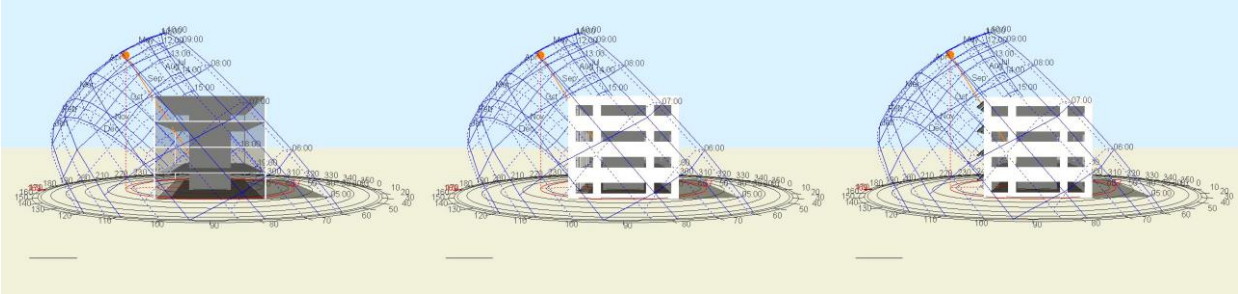
Çalışma kapsamında yöntem, kademeli şekilde ilerleyen ve kademeler arası karşılaştırma yapılmasına dayalı bir kurguya sahiptir. Üç temel kademe aşağıda verildiği biçimde gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle iklim bölgesine uygun pasif yapı kriterlerinde iklimle dengeli tasarım ürünü olarak referans ofis yapısının yıllık enerji yükü analizleri gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada güney cephedeki saydam yüzeylerde gölgelendirme elemanı olarak güneşkıranların kullanılmasıyla yapının gösterdiği enerji performansı için enerji yükleri hesaplanmıştır. Üçüncü aşamada ise ikinci aşamada kullanılan gölgelendirme elemanlarının fotovoltaik panellerle karşılanması sonucunda yapının toplam enerji performansı analiz edilmiştir. Her üç aşama yapının içinde bulunduğu iklim bölgesi bağlamında karşılaştırılmıştır. Ayrıca aynı yapının %100 saydamlık oranında toplam enerji yükü hesaplanarak, üçüncü aşamadaki son durumla karşılaştırması yapılmıştır. **(Şekil 2)**

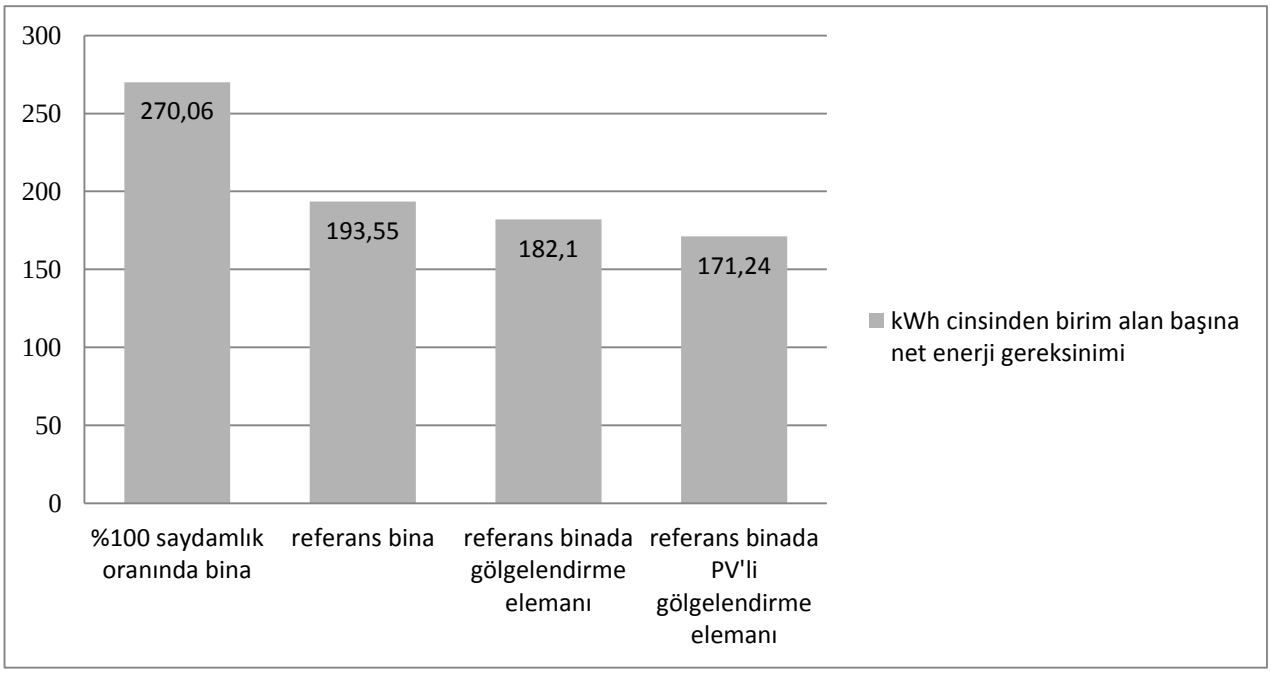
Kullanılan simülasyon programında, karar verilen binanın modellenmesinden sonra farklı senaryoların enerji simülasyon sonuçları **şekil 3**'de verilmiştir. Referans binanın net enerji gereksinimi birim alan başına yıllık 193,55 kWh olarak hesaplanmıştır. Gölgelendirme elemanlarının güney cephesinde uygulandığı ikinci aşamada net enerji gereksininmi 182,10 kWh/m^2'dir. Sadece güney cephesinde kullanılan yatay güneşkıranlar birim alanda 11,45 kWh bir düşüş, %6'lık bir enerji katkısı sağlamıştır. Üçüncü aşamada gölgelendirme elemanlarının üzeri PV panellerle kaplanmıştır. Bu durumda 171,24kWh/m^2 net enerji gereksinimi vardır. Birim alanda referans binaya göre 22,31 kWh'lik bir düşüş %12'lik bir iyileştirmeye denk gelmektedir.

Referans binanın %100 saydamlık oranındaki versiyonunun net enerji gereksinimi ise 270,06 kWh/m^2 hesaplanmıştır. Referans binanın gölgelendirme elemanlarının PV'li olması durumunda

171,24kWh/m^2 net enerji gereksinimi bulunan bina, pasif veya etken önlemlerin alınmadığı %100 saydamlık oranındaki binaya göre enerji performansında %36,67 iyileşme sağlamıştır.



Şekil 2: Güneşten korunmanın istendiği tipik gün ve saatte farklı bina senaryolarının güneş ile ilişkileri. (Soldan sağa: %100 saydamlık oranına sahip bina, referans bina ve referans binada gölgelendirme elemanı kullanımı.)



Şekil 3: Farklı bina tasarım senaryolarının enerji performansları

5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Örnek bir ofis binası tasarımında İstanbul için enerji performansı değerlerine bakıldığında, referans bina üzerinden yapılan iyileştirmelerde gölgelendirme elemanlı durum ve PV elemanlı durumların katkıları her iyileştirme için %6, toplamda %12 oranında olmuştur. Sadece güney cephesinde kullanılan PV ile elde edilen bu oranlar, bütünleşik gölgelendirme elemanı sisteminin binanın doğu ve batı cephelerinde kullanılması ile yapının enerji performansındaki iyileşmenin

artacağı açıktır. Güney cepheye PV'li güneş kıran uygulanan pasif tasarım ofis yapısının günümüzde çok kullanılan %100 saydamlık oranında olması durumuna göre enerji performansında iyileşme oranı ise %36,67'dır. Ayrıca bu oranların iklim bölgesine göre değişeceği öngörülmektedir.

Sonuç olarak, yapının kullandığı enerji miktarı pasif yollarla azaltıldıkça, yapılan ek iyileştirmelerle binanın enerji performansı da artacaktır. Binanın enerji performansını arttırmada faydalı sonuçlar veren PV'lerin gölgelendirme elemanı olarak kullanılması, maliyetleri de dikkate aldığımızda, yapının enerji giderlerinin pasif tasarımla azaltılması ile birlikte etkili olacaktır.

KAYNAKLAR

1. E. Sakınç, "Sürdürülebilirlik Bağlamında Mimaride Güneş Enerjili Etken Sistemlerin Tasarım Öğesi Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım," *YTÜ FBE Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı Doktora Tezi*, 2006.

2. G. Z. Gedik, "The Design of Shading Devices in Relation to the Window Orientations," *Livable Environments and Architecture International Congress*, Trabzon, Liarpaper-061, 2001, pp: 207-213.

3. S. D. Mangan, "Yaşam Döngüsü Enerji Ve Maliyet Etkinliği Açısından Konut Binalarının Performanslarının Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım," *İTÜ FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilimleri Programı Doktora Tezi*, 2014.

4. H. M. Yanardağ, "Farklı Bina Formlarında Güneş Pili Uygulamalarının Enerji Ve Maliyet Etkinliği Açısından Değerlendirilmesi," *İTÜ Mimarlık Anabilim Dalı Çevre Kontrolü Ve Yapı Teknolojisi Programı, Yüksek Lisans Tezi*, 2015.

5. N. S. Yüceer, "Gölge Elemanı Tasarımına Bir Yaklaşım Ve Adana Örneği," *METU. JFA.* , 27/2, (2010), ss: 1-13.

6. G. Z. Gedik, "An Approach to Designing An Optimal Shading Device", *Architectural Science Review*, Vol.45, No:4, pp 1-9, 2002, ISSN 0003-8628.

7. M. Şerefhanoğlu Sözen, "Yapı Yüzlerinin Güneşlenme Durumları," Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, 2010.

8. http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx , yararlanma tarihi 01.01.2016.

9. M. Meltzer, " Passive Active Solar Heating Technology ", New Jersey, Prentice Hall Inc, 1985.

10. A. Sev, B. Başarır, "Geçmişten Geleceğe Enerji Etkin Yüksek Yapılar ve Uygulama Örnekleri," *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, (2011), ss: 1499-1513.

11. V. Olgyay, "Design With Climates," Princeton University Press, 1963.

12. http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/kurumsal/Birimler/ImarMd/Documents/imar_yonetmelik.pdf , yararlanma tarihi 01.20.2016.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

BİNA BİÇİMİNİN ENERJİ TÜKETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Doç.Dr. Esra Bostancıoğlu[a]
İstanbul Kültür Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi
Ataköy Kampüsü, Bakırköy, İstanbul, 34156

ÖZET

Günümüzde fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve bunların yarattığı çevre sorunlarının artması nedeniyle, enerji tüketiminin denetimi ve yönetimi giderek önem kazanmaktadır. Enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımına bakıldığında, bina sektörü, sanayi ve ulaşımdan sonra, enerji verimliliğinin sağlanabileceği öncelikli alanlardan biri olarak görülmektedir. Enerjinin büyük bir miktarı binaların kullanımı sırasında tüketilmektedir. Bu nedenle binaların yaşam dönemlerinde, kullanım aşamasında harcanan enerjiyi azaltma yönündeki uygulamalara öncelik verilmektedir. Tasarım evresinde bina biçimi ile ilgili kararların bina enerji maliyetleri üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada bina biçimindeki değişikliklerin bina ısıtma enerjisi maliyetlerini ne oranda değiştirdiği analiz edilecek ve ileriye yönelik olarak daha az enerji tüketen, çevreyi daha az kirleten konut binaları hakkında tasarım öncesinde bilgi sahibi olunabilecektir. Bunun için, aynı özelliklere sahip konut binalarının sadece bina biçimleri, yönlenmeleri ve kabuk alternatifleri farklılaştırılarak, enerji maliyetlerinde meydana getirecekleri değişimler değerlendirilmiştir.Bu çalışmada bina biçimi,bina dış kabuk alanının hacme (A/V) ve dış duvar alanının döşeme alanına (DDA/DA) oranlarıyla değerlendirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Bina biçmi, Enerji maliyeti, Kabuk tasarımı, Enerji etkinliği.

EFFECT OF BUILDING SHAPE ON ENERGY CONSUMPTION

ABSTRACT

Today, with the rapid depletion of fossil energy sources and the increasing environmental problems caused by fossil fuels, supervision and management of energy consumption becomes more important. Looking at the breakdown of energy consumption by sectors, the buildings sector is seen as one of the priority areas for energy efficiency after industry and transportation. A large amount of energy is consumed during the utilization phase of the building. Therefore, priority is given to applications that reduce the amount of energy consumed during the utilization phase throughout the lifetimes of buildings. In the design phase, decisions regarding building shape has a considerable effect on the building energy costs. Therefore, this study will analyze the extent to which changes in building building shape effect building heating energy costs and thereby provide pre-design information for future reference for residential buildings with less energy consumption and less environmental pollution. To this end, residential buildings with the same characteristics have been used by differentiating only building shape, orientations and envelope alternatives to assess the changes they cause in energy costs. Building shape is evaluated with external envelope area to the building's gross volume (A/V) ratio and external wall area/floor area (EWA/FA) ratio in this study.

Key words: Building shape, Energy cost, Envelope design, Energy efficiency.

[a] e-posta adresi: ebostancioglu@iku.edu.tr

1.GİRİŞ

Günümüzde fosil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve bunların yarattığı çevre sorunlarının artması nedeniyle, enerji tüketiminin denetimi ve yönetimi giderek önem kazanmaktadır. Kyoto protokolü kapsamında belirlenen hedefler doğrultusunda, 1990 yılı ile kıyaslandığında 2020 yılı itibarıyla; % 20 daha az enerji tüketimi, % 20 daha az karbon emisyonu ve üretilen enerjinin % 20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması yönünde çalışmalar yapılmaktadır **[1].** AB ülkelerinde çevre ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesini amaçlayan "6. AB Çevre Eylem Programı'nın (6th EU Environment Action Programme) "Bizim Geleceğimiz Bizim Seçimimiz" (Our future, our choice) başlıklı raporunda bina tasarımlarında enerji tasarrufunu kapsayan çevreye duyarlı önlemlerin de alınması gerektiği üzerinde durulmaktadır **[2].**

Bir çok ülkede, binalarda ısıtma için gereksinim duyulan enerji, konutlarda tüketilen enerjinin %40 gibi büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır **[3].** Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de toplam enerjinin çok önemli bir oranı binalarda kullanıcı konforunu sağlamak üzere ısıtma, klima, havalandırma ve aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır. Dünyada ise binalarda kullanılan enerjinin toplam enerji içerisindeki payı %45-50'ye kadar çıkabilmektedir. Bu durum binalarda enerji tasarrufunun ve yönetiminin ne kadar önemli olduğunun göstergesidir **[4].**

Isıtma enerjisi ekonomisinde etkili yapma çevre değişkenleri; binanın yeri, binanın diğer binalara göre konumu, binanın boyutları ve biçim faktörü, binanın yönlendiriliş durumu, bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleridir **[5].** Tasarım evresinde bina biçimi ile ilgili kararların bina enerji maliyetleri üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada bina biçimindeki değişikliklerin bina ısıtma enerjisi maliyetleri üzerindeki etkisi analiz edilecek ve ileriye yönelik olarak daha az enerji tüketen, çevreyi daha az kirleten konut binaları hakkında tasarım öncesinde bilgi sahibi olunabilecektir.

2. LİTERATÜR DEĞERLENDİRMESİ

Aksoy ve İnallı, biçimin ısıtma ihtiyacı üzerindeki etkisini değerlendirmek için, binanın bir katındaki enin derinliğe oranını biçim faktörü ya da kompaktlık olarak tanımlamaktadırlar **[6]**. Bina biçiminin yapım, enerji ve yaşam dönemi maliyeti üzerindeki etkisini araştıran Bostancıoğlu, aynı büyüklük ve özelliklere sahip kare, dikdörgen, yıldız ve H biçimli binaları dış duvar alanının döşeme alanına oranlarını (DDA/DA) esas alarak karşılaştırmıştır **[7].** Gonzalo ve Habermann'ın kullandığı A/S oranı **[8]** veya Hegger'in kullandığı A/V oranı **[9]**, bina dış kabuk alanının iç hacime oranı şeklinde ifade edilen kompaktlık değerlendirmesinin relatif değeri olarak büyük ölçüde kullanılmaktadır. Bu değer, Depecker, Menezo, Virgone ve Lepers'in bina biçimi ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi araştıran yazısında, biçim katsayısı olarak verilmiştir **[10]**. Ourghi, Al Anzi ve Krarti, büro binalarının biçiminin yıllık soğutma ve enerji kullanımı üzerindeki etkisini belirlemek için basitleştirilmiş analiz metodu geliştirmişlerdir. Biçim katsayısını relatif kompaktlık (RC) olarak ifade ederek değiştirmişlerdir. Relatif kompaktlık, tasarlanan binanın biçim faktörü $(A/V)_{bina}$ ile aynı hacimdeki dikdörtgen (referans) binanın mimimum biçim faktörü $(A/V)_{ref}$ arasındaki ilişkiyi göstermektedir **[11].** Bina biçimini ve onun kabuk özelliklerini optimize etmek için araç geliştiren Tuhus-Dubrow ve Krarti, relatif kompaktlığı (RC) ifade olarak basitleştirmişlerdir. RC, en iyi (referans) sonuçtan, bina biçiminin sapmasını göstermektedir. ($RC= (A/V)_{bina} /(A/V)_{ref}= A_{ref} / A_{bina}$) **[12].**

Parasonis, Keizikas ve Kalibatiene, mimari hacim tasarımının binalar için enerji ihtiyacı ve malzeme kaynakları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bina biçiminin karşılaştırmalı analizini gerçekleştirirken, binaların büyüklüğü, kompaktlığı ve geometrik etkinliği değerlendirmede ele alınması gereken kriterlerdir. Geometrik etkinliği (GE=A/S), A/S (Birim ısıtılan alan başına bina kabuğu alanı) oranı ile açıklamaktadırlar **[13]**. Bekkouche, Benouaz, Cherier, Hamdani, Yaiche ve Benamrane'nin çalışması, uygun kompaktlık indeksi ve bina geometrik parametrelerinin kullanımının bina enerji tüketimini önemli ölçüde azalttığını ve bina iç sıcaklığını iyileştirdiğini açıkça göstermiştir. Binanın kompaktlığını gösteren S/V oranının (S: Bina kabuk yüzeylerinin alanı, V: Bina hacmi), yalıtım seviyesi ne olursa olsun; binaların ısıtma enerjisi ihtiyacı üzerinde önemli etkisi vardır **[14]**.

3. YÖNTEM VE KABULLER

Çalışma kapsamında aynı özelliklere sahip konut binalarının sadece bina biçimi, yönlenmeleri ve kabuk alternatifleri farklılaştırılarak; enerji maliyetlerinde meydana getirecekleri değişimler değerlendirilmiştir.

3.1. Bina Biçimlerinin Belirlenmesi

Enerji maliyetlerine yönelik mevcut çalışmalarda; bina biçimi A/V, A/S, S/V veya DDA/DA oranlarıyla değerlendirilmiştir. Bu çalışmada bina biçmi, A/V (bina dış kabuk alanı/bina hacmi) ve DDA/DA (dış duvar alanı/ döşeme alanı) oranlarıyla değerlendirilecektir. Çalışma kapsamanında yaklaşık aynı döşeme alanına, kat adedi, kat yüksekliği, dış kapı ve pencere alanına sahip, farklı bina biçimlerine sahip 4 farklı konut binası esas alınmıştır. Katında dört daire bulunan, 5 katlı konut binalarında seçilen bina biçimleri kare, dikdörtgen, yıldız biçim ve H biçimdir. Çalışmada kullanılan konut binalarının farklı bina biçimleri için özellikleri **Çizelge 1**'de verilmiştir.

3.2. Kabuk Alternatiflerinin Belirlenmesi

Konutlardaki en büyük ısı kayıpları, duvar, döşeme, çatı, pencere ve ısı köprüleri gibi yapı elemanlarından gerçekleşmektedir. Bu bölgelerde oluşan ısı kayıpları oranları yapının mimarisine, konumuna, ısı yalıtım durumuna ve kullanılan yapı malzemelerinin özelliklerine göre değişiklik göstermektedir **[15].**

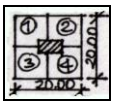
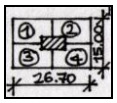
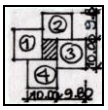
Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde duvarlar; tek bir katmandan oluşabildiği gibi; bünyesinde yalıtım malzemesi barındıran, birden fazla katmandan oluşan bir yapı elemanı olarak da ele alınabilmektedir. Yalıtım malzemeleri, su, ısı ve yangına karşı korunum sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Ülkemizde sıklıkla kullanılan yalıtım malzemelerinin lifli malzemeler ve köpüklü malzemeler olduğu görülmektedir. Lifli malzemeler; taşyünü ve camyünü gibi mineral yünleri ve ahşap yünü, köpüklü malzemeler ise; genleştirilmiş polistren köpük (EPS) ve haddeden çekilmiş polistren köpük (XPS) gibi polistren köpükler ve poliüretan köpükler olmalıdır.

Türkiye'de dış duvarlardaki yalıtım, ısı yalıtım malzemlerinin konumuna göre 4 farklı sistemde uygulanmaktadır:

- Duvarların dış yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulamaları (Mantolama)
- Duvarların iç yüzeyine yapılan ısı yalıtım uygulamaları,
- Çift duvar arası ısı yalıtım uygulamaları (Sandviç duvar),
- Havalandırmalı dış duvar yalıtım uygulamaları (giydirme cephe sistemi).

Dışarıdan yalıtım sisteminde, yalıtım binayı bir manto gibi sarmakta, ısı köprüsü oluşturmamaktadır. Dışarıdan yalıtım sisteminin maliyeti diğer sistemlere göre daha yüksek olmasına rağmen, konut gibi uzun süreli kullanılan mekanlar için en uygun sistemdir **[16].**

Çizelge 1: Çalışmada kullanılan binaların özellikleri

	Bina Biçimi (Kare)	Bina Biçimi (Dikdörtgen)	Bina Biçimi (Yıldız Biçim)	Bina Biçimi (H Biçim)
				
Kat Adedi	5	5	5	5
Toplam Daire Adedi	20	20	20	20
Kat Yüksekliği (m)	2.70	2.70	2.70	2.70
Dış Duvar Alanı (m^2) (DDA)	1,080.00	1,125.90	1,314.90	1,501.20
Döşeme Alanı (m^2) (DA)	400.00	400.50	418.90	416.32
DDA/DA	2.700	2.811	3.139	3.606
Toplam Döşeme Alanı (m^2)	2,000.00	2,002.50	2,094.50	2,081.60
Kabuk Alanı (A) (m^2)	1,880.00	1,926.90	2,152.70	2,333.84
Hacim (V) (m^3)	5,400.00	5,406.75	5,655.15	5,620.32
A/ V	0.348	0.356	0.381	0.415
Dış Duvar Alanı 1 (m^2) *(Duvar gövde malzemesi)*	553.10	573.38	702.83	836.50
Dış Duvar Alanı 2 (m^2) *(Betonarme)*	315.60	334.20	388.80	436.50
Pencere alanı (m^2)	110.50	119.20	124.15	127.40
Dış cephe kapı alanı (m^2)	100.80	99.12	99.12	100.80

Isıtma enerjisi ekonomisinde etkili olan yapma çevre değişkenlerinden bina kabuğuna ait özellikler bu çalışmada göz önünde tutulmuştur. Bina kabuğuna oluşturan yapı bileşenleri duvarlar, çatı ve zemine oturan döşemedir. Duvarda, çatıda ve zemine oturan döşemede kullanılan gövde ve yalıtım malzemelerinin değişimi ile, bina ısıtma enerjisi maliyetleri farklılaşacaktır. Yapılan çalışmada ülkemizde mevcut standart ve yönetmelikler esas alındığından; öncelikle TS 825'te **[17]** yer alan duvar, zemine oturan döşeme ve çatıda kullanabilecek malzemeler belirlenmiştir. Çatı olarak ahşap oturtma çatı kabulü yapılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak, zemine oturan döşemede 4 cm ekstüde polistren köpük (XPS), çatıda ise çatı arasında 10 cm cam yünü kullanımı olacağı düşünülmüştür. Duvar gövde malzemesi

olarak, yatay delikli tuğla ve gazbeton; duvar yalıtım malzemesi olarak ise farklı kalınlıklarda ekstrüde polistren köpük (XPS), ekspande polistren köpük (EPS) ve taşyününün kullanımıyla farklı bina kabuğu alternatifleri oluşturulmuştur. Konut gibi uzun süreli kullanılan mekanlarda daha uygun bir sistem olduğu ve buhar difüzyonu sonucunda yoğuşma olasılığı daha az olduğu için; duvarlarda yalıtım malzemelerinin dıştan kullanıldığı (mantolama yapıldığı) kabul edilmiştir. Çalışmada kullanılan bina kabuğu alternatifleri **Çizelge 2**'de görülmektedir.

Çizelge 2: Bina Kabuğu Alternatifleri

	Duvar Gövde Malzemesi	Duvar Yalıtım Malzemesi	Çatı Yalıtım Malzemesi	Zemin Döşemesi Yalıtım Malzemesi
t	19 cm tuğla	-	-	4 cm XPS
t10c	19 cm tuğla	-	10 cm camyünü	4 cm XPS
t3x10c	19 cm tuğla	3 cm XPS	10 cm camyünü	4 cm XPS
t4x10c	19 cm tuğla	4 cm XPS	10 cm camyünü	4 cm XPS
t5x10c	19 cm tuğla	5 cm XPS	10 cm camyünü	4 cm XPS
t5t10c	19 cm tuğla	5 cm taşyünü	10 cm camyünü	4 cm XPS
t5e10c	19 cm tuğla	5 cm EPS	10 cm camyünü	4 cm XPS
g	19 cm gazbeton	-	-	4 cm XPS
g10c	19 cm gazbeton	-	10 cm camyünü	4 cm XPS
g3x10c	19 cm gazbeton	3 cm XPS	10 cm camyünü	4 cm XPS
t4x10c	19 cm tuğla	4 cm XPS	10 cm camyünü	4 cm XPS
g5x10c	19 cm gazbeton	5 cm XPS	10 cm camyünü	4 cm XPS
g5t10c	19 cm gazbeton	5 cm taşyünü	10 cm camyünü	4 cm XPS
g5e10c	19 cm gazbeton	5 cm EPS	10 cm camyünü	4 cm XPS

3.3. Enerji Maliyetlerinin Hesaplanması

Türkiye, TS 825'de il merkezleri için 4 iklim bölgesine ayrılmıştır. 1. bölge ısıtma için en az enerji ihtiyacının olduğu, 4. bölge ise en fazla enerji ihtiyacının olduğu bölgeyi temsil etmektedir. Bina alternatifleri için ısıtma enerjisi ihtiyacı ve yıllık yakıt miktarları, İstanbul'un da içinde olduğu ılıman iklim bölgesi olan 2. bölge için hesaplanmıştır. Duvar alternatifleri yoğuşma açısından kontrol edilmiştir ve yoğuşma meydana gelen alternatif bulunmamaktadır. Yıllık yakıt miktarlarının belirlenmesinde "TS 825 Isı Yalıtım Hesabı" bilgisayar programı kullanılmıştır. IZODER tarafından hazırlanan bu hesap programı; "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardını ve Türkiye'nin son 20 yıllık meteorolojik verilerini esas almaktadır. Bu program kullanılarak, TS 825 "Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları" standardında tanımlanan özgül ısı kaybı ve yoğuşma tahkikine yönelik hesaplamalar yapılabilmekte ve hesaplanan değerlerle standartta tanımlanan sınır değerler karşılaştırılarak, tasarlanan binanın enerji verimliliği ile ilgili ulusal mevzuatlara uygunluğu değerlendirilmektedir. Programın temel olarak işleyişi TS 825 standardına paraleldir. Programda öncelikle standarda tabi yapı ile ilgili bilgi girişleri yapılmakta, yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ve yoğuşma hesapları yapılarak standartta belirtilen

kriterlerin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir. Tanımlanan hesap metodunda, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunur. Böylece binanın ısıl performansının gerçeğe daha yakın bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olmaktadır **[18].**
Yıllık yakıt miktarlarının belirlenmesinden sonra; binalarda yakıt olarak doğalgaz tüketildiği kabul edilerek, yıllık ısıtma enerjisi maliyetleri belirlenmiştir. Isıtma enerjisi maliyetlerinin belirlenmesinde 2016 yılı Şubat ayı İstanbul doğalgaz fiyatları **[19]** esas alınmıştır.

Farklı bina biçimlerine sahip konut binaları için, bina kabuğu ve yönlenme durumu farklılaştırılarak ısıtma enerjisi maliyetleri hesaplanmıştır. Binalarda yönlenmenin farklılaşmasıyla oluşacak güneş enerjisi kazancı ile enerji maliyetleri farklılaşacaktır. Dolayısı ile farklı DDA/DA ve A/V oranlarına sahip binalarda, binanın ana yönlere göre dört farklı yönde konumlanması ile oluşacak enerji maliyetleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Dört farklı yönlenme, binaların aynı eksen etrafında 0^0, 90^0, 180^0 ve 270^0 döndürülmesi ile elde edilmiştir. Dört farklı yönlenmedeki pencere alanlarının değerleri **Çizelge 3**'te verilmiştir.

Çizelge 3: Yönlenme Durumlarına Göre Pencere Alanları

	Kare	Dikdörtgen	Yıldız Biçim	H Biçim	Kare	Dikdörtgen	Yıldız Biçim	H Biçim
	Yönlenme 1				Yönlenme 2			
Kuzey	36.40	53.30	31.20	32.50	35.10	53.30	31.20	37.70
Güney	35.10	53.30	31.20	37.70	36.40	53.30	31.20	32.50
Batı	19.50	6.50	30.55	28.60	19.50	6.10	31.20	28.60
Doğu	19.50	6.10	31.20	28.60	19.50	6.50	30.55	28.60
	Yönlenme 3				Yönlenme 4			
Kuzey	19.50	6.10	31.20	28.60	19.50	6.50	30.55	28.60
Güney	19.50	6.50	30.55	28.60	19.50	6.10	31.20	28.60
Batı	36.40	53.30	31.20	32.50	35.10	53.30	31.20	37.70
Doğu	35.10	53.30	31.20	37.70	36.40	53.30	31.20	32.50

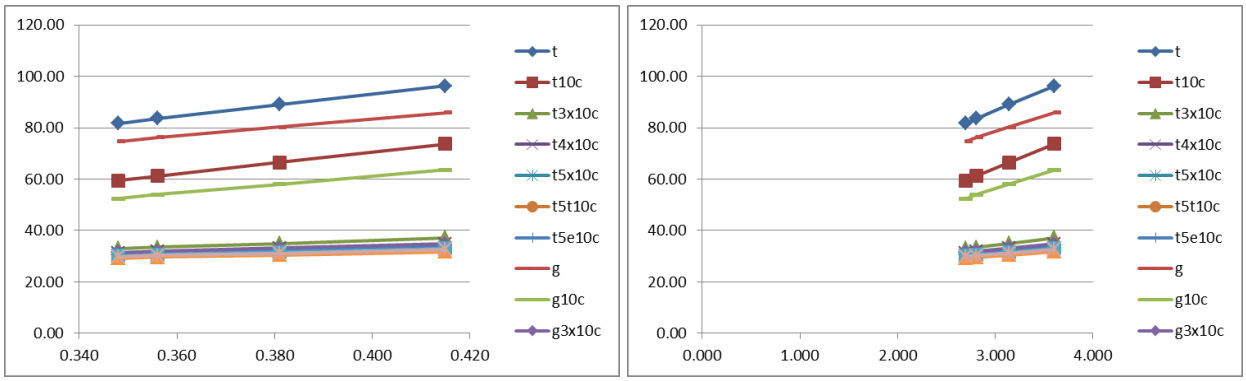
4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

M^2 başına yıllık enerji maliyetleri dört farklı bina biçmi (farklı DDA/DA ve A/V oranlarına sahip), 14 farklı bina kabuğu ve 4 farklı yönlenme durumu göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Farklı biçim (farklı DDA/DA ve A/V oranlarına) ve kabuk özelliklerine sahip binaların 4 farklı yönlenme durumunda hesaplanan m^2 başına minimum yıllık enerji maliyetleri **Çizelge 4**'te ve **Şekil 1**'de karşılaştırılmıştır. Farklı bina kabuklarına sahip dikdörtgen binanın (DDA/DA=2.811 ve A/V=0.356) m^2 başına minimum yıllık enerji maliyeti, kare binanınkinden (DDA/DA=2.700 ve A/V=0.348) %1.40 ile %3.23 arasında daha fazladır. Farklı bina kabuklarına sahip yıldız biçimli binanın (DDA/DA=3.139 ve A/V=0.381) m^2 başına minimum yıllık enerji maliyeti, kare

binanınkinden %4.04 ile %11.93 arasında; H biçimli binanınki (DDA/DA=3.606 ve A/V=0.415) ise kare binanınkinden %8.87 ile %24.14 arasında daha fazladır.
Farklı biçim (farklı DDA/DA ve A/V oranlarına) ve kabuk özelliklerine sahip binaların 4 farklı yönlenme durumunda hesaplanan m^2 başına maksimum yıllık enerji maliyetleri **Çizelge 5**'te ve **Şekil 2**'de karşılaştırılmıştır. Farklı bina kabuklarına sahip dikdörtgen binanın (DDA/DA=2.811 ve A/V=0.356) m^2 başına maksimum yıllık enerji maliyeti, kare binanınkinden (DDA/DA=2.700 ve A/V=0.348) %1.61 ile %3.30 arasında daha fazladır. Farklı bina kabuklarına sahip yıldız biçimli binanın (DDA/DA=3.139 ve A/V=0.381) m^2 başına maksimum yıllık enerji maliyeti, kare binanınkinden %4.00 ile %11.88 arasında; H biçimli binanınki (DDA/DA=3.606 ve A/V=0.415) ise kare binanınkinden %9.24 ile %24.37 arasında daha fazladır.

Çizelge 4: DDA/DA ve A/V Oranı Artışlarına Bağlı Olarak Minimum M^2 Başına Yıllık Enerji Maliyetlerinin Değişimi

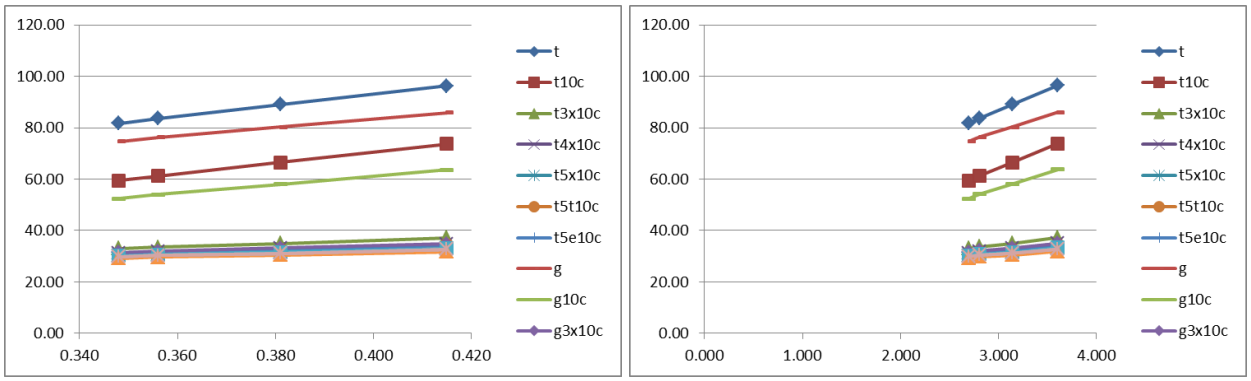
DDA/DA	2.700		2.811		3.139		3.606	
A/V	0.348		0.356		0.381		0.415	
	minimum m^2 başına yıllık enerji maliyeti (TL)	minimum göreceli m^2 başına yıllık enerji maliyeti	minimum m^2 başına yıllık enerji maliyeti (TL)	minimum göreceli m^2 başına yıllık enerji maliyeti	minimum m^2 başına yıllık enerji maliyeti (TL)	minimum göreceli m^2 başına yıllık enerji maliyeti	minimum m^2 başına yıllık enerji maliyeti (TL)	minimum göreceli m^2 başına yıllık enerji maliyeti
t	81.69	100.00	83.56	102.29	88.98	108.92	96.26	117.84
t10c	59.36	100.00	61.26	103.20	66.44	111.93	73.69	124.14
t3x10c	32.98	100.00	33.53	101.67	34.93	105.91	37.10	112.49
t4x10c	31.26	100.00	31.73	101.50	32.95	105.41	34.68	110.94
t5x10c	30.06	100.00	30.50	101.46	31.48	104.72	33.05	109.95
t5t10c	30.87	100.00	31.32	101.46	32.44	105.09	34.22	110.85
t5e10c	30.87	100.00	31.32	101.46	32.44	105.09	34.22	110.85
g	74.64	100.00	76.27	102.18	80.30	107.58	85.87	115.05
g10c	52.36	100.00	54.05	103.23	58.03	110.83	63.55	121.37
g3x10c	31.46	100.00	31.95	101.56	33.15	105.37	34.84	110.74
g4x10c	30.13	100.00	30.58	101.49	31.54	104.68	33.07	109.76
g5x10c	29.19	100.00	29.60	101.40	30.37	104.04	31.78	108.87
g5t10c	29.85	100.00	30.29	101.47	31.16	104.39	32.63	109.31
g5e10c	29.85	100.00	30.29	101.47	31.16	104.39	32.63	109.31



Şekil 1: Minimum M^2 Başına Yıllık Enerji Maliyetlerinin DDA/DA ve A/V Oranlarına Bağlı Olarak Değişimi

Çizelge 5: DDA/DA ve A/V Oranı Artışlarına Bağlı Olarak Maksimum M^2 Başına Yıllık Enerji Maliyetlerinin Değişimi

DDA/DA	2.700		2.811		3.139		3.606	
A/V	0.348		0.356		0.381		0.415	
	maksimum m^2 başına yıllık enerji maliyeti (TL)	maksimum göreceli m^2 başına yıllık enerji maliyeti	maksimum m^2 başına yıllık enerji maliyeti (TL)	maksimum göreceli m^2 başına yıllık enerji maliyeti	maksimum m^2 başına yıllık enerji maliyeti (TL)	maksimum göreceli m^2 başına yıllık enerji maliyeti	maksimum m^2 başına yıllık enerji maliyeti (TL)	maksimum göreceli m^2 başına yıllık enerji maliyeti
t	81.76	100.00	83.71	102.39	89.01	108.87	96.47	117.99
t10c	59.41	100.00	61.35	103.27	66.47	111.88	73.89	124.37
t3x10c	33.04	100.00	33.65	101.85	34.95	105.78	37.28	112.83
t4x10c	31.29	100.00	31.88	101.89	32.97	105.37	34.86	111.41
t5x10c	30.15	100.00	30.65	101.66	31.50	104.48	33.23	110.22
t5t10c	30.97	100.00	31.47	101.61	32.46	104.81	34.30	110.75
t5e10c	30.97	100.00	31.47	101.61	32.46	104.81	34.30	110.75
g	74.69	100.00	76.43	102.33	80.32	107.54	86.07	115.24
g10c	52.45	100.00	54.18	103.30	58.06	110.70	63.71	121.47
g3x10c	31.49	100.00	32.11	101.97	33.17	105.34	34.99	111.11
g4x10c	30.22	100.00	30.74	101.72	31.56	104.43	33.25	110.03
g5x10c	29.22	100.00	29.75	101.81	30.39	104.00	31.92	109.24
g5t10c	29.88	100.00	30.42	101.81	31.19	104.38	32.78	109.71
g5e10c	29.88	100.00	30.42	101.81	31.19	104.38	32.78	109.71



Şekil 2: Maksimum M^2 Başına Yıllık Enerji Maliyetlerinin DDA/DA ve A/V Oranlarına Bağlı Olarak Değişimi

Gerek **Çizelge 4** ve **Çizelge 5**'teki sayısal sonuçlar, gerekse **Şekil 1** ve **Şekil 2**'deki grafikler değerlendirildiğinde; binaların yalıtımsız veya sadece çatı yalıtımı olduğu durumlarda, DDA/DA ve A/V oranları artışının yıllık enerji maliyetlerini daha büyük oranda arttırdığı görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada, bina biçimi faktörünün enerji maliyetleri üzerinde önemli etkisi olduğu görülmüştür. Tasarım aşamasında bina biçimine (DDA/DA ve A/V oranlarına) yönelik olarak verilen kararların binaların enerji tüketimi üzerinde çok büyük etkisi bulunmaktadır. DDA/DA ve A/V oranlarının artışı ile enerji maliyetleri artmaktadır. Yönlenmedeki farklarla güneş enerjisi kazancına bağlı olarak da enerji maliyetleri farklılaşmaktadır. Ancak, bina biçimine bağlı olarak enerji maliyetlerinde meydana gelen değişimin yönlenmeden kaynaklanan enerji maliyeti değişimine oranla daha fazla olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmada DDA/DA ve A/V oranlarındaki artışa bağlı olarak, enerji maliyetlerinde %24.37'ye varan artışlar görülmüştür.

Konfor koşullarını sağlamada yapma alt sistemlerle tüketilen enerji miktarının artışına bağlı olarak; kullanılan enerji kaynaklarının azalması, bu kaynaklarda dış ülkelere bağımlı olunması, enerji tüketimi sonucu ortaya çıkan gazların insan sağlığına verdiği zararlar, hava kirliliğinin artması ve buna bağlı olarak oluşan küresel ısınma sorunları önemli hale gelmiştir. DDA/DA ve A/V oranların artışına bağlı olarak tüketilen enerji miktarının arttığı görülmektedir. Dolayısıyla tasarım kararları verilirken gerekli konfor koşullarını sağlayan, minimum enerji tüketen yapıların tasarlanması konusunda daha bilinçli davranılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. A.C. Calış, A. Tereci, U. Eicker, "Bir Ekolojik Yerleşim Örneği: Scharnhauser Park", *Yapı.* **333**, (2009). pp:48-52.

2. Environment 2010: Our Future, Our Choice A Sixth Environment Action Programme of the European Community 2001-2010. (http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/6eapbooklet_en.pdf)

3. G.C. Bakos, "Insulation protection studies for energy saving in residential and tertiary sector", *Energy and Buildings*. **3**, (2000). pp: 251–259.

4. Z. Yılmaz, Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*. **91**, (2006), pp:7-15.

5. E. Berköz, M.Ş. Kucukdoğu, Z.Y. Aygün, D. Enarun, R. Ünver, G. Kocaaslan, A.K. Yener, E. Yıldız, F. Ak, D. Yıldız, "Enerji Etkin Konut ve Yerlesme Tasarımı", TUBITAK-INTAG 201, Araştırma Raporu, Ankara, (1995).

6. U. Aksoy, M. Inalli, "Impacts of some building passive design parameters on heating demand for a cold region", *Building and Environment*. **41**(12), (2006), pp: 1742–1754.

7. E. Bostancioglu, "Effect of building shape on a residential building's construction, energy and life cycle costs". *Architectural Science Review*. **53**(4), (2010); pp: 441–467.

8. R. Gonzalo, K.J. Habermann, "Energy – efficient architecture: Basics for planning and construction", Basel: Birkhauser, (2006).

9. M. Hegger, M. Fuchs, T. Stark, M. Zeumer, "Energy manual: Sustainable architecture", Basel: Birkhauser, (2008).

10. P. Depecker, C. Menezo, J. Virgone, S. Lepers, "Design of buildings shape and energetic consumption". *Building and Environment*. **36**(5), (2001); pp: 627–635.

11. R. Ourghi, A. AlAnzi, M. Krarti, "A simplified analysis method to predict the impact of shape on annual energy use for office buildings", *Energy Conversion and Management*. **48**(1), (2007), pp: 300–305.

12. Tuhus-Dubrow, D., & Krarti, M. (2010). "Genetic-algorithm based approach to optimize building envelope design for residential buildings", Building and Environment, Vol. 45, No. 7, pp 1574–1581.

13. J. Parasonis, A. Keizikas, V. Gediminas, "The relationship between the shape of a building and its energy performance", *Architectural Engineering and Design Management*. **8**, (2012), pp: 246-256.

14. S.M.A. Bekkouche, T. Benouaz, M.K. Cherier, M. Hamdani, M.R. Yaiche, "Influence of the compactness index to increase the internal temperature of a building in Saharan climate", *Energy and Buildings*. **66**, (2013), pp: 678-687.

15. N. Karagöz, "Konutlarda Çift Duvar Arası Isı Yalıtım Uygulamalarının İncelenmesi ve Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, (2004).

16. F.Ş. Sezer, "Türkiye'de Isı Yalıtımının Gelişimi ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*. **10**(2), (2005), pp: 79-85.

17. Türk Standardı (TS 825), "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları", Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, (2008).

18. Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği (İZODER) web sitesi, www.izoder.org.tr (2011).

19. İgdaş, web sayfası, www.igdas.com.tr, Giriş tarihi: 14 Şubat 2016.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

ÇEVRESEL RENK ANALİZLERİ VE YTÜ YILDIZ KAMPÜSÜ ÖRNEKLEMESİ

Arş.Gör.Dr. Esra Küçükkılıç Özcan[a]
Prof.Dr. Rengin Ünver[b]
YTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
Yıldız, Beşiktaş, İstanbul, 34349

ÖZET

Bir yerleşim bölgesinde bilinçli ve sistemli bir yapı yüzü renk tasarımının gerçekleştirilebilmesi, konunun yalnızca tek yapı ölçeğinde değil, sokak, meydan, kent bölgesi, tüm kent gibi değişik ölçeklerde de ele alınmasına, her ölçek için doğal ve yapay çevre ile görsel algılamaya ilişkin etken ve verilerin ayrıntılı değerlendirilmesine ve bu bağlamda renksel planlamaların yapılmasına bağlıdır. Yerleşimlerde renksel planlama için yapılacak temel çalışma, o yerleşime ait çevresel verilerin, yani çevre renklerinin detaylı olarak incelenerek analiz edilmesidir. Çevresel renk analizi olarak adlandırılabilen bu incelemeler, yerleşimdeki yapı yüzlerinin yanısıra diğer kentsel elemanlar için yapılacak renksel planlama ve renk tasarımı çalışmalarında da yararlanılacak bir kaynak niteliği taşıyacak, yerleşimin doğal ve yapma çevresine ait tüm renklerinin bulunduğu bir arşiv oluşmasını sağlayacaktır. Bu bildiride yerleşimlerde renk tasarımı çalışmalarına yönelik bir yaklaşımın temel aşamaları verilmiş ve bu aşamalardan biri olan çevresel renk analizine örnek olarak Yıldız Teknik Üniversitesi Yıldız Kampüsü'nün doğal ve yapma çevre renk analizi çalışması ve sonuçları sunulmuştur.

Anahtar sözcükler: Çevresel renk analizi, Yapı yüzü rengi, Renk master planı

ABSTRACT

A conscious and systematic façade colour design in a settlement depends on considering the factors and data about natural-artificial environment and visual perception, not only for a single building but also for all scales of a settlement. In other words, a successful façade colour design in settlement scale is based on the urban colour plans. In the preparation process of urban colour plans, the basic study is analyzation of the environmental colours. These analyses which are called environmental colour analyses (environmental colour mapping), constitute a reference for the colour planning and colour design of facades and other urban elements. Also an archive which has all natural and artificial environment colours of the settlement, is developed by environmental colour analyses. In this study basic steps of an approach about the facade colour design in settlements are given and a case study on the environmental colour analyses which is one of these steps is illustrated in the natural and artificial environment of Yıldız Technical University, Yıldız Campus.

Key words: Environmental colour analyses, Façade colour, Colour master plan

[a] e-posta adresi: esrakucukkilic@gmail.com
[b] e-posta adresi: renginunver@gmail.com

1.GİRİŞ

Doğal ve yapma çevre renkleri, içinde yer aldıkları sokağın, meydanın, kent bölgesinin görünümünü büyük ölçüde etkileyerek, bunlara görsel kimlik kazandırma, kent görünümünü güzelleştirme vb. bakımlardan büyük önem taşır. Bu nedenle, bir yerleşimde bilinçli ve sistemli bir renk tasarımının gerçekleştirilmesi, konunun yalnızca tek yapı ölçeğinde değil, sokak, meydan, kent bölgesi, tüm kent gibi birbirini izleyen ölçeklerde ele alınmasına, her ölçek için doğal ve yapma çevreye ilişkin etken ve verilerin ayrıntılı değerlendirilmesine ve elde edilen bulgular doğrultusunda renksel planlamaların yapılmasına bağlıdır.

İlgili literatürde kentsel renk planlama süreci ve aşamalarına ilişkin çeşitli bilgiler yer almakla birlikte konuya bütüncül yaklaşan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu bildiride kentsel renk planlama konusunu bütüncül olarak ele alan "Yerleşimlerde Yapı Yüzü Renk Tasarımına Yönelik Bir Yaklaşım" başlıklı çalışmadan yararlanılmıştır. Söz konusu yaklaşım,

- Yerleşimin renk tasarımı yapılması öncelikli bölge (ilçe, semt, mahalle, meydan/cadde, sokak) ve yapılarının belirlenmesi,
- Kentsel bölge ve yapıların çevresel renk analizlerinin yapılması,
- Kentsel bölge ve yapıların renk algısını etkileyen özelliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi,
- Kentsel bölge ve yapılara yönelik renk önerilerinin yapılması

olarak dört temel aşamadan oluşmaktadır **[1].** Yaklaşımın birinci aşamasına yönelik bilgiler 2 ve 3 numaralı kaynaklarda yer almaktadır. Kapsamı sınırlı olan bu bildiride ise yaklaşımın "Kentsel bölge ve yapıların çevresel renk analizlerinin yapılması" aşaması ele alınmış ve konu Yıldız Teknik Üniversitesi, Yıldız Kampüsü'nün mevcut doğal ve yapma çevre renk analizi sonuçlarına yer verilerek örneklenmiştir.

2. ÇEVRESEL RENK ANALİZLERİ

Çevresel renk analizi çalışmaları bir yerleşimin doğal ve yapma çevresindeki tüm renklerin incelenmesi, belirlenmesi ve renk kartelası biçiminde tanımlanarak düzenli bir arşiv haline getirilmesi işlemleri olarak açıklanabilir. Renk analizleri, uzun yıllardır kimi ülkelerde uygulanmakta ve yerleşimlerin renk planlamaları, analizler sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. Böylece, yerleşimlerin renksel kimliğinin sürdürülebilmesi sağlanabilmektedir. Bu olgu, özellikle tarihi yapıların çoğunlukta olduğu bölgelerde yapıların özgün renklerinin korunmasını ve yeni yapıların da mevcut duruma uygun biçimde renklendirilmesini olanaklı kılmaktadır.

Literatürde renk haritalama, renk diyagramı oluşturma gibi değişik adlar da alabilen çevresel renk analizleri, yerleşimin,

- doğal çevresi (gökyüzü, yeşil öğeler/bitki örtüsü, toprak, su öğeleri vb.) ve
- yapma çevresi (yapı yüzleri ve çatıları, zemin kaplamaları, kent mobilyaları vb.)

için ayrı ayrı gerçekleştirilmelidir. Bu işlemler sırasında doğal ve yapma çevreye ilişkin bitki örtüsü, yapılar, kent mobilyaları, toplu taşıma araçları, reklam panoları, renkli aydınlatmalar vb. sabit ve geçici öğelerin renkleri de belirlenmeli ve o yerleşimin renksel kimliğine katkıları incelenmelidir. Çevresel renk analizlerinde elde edilen veriler doğrultusunda hareketli ve geçici

öğe renklerinin, yerleşimin renksel kimliğine ve o bölgede oluşan renksel algıya zarar vermeyecek biçimde belirlenmesi renk kirliliğinin önlenmesine katkı sağlayacaktır.

Mevcut doğal ve yapma çevre renklerinin belirlenmesi ve tanımlanması, yani analiz edilmesi, ele alınan yerleşimin,

- görsel çevresine ilişkin renk belleğinin/renk hafızasının oluşması,
- görsel/renksel/mimari kimliğinin korunması,
- özellikle tarihi yapıların çoğunlukta olduğu bölgelerindeki restorasyon/yenileme çalışmaları için kaynak niteliği taşıması,
- yapı yüzleri, kent mobilyaları, reklam panoları, vb. tüm elemanları için yapılacak renk tasarımları için veri oluşturması ve
- yerel yönetimleri, mimarları, renk tasarımcıları ve yapı kullanıcıları için renk tasarım ilkeleri bakımından yol gösterici olması

gibi açılardan büyük önem ve yarar taşımaktadır **[1, 4]**.

Bu bağlamda Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ), Yıldız Kampüsü'nün renk hafızası ve mimari kimliğinin korunması amacıyla mevcut doğal ve yapma çevre elemanlarını içeren bir çevresel renk analizi örneklemesi gerçekleştirilmiştir.

3. YTÜ YILDIZ KAMPÜSÜ ÇEVRESEL RENK ANALİZİ

Yerleşimlerde Yapı Yüzü Renk Tasarımı Yaklaşımı'nın ikinci aşaması olan Çevresel Renk Analizleri'ne yönelik örnekleme amaçlı çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Yıldız Kampüsü'nde yer alan yapma ve doğal çevre öğelerine ilişkin sınırlı bir analiz çalışmasıdır. Kampüs içindeki yapma çevre öğelerinin büyük bir bölümünün Osmanlı İmparatorluğu Döneminde Yıldız Sarayı yerleşimine ait tarihi yapılardan oluşması ve bunların oldukça yoğun bir yeşil alan içinde bulunması, yapı yüzü renklerinin görsel çevreye etkisinin önemini arttırmaktadır.

YTÜ Yıldız Kampüsü'nde eğitim ilk olarak 1911 yılında Kondüktör Mekteb-i Alisi ile başlamıştır. Yaklaşık 80.000 m^2 alana yayılan kampüste günümüzde Mimarlık Fakültesi, Makine Fakültesi, Milli Saraylar ve Tarihi Yapılar Meslek Yüksek Okulu, Rektörlüğe bağlı Bölümler ve Enstitüler yer almaktadır. Ayrıca, kampüste Oditoryum, İdari Birim, Kütüphane, Kreş, Banka ve Kafeterya yapıları da bulunmaktadır. Bitki örtüsü bakımından oldukça zengin olan yerleşimde çok sayıda kışın yapraklarını dökmeyen tarihi ağaçlar ve yeşil alan düzenlemeleri yer almaktadır.

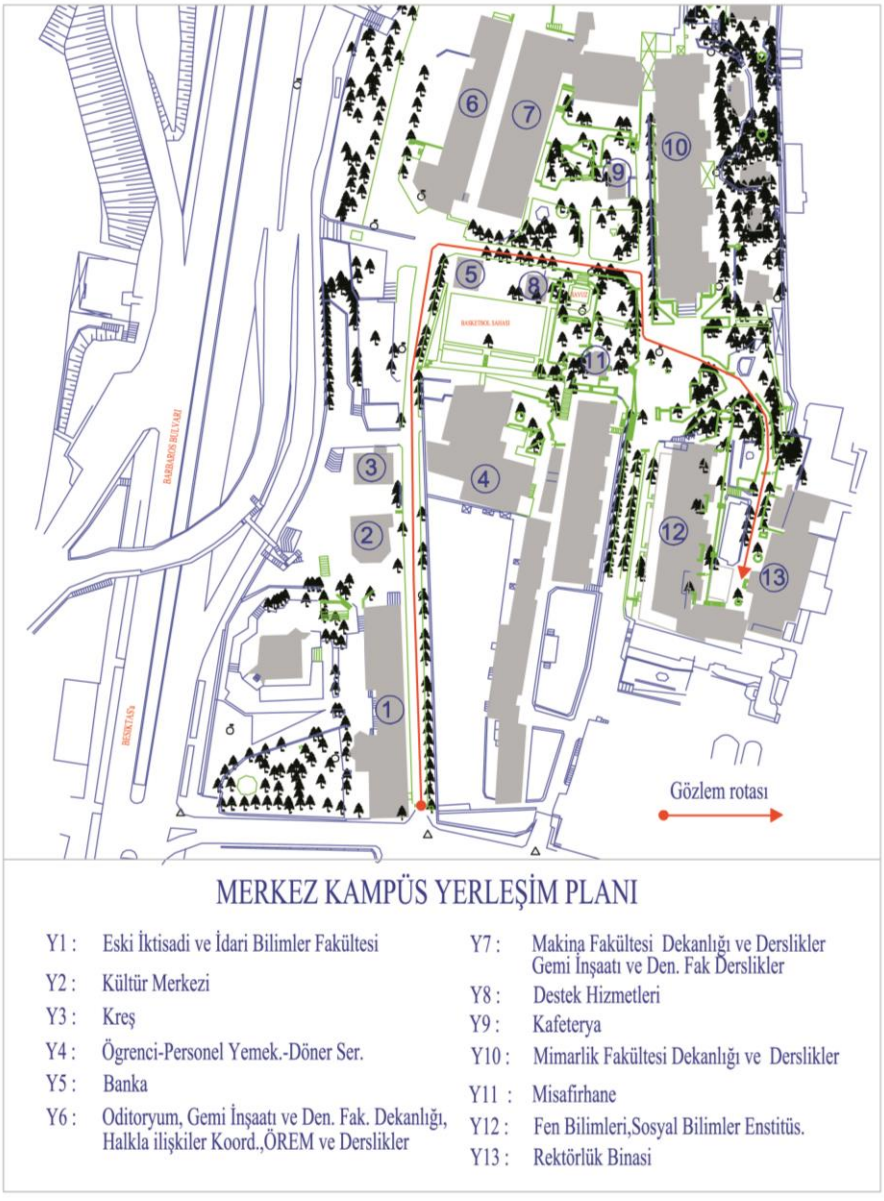
3.1. Kullanılan Çevresel Renk Analizi Yöntemi

YTÜ Yıldız Kampüsü'nün doğal ve yapma çevre öğelerinin renklerinin belirlenmesi için literatürde yaygın olarak rastlanan ve Fransız tasarımcı, renk uzmanı Jean-Philippe Lenclos'nun da kullandığı renk analiz yönteminden yararlanılmıştır **[4, 5, 6]**. Çevresel renk analizi çalışmalarının aşamaları kısaca,

- yerleşimdeki doğal ve yapma çevre elemanlarının ve renksel özelliklerinin yerinde incelenmesi, tespit edilmesi ve renkli eskiz, çizim, fotoğraf çekimi vb. yöntemlerle belgelenmesi,

- belgelenen doğal ve yapma çevre elemanlarından renk örneklerinin toplanması, bu örneklerin kayıt altına alınması ve gruplandırılması,
- gruplanan örneklerin renk eşleştirme (colour matching) veya renk ölçme (colour measurement) yöntemiyle belirli bir renk sıralama dizgesine (colour order system) göre sınıflandırılması
- tanımlanan çevresel renklere yönelik diyagram/kartela/harita vb. renkli örneklerin hazırlanması

olarak özetlenebilir **[3, 4]**.



Şekil 1: YTÜ, Yıldız Kampüsü vaziyet planı, gözlem rotası ve analiz edilen yapma çevre elemanları

Çalışmanın sınırlı kapsamı doğrultusunda kampüs içindeki çok sayıda yapıdan renk analizi yapılacak olanların belirlenebilmesi için kampüs yaya kullanıcılarının sıklıkla izlediği bir

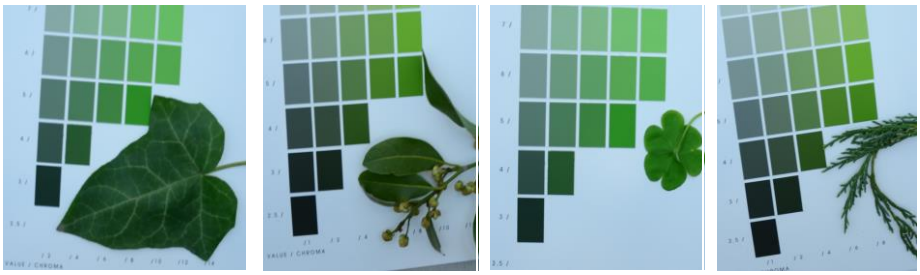
yürüyüş/gözlem rotası belirlenmiştir. Söz konusu rota kampüsün güney girişinden başlayarak yollar ve toplanma alanlarını/meydanları izlemekte ve Rektörlük Binası'nda son bulmaktadır **(Şekil 1)**. Kampüs içinde yer alan toprak, su, çiçek vb. doğal çevre elemanları, yeşil alanlara göre daha sınırlı alan kaplamaları ve rota üzerindeki görme alanına girmemeleri nedeniyle ele alınmamıştır.

3.2. Gerçekleştirilen İnceleme ve Analizler

Çalışmada gerçekleştirilen ve yöntemi Bölüm 3. 1'de verilen çevresel renk analizinin aşamaları YTÜ, Yıldız Kampüsü'nün doğal ve yapma çevresi için ayrı ayrı uygulanmıştır. Yıldız Kampüsü'nde gerçekleştirilen **doğal çevre renk analizine** yönelik olarak gözlem rotası üzerindeki doğal çevre elemanlarından yeşil alanlar 2014 yılının Mayıs-Haziran (ilkbahar- yaz mevsiminde) incelenmiş, fotoğraf çekimleri yapılarak yerinde belgelenmiş, örnekler toplanmış ve numaralandırılmıştır **(Şekil 2)**. Numaralandırılan örneklerin Munsell Renk Dizgesi (MRD) simgeleri YTÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Laboratuvarı'nda renk eşleştirme yöntemi ile belirlenmiştir **(Şekil 3, Çizelge 1).**



Şekil 2: YTÜ Yıldız Kampüsü yeşil alan örnekleri



Şekil 3: Yaprak renklerinin belirlenmesine ilişkin örnekler

Doğal çevreye ilişkin yaprak renklerinin ortalama tür, değer ve doymuşluk sayıları, aritmetik ortalama yöntemi ile hesaplanmış ve çevresel bitki rengi **35-4/5** olarak saptanmıştır.

Yıldız Kampüsü'nde gerçekleştirilen **yapma çevre renk analizine** yönelik olarak, gözlem rotası üzerindeki yapılar, kent mobilyaları, zemin ve duvar kaplamaları fotoğraf çekimleri ile belgelenmiş ve numaralandırılmıştır. Söz konusu elemanların Munsell Renk Dizgesi (MRD) simgeleri yerinde renk eşleştirme yöntemi ile açık gök koşulunda belirlenmiştir. **(Şekil 4, 5, Çizelge 2)**.

Çizelge 1: Doğal çevre elemanlarının Munsell Renk Dizgesi simgelerine örnekler

No	Bitki adı	Tür	Değer	Doymuşluk	No	Bitki adı	Tür	Değer	Doymuşluk
D1	Manolya ağacı	35	3	2	**D5**	Yaprağını dökmeyen kartopu	35	4	4
D2	At kestanesi ağacı	35	4	5	**D6**	Ateş dikeni	35	3	3
D3	Vantuzlu sarmaşık	37,5	4	4	**D7**	Yonca	35	5	8
D4	Karayemiş	35	5	5	**D8**	Çam ağacı	35	4	4



Şekil 4: YTÜ Yıldız Kampüsü yapma çevre elemanlarına yönelik örnekler



Şekil 5: Yapma çevre elemanları renklerinin belirlenmesine ilişkin örnekler

Çizelge 2: Yapma çevre elemanlarının Munsell Renk Dizgesi simgelerine örnekler

No	Yapı adı	Tür	Değer	Doymuşluk	No	Yapı adı	Tür	Değer	Doymuşluk
Y1	İkt. ve İdari Birimler	10	6	8	**Y13**	Rektörlük	20	8,5	3
Y4	Yemekhane	32,5	8	5	**DK**	Döşeme kaplaması	10	5	7
Y7	Makine Fak.	N	9	0	**ZK**	Zemin kaplaması	10	5	5
Y10	Mimarlık Fak.	10	7	6,5	**KM**	Kent Mobilyası	15	7,5	5,5
*Y7 (Makine Fak.) yapı cephesi sarmaşıklarla (37,5-4/4) kaplıdır.									

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Yıldız Kampüsü'nde yer alan yapma çevre elemanlarına yönelik yapılan analizlerde, eğitim yapıları, kültür yapıları, restoran ve kafeler vb. işleve sahip olan yapıların renginin, genel olarak 10 tür sayısındaki sarımsı kırmızının farklı değer ve doymuşluklarında olduğu saptanmıştır. Söz konusu işlevlere sahip yapıların az sayıda olan diğerlerinin rengi ise türsüzdür (gri). Yemekhane, destek hizmetleri, vb. işleve sahip yapıların renklerinin ise genel olarak açık ve az-orta doymuş 35 ya da 55 tür sayısına sahip sarı-yeşil, yeşil-mavi gibi renklerden oluştuğu belirlenmiştir. Rektörlük binası diğer yapılardan farklı olarak açık ve az doymuş 20 tür sayısındaki kırmızımsı sarı rengindedir. Kampüste yer alan duvar, döşeme kaplamaları da orta koyulukta ve orta-yüksek doymuşluktaki, 10 tür sayısına sahip sarımsı kırmızı renktedir.

YTÜ Yıldız Kampüsü'ndeki çalışmada belirlenen rota üzerindeki doğal ve yapma çevre elemanları bir bütün olarak ele alındığında yapma çevre elemanları için ağırlıklı olarak 10 tür sayısındaki sarımsı kırmızının ve doğal çevre elemanları için 35 tür sayısındaki sarı yeşilin görme alanında en büyük yer kaplayan renkler olduğu belirlenmiştir. Yani, soğuk renkli yeşil alanların içinde sıcak renkli yapı yüzü, kent mobilyası ve zemin-duvar kaplaması renkleri kullanılmıştır. Tüm bu verilerden yola çıkarak Yıldız Kampüsü günümüz doğal ve yapma çevre elemanları bir arada değerlendirildiğinde kampüste tür karşıtlığına yakın renk düzeninin var olduğu söylenebilir.

YTÜ Yıldız Kampüsü'ndeki mevcut yapı yüzü renklerinin görsel çevreye olan etkisinin belirlenebilmesi, kampüsün mimari kimliğinin korunabilmesi ve renk hafızasının oluşturulabilmesi için gerçekleştirilen çevresel renk analizi örneklemesinden elde edilen verilerden, gelecekte kampüste yapılacak renk tasarımlarında da yararlanılabilecektir. Benzer biçimde, bir kentin sokak, mahalle, semt, ilçe, tüm kent gibi birbirini izleyen ölçeklerinde gerçekleştirilecek çevresel renk analizi çalışmaları, söz konusu ölçekler için yapılacak renk planlamalarında yol gösterici olacaktır.

Bir başka anlatımla her yerleşimin kendi özellikleri ve gereksinimleri doğrultusunda gerçekleştirilecek çevresel renk analizleri, kent genelinde oluşturulacak Kentsel Master Renk

Planları'na da katkı sağlayacaktır. Sonuç olarak kentsel renk planlaması açısından renk analizlerinin önemi ve katkısı yadsınamaz bir gerçek olup yerel yönetimlerin konuyu özenle ele almaları gereklidir. Bu doğrultuda yerel yönetimler, şehir plancıları, mimarlar ve renk tasarımcılarıyla işbirliği yapmalı ve özellikle tarihi yapıların ve yerel mimari örneklerinin çoğunlukta olduğu bölgelerde çalışmalar arttırılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. E. Küçükkılıç Özcan "Yerleşimlerde yapı yüzü renk tasarımına yönelik bir yaklaşım," Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2015).

2. E. Küçükkılıç Özcan, R. Ünver, "Renk tasarımı yapılması öncelikli bölge ve yapıların belirlenmesine yönelik bir değerlendirme sistemi," *10.Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul,* (2015).

3. E. Küçükkılıç Özcan, R. Ünver, "A study on the evaluation process of facade colour parameters," AIC Midterm Meeting 2015 – Colour and Image, Tokyo, (2015).

4. E. Küçükkılıç Özcan, R. Ünver, "Çevresel renk analizleri ve gerçekleştirilen çalışmalardan örnekler," Mimar.İst Dergisi, 51, İstanbul, (2014), pp: 104-109.

5. J. Lenclos, D. Lenclos,. "Couleurs de la France", Le Moniteur, Paris, (1989).

6. J. Lenclos, D. Lenclos "Couleurs de I'Europe," Le Moniteur, Paris, (1999).

7. D. Lenclos "Colors of the World: A Geography of Color," W. W. Norton & Company, New York, (2004).

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

GÖLGELEME ELEMANLARININ BİNA ENERJİ HARCAMALARINA VE KULLANICI KONFORUNA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: ÜNİVERSİTE KAMPÜSÜNDE BİR OFİS BİNASI ÖRNEĞİ

Naciye Sena Keleş[a]
Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi
Yüksek Lisans Programı Öğrencisi
İTÜ, Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

*Sürdürülebilir ve karbon nötr kampüse sahip olmak amacıyla, Stuttgart Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'nde (Hochschule für Technik - HfT Stuttgart) Mayıs 2015 itibariyle enerji ve doğal kaynak yönetiminin iyileştirilmesi, emisyon ve atık oluşumunun azaltılması ve mevcut binaların enerji etkin yenilenmesine yönelik çalışmalar başlanmıştır**[1]**. Binalarda enerji etkinlik ve sürdürülebilirliğin sağlanmasına katkıda bulunan yapı elemanlarından biri de iç mekandaki ısıl ve görsel konforun sağlanmasında önemli rol oynayan gölgeleme elemanlarıdır. Bu seçim, ısıtma ve aydınlatma enerjisi ihtiyacını da etkilemektedir. Bu bildiride, mevcut binaların enerji etkinliklerinin arttırılması için önerilecek cephe iyileştirme çalışmalarının bir parçası olan dış gölgeleme elemanları incelenmiştir. HfT Stuttgart kampüsünde yer alan ofis binasında uygulanabilecek gölgeleme elemanı tasarımı için öneriler geliştirilmiş, enerji analizi ve termal yük hesaplamaları yapılmış, mevcut durumun bilinen değerleri ile kıyaslanmış ve sonuçları açıklanmıştır. Analizler; pencere boyutları, güneş geometrisi ve iklim verileri gibi birçok değişkenin bir arada değerlendirilebildiği, tablo ve sayısal eşitlikleri de içinde barındıran Ecotect ve EnergyPlus simülasyon programları ile gerçekleştirilmiştir.*

Anahtar sözcükler: Gölgeleme Elemanları, Cephe İyileştirilmesi, Simülasyon programları, Bina enerji performansı

ABSTRACT

The name of the paper is "Evaluation of Shading Devices Influences on Energy Consumption of Buildings and Inhabitants Comfort: An Example Of One Office Room At University Campus". Due to having sustainable and carbon zero campus, University of Applied Science of Stuttgart (Hochschule für Technik - HfT Stuttgart) started in May 2015 some researches about improvement of energy and natural sources management, reduction of emissions and renovation of existing buildings[1]. One of the most important elements for energy efficiency and sustainability is shading devices which control solar radiation at the buildings. The choice of shading devices plays a significant role in providing thermal and visual comfort of the living spaces which affect amount of heating and lighting energy. In this paper, external facade shading devices has been used to provide energy savings in existing buildings. For predefined office room which is located in HfT Stuttgart campus, solution proposals of applicable shading elements have been carried out, energy analysis and thermal load have been calculated, and the results have been compared with existing state of the office room. The analysis have been performed with simulation programs Ecotect and EnergyPlus, in which different parameters can be changed such as dimensions of windows, the geometry of Sun and the climate values.

Key words: Shading devices, Improvement of facade, Simulation programs, Building energy performance

[a] e-posta adresi: kelesn@itu.edu.tr

1.GİRİŞ

Yaşanan enerji krizleri sonucunda; enerjiyi verimli kullanma, yeni enerji kaynakları bulma, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı teknolojiler üretme gibi temellere dayanan projeler günden güne çoğalmaktadır**[2]**. Günümüzde enerji kaynaklarının giderek azalmasına bağlı olarak, yapının enerji tüketiminin en aza indirgenmesi, kullanıcılarının ısıl ve görsel performansının konfor düzeyinde tutulması önem kazanmaktadır. Almanya hükümeti inşaat sektöründe 2050 yılına kadar binalardaki enerji tasarrufunu % 80'e çıkarma hedefi oluşturmuştur**[3]**. 1990 ve 2011 yılları arasında Almanya'da birincil ve nihai enerji tüketimi sırasıyla %12 ve %8 oranında azalmıştır. İlgili enerji yoğunlukları ortalama %2.0 - 1.8 oranlarında her yıl düşmektedir**[4]**.

Yapının saydam bileşeni olan pencerelerin, enerji akışının en fazla gerçekleştiği bileşenler olması nedeniyle, ısıl performans ve enerji tüketimi üzerine olan etkisi oldukça büyüktür. Güneş ışınları, saydam yapı kabuğundan yani camdan geçerek iç hacimlere girdiğinde sera etkisi oluşturarak hacimde ısı birikmesine; yüksek aydınlık ayrımları oluşturarak görsel algılamanın zorlanmasına, eksik ya da yanlış olmasına neden olur. İç mekana ulaşan güneş ışınımları yılın sıcak dönemlerinde soğutma yükü oluşturularak iç yüzey ve ortam sıcaklıklarını yükseltmektedir. Yeni yapı tasarımında veya mevcut bir yapının iyileştirilmesi söz konusu olduğunda bilinçli davranmak gerekir. Gün içerisindeki soğutma yükleri, güneşin istenmeyen görsel ve ısıl etkileri; cephelerde gölgeleme elemanları kullanılmasıyla azaltılabilir. Binaya doğru uygulanmış bir gölgeleme elemanı, iklimlendirme sistemlerinin yükünü %50 - 79 oranında azaltabilmektedir**[5].** Bu azaltım ancak, gölgeleme elemanlarının uygun boyut ve biçimde tasarlanması ile mümkün olabilmektedir.

Binanın enerji performansını öngörmek amacıyla tasarım sürecinin çeşitli aşamalarında uygulanabilecek pek çok hesaplama yöntemi ve araç geliştirilmiştir**[6, 7]**. Bir binanın enerji analizi yapılırken; binaların ısıtılması ve soğutulması için binanın ihtiyacı olan net enerji miktarının hesaplanması; binalarda günışığı etkileri göz önüne alınarak aydınlatma enerji ihtiyacının ve tüketiminin hesaplanması gerekmektedir**[8]**.

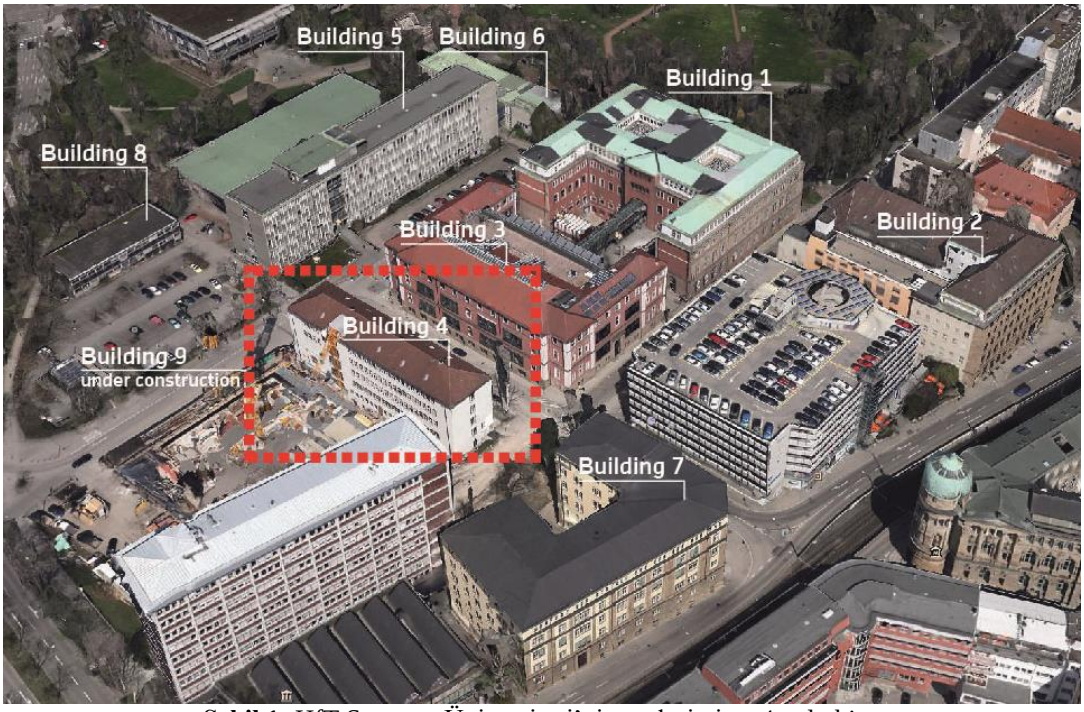
Yapılan çalışmada mevcut bir yapının ofis mekanında uygulanabilecek gölgeleme elemanı tasarımı için Ecotect ve EnergyPlus simülasyon programları kullanılarak öneriler geliştirilmiş, enerji analizleri yapılmış, mevcut durumun bilinen değerleri ile kıyaslanmıştır.

2. MEKANLARIN VE BİNANIN TANITIMI

Bu çalışmaya konu olan bina Almanya'nın Baden-Württemberg eyaletinde bulunan HfT Stuttgart Üniversitesi'ne ait 1957 tarihinde yapılmış 4 nolu bina (Building 4); İnşaat Fakültesi, Yapı Fiziği ve Ekonomi Bölümü ile maket atölyesi olarak kullanılmaktadır. Toplam 6 katlıdır. 1. Bodrum katının bir kısmı zemin toprak seviyesinin üzerinde olup, pencereleriyle doğal hava ve ışık alabilmektedir. Çalışması yapılan 4 nolu bina kampüs yerleşim planında işaretlenmiştir **(Şekil 1)**.

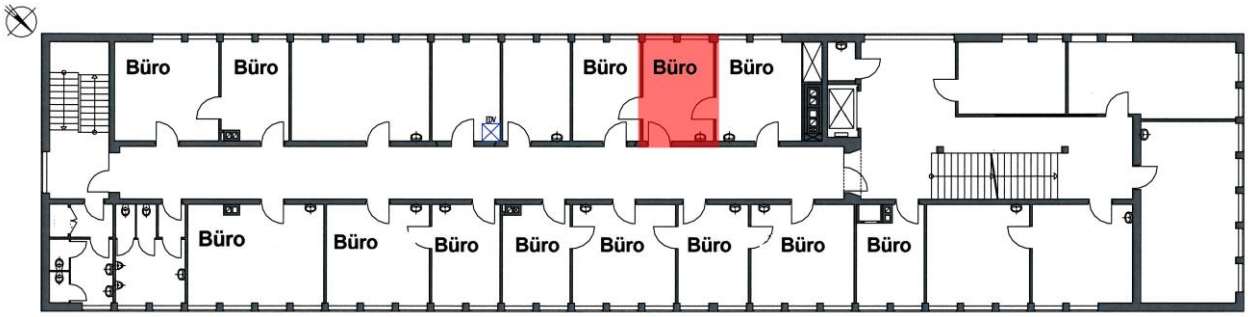
Stuttgart şehrinde sıcak ve ılıman bir iklim hakimdir. En kurak aylarda bile yağış miktarı oldukça fazladır. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Cfa (her mevsim yağışlı astropikal iklim) iklim bölgesinde bulunmaktadır. Stuttgart şehrinin yıllık ortalama sıcaklığı 16.8^{o}C 'dir. 27.6^{o}C

sıcaklıkla Temmuz yılın en sıcak ayıdır; Ocak ayında ortalama sıcaklık 4.4^{o}C olup yılın en düşük ortalamasıdır**[9]**.



Şekil 1: HfT Stuttgart Üniversitesi'nin yerleşimi ve 4 nolu bina

Çalışma alanı olan Bina 4'ün coğrafi koordinat sistemindeki yeri 48.78 enleminde ve 9.17 boylamındadır. Orta Avrupa Zaman Dilimi'nde (UTC+01:00) bulunur. Binanın uzun cephesi kuzeybatı-güneydoğu düzlemine paraleldir. Binanın ölçüleri 13 x 55 m.dir ve kat yüksekliği 3.40 m'dir. Üzerinde çalışılınan oda içerisinde 2. Katta bulunan büro mekânıdır. Ölçüleri 3,6 x 5 x 3,4 m olan ve cephesi güneybatıya bakan oda **Şekil 2**'de farklı renk ile işaretlenmiştir.



Şekil 2: Bina 4, 2. Kat planı ve uygulamanın yapıldığı oda

Binanın net zemin alanı 3,436 m²'dir. Enerji tadilatı amacıyla 1998 yılında çeşitli yenilemeler yapılmıştır. Enerji kimlik belgesine göre 113 kWh/m²a ısıtma enerjisi ve 65 kWh/m²a elektrik kullanımı vardır. Enerji kaynağı bölgesel ısıtma sistemidir. Betonarme çerçeveli yapı tuğla duvarlarla örülmüştür. Cephe sıvanmış ve boyanmıştır. Binada çift camlı ve ahşap doğramalar

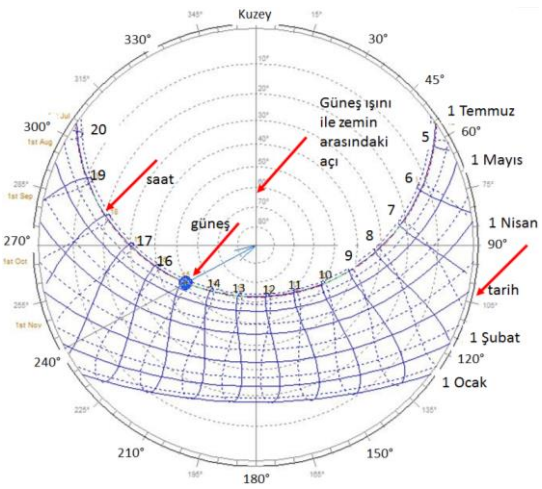
bulunmaktadır(**Şekil 3)**. Binanın dar cepheleri olan güneybatı ve kuzeydoğu cephelerinde gölgeleme elemanı bulunmamaktadır. Kuzeydoğu ve güneybatı dış cephelerinde gölgeleme elemanı olarak düşey yönde hareket eden alüminyum panjur bulunmaktadır. Mevcut elemanların iç mekan ile ilişkilerinde gölgeleme ve görsel açıdan kullanıcıların konfor koşullarına ulaşamadığı yapılan sözlü anketlerle belirlenmiştir. Panjurlar kapandığı taktirde kamaşmanın ortadan kalkmasına rağmen dış alan ile görsel ilişki kopmakta ve iç mekan aydınlık düzeyi çok düşmektedir.

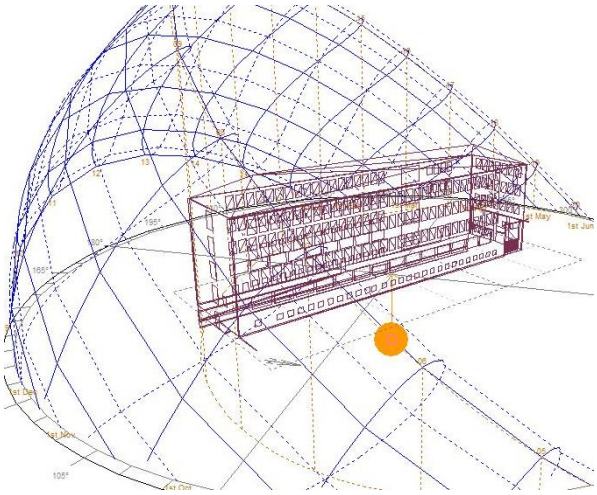


Şekil 3: Çalışması yapılan binanın fotoğrafları

3. METOT

Çalışmada gölgeleme elemanları tasarımı yapmak ve bu tasarımların enerji performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek için metotlar incelenmiştir. Enerji performans belirleme metotları; aylık ya da sezonluk metot (statik), basit saatlik metot (yarı dinamik) ve detaylı saatlik metot (dinamik) olarak üçe ayrılmaktadır. Türkiye'de zorunlu standart olan TS 825 (Binalarda Isı Yalıtım Kuralları): statik; CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers, İngiltere): yarı dinamik ve ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers): dinamik enerji performans belirleme metodlarına örnek olarak verilebilir**[10]**. Belirlenen metodları baz alan Ecotect (CIBSE) ve EnergyPlus (ASHRAE) yazılımlarının kullanımı ile ofis mekanının saydamlık oranı, yönlenme, iklim bölgesi verileri gibi özellikleri simülasyon programlarına girilerek farklı gölgeleme elemanlarının tasarımında değişen görsel ve ısıl değerler karşılaştırılmış, veriler yorumlanmıştır.





Şekil 4: Steografik diyagram,15 Temmuz, saat 15.00. **Şekil 5:** Binanın Ecotect modeli ve güneşin yörüngesi

Stereografik diyagramlar gökyüzünde güneşin değişen pozisyonunu gün ve yıl boyunca temsil etmek için kullanılır. **Şekil 4**'te, 15 Temmuz'da saat 15.00 için güneşin bir yıllık deviniminde enleme bağlı olarak yer düzlemi ile yaptığı açıların ve yörüngelerin stereografik olarak yer düzlemine yatırıldığı güneş diyagramı görülmektedir.

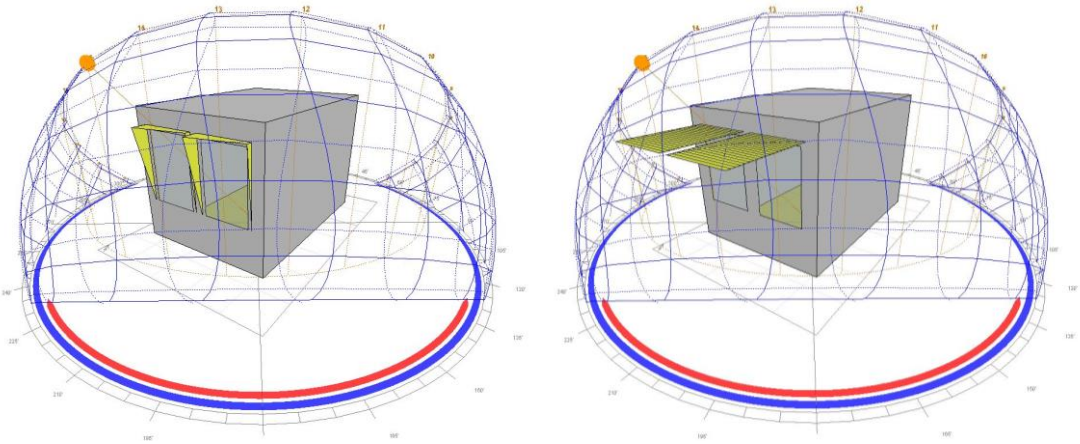
Bu kapsamda öncelikle tüm binanın modelinin Ecotect programına aktarılması ve güneş ile ilişkisinin aylara ve saatlere göre gözlemlenmesi yapılmıştır**(Şekil 5)**. Güneybatı cephesinin direkt güneş ışınlarına maruz kaldığı belirlenmiştir. Yaz aylarında güneş ışınlarının yeryüzüne dik gelmesi atmosferde daha az yol gitmesine ve enerjinin az kaybedilmesine neden olur. Yüksek enerjiyle gelen güneş ışınlarının bina içerisine girmeden engellenmesi en basit ve etkili yöntemdir. Bu enerjinin bina içine aktarılmadan engellenmesinin bir yolu dış cephede gölgeleme elemanlarının kullanımıdır.

Ecotect programı ile; optimum gölgeleme elemanı tasarımları için güneş gölge analizleri, gün ışığı faktörü ve aydınlık düzeylerine ilişkin modelleme ve alternatif strüktürlerin performans analizleri yapılabilir**[11]**. Ecotect programından elde edilen bilgiler doğrultusunda hangi tip gölgeleme elemanının binanın termal ve görsel konforuna en uygun olduğu belirlenmiştir. Bulunan sonuçların mevcuttaki durum ile kıyaslanması yapılmış ve gölgeleme elemanlarının etkinlik oranları gösterilmiştir. Malzeme, renk seçimi ve malzemenin ışık, ışınım yansıtma miktarları gibi önemli değişkenler tüm örnekler için hesaplama yaparken aynı tutulmuştur.

EnergyPlus bina ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve diğer enerji akışlarını modellemek için Amerikan Enerji Bakanlığı tarafından sürekli geliştirilmeye devam etmekte olan kapsamlı bina enerji simülasyon programıdır**[12]**. Eldeki mevcut binaya ait bilgiler ile EnergyPlus programında yapı elemanlarının detaylandırılması yapılıp, ofis mekanının yıllık harcanan ısıtma ve soğutma enerji miktarı belirlenerek analiz sonuçları yorumlanmıştır. Programın analizleri sonucunda farklı gölgeleme elemanları için yapılan hesaplamalarda yıllık ısıtma ve soğutma enerjileri arasındaki farklar gösterilerek karşılaştırılmıştır.

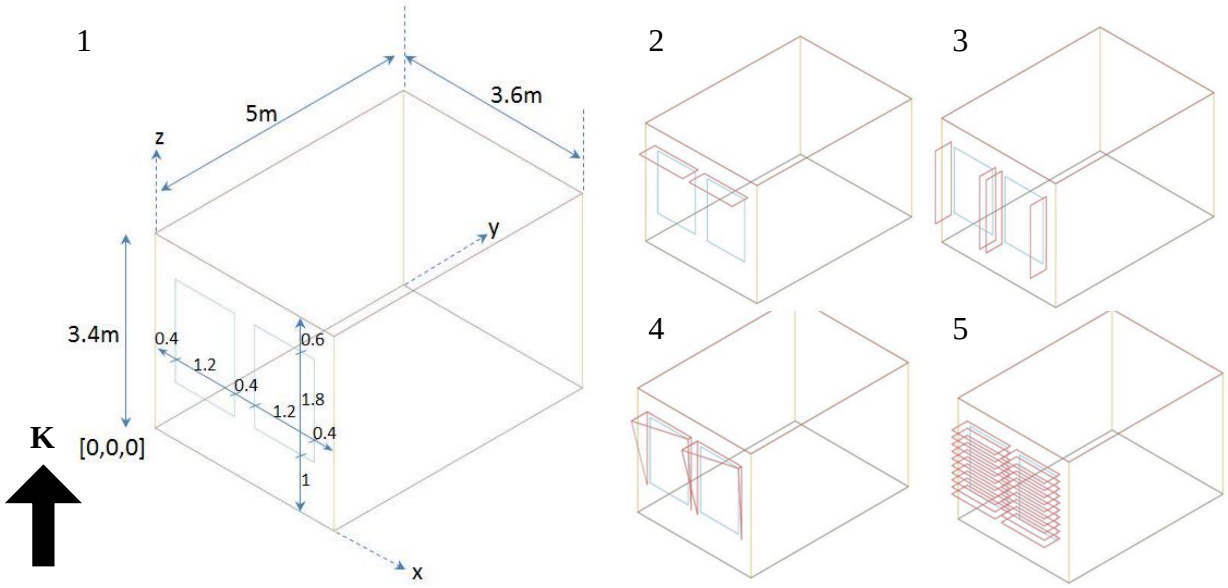
Ecotect programı ile çeşitli gölgeleme elemanları tasarlanmış ve bunların yılın farklı zamanlarındaki gölge modelleri gözlemlenmiştir. **Şekil 6**'da görülebileceği gibi Ecotect

programının mevcut binaya yaz ayları(Haziran-Ağustos) ve çalışanların binayı kullanma saatleri olan 07.00-19.00 arası için en uygun önerdiği gölgeleme elemanları, Shading Design Wizard (gölgeleme tasarım sihirbazı) kullanılarak tasarlanmıştır.



Şekil 6: Ecotect programında gölgeleme tasarım sihirbazının önerdiği gölgeleme elemanlarının modelleri

İlk modelde 3 tarafı kapalı seçim yapıldığındaki öneri görülmektedir. İkinci modelde ise yatay gölgeleme elemanı tasarımı önerisi görülmektedir. Bu tasarımdaki gölgeleme elemanı boyutu pencere üzerine eşit boyutlarda parçalanarak en uygun uygulanabilir hale getirilmiştir.



Şekil 7: Çalışması yapılan farklı gölgeleme elemanına sahip ofisler

Şekil 7'de bulunan birimler uygulama için seçilen odanın boyutlarında hazırlanmıştır. Farklı gölgeleme elemanları eklenen bu birimler üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Bir kat için hesaplanan birimin cephe genişliği 3,6m olup; yüksekliği 3,4m'dir. Cephesinde iki adet 1,2m x

1,8m ebatlarında pencere bulunmaktadır. Bu pencerelerin üzerine ayrı ayrı uygulanan 2 ve 5 numaralı birimlerdeki sabit yatay gölgeleme elemanlarının genişliği 20cm; uzunluğu ise 120cm'dir. 5 nolu birimde bu gölgeleme elemanı 10 adet, 20cm aralıklarla üstüste eklenerek uygulanmıştır. 3 nolu birimde sabit düşey gölgeleme elemanının genişliği 20cm; uzunluğu ise 180cm'dir. 4 nolu birimde sabit kafes sistemli gölgeleme elemanı kullanılmış olup pencere sol üst köşesinde bulunan genişliği 50cm'dir ve pencere alt köşelerine doğru azalma gösterip genişliği sıfırlanmıştır. Gölgeleme elemanı malzemesi 4cm genişliğinde kontrplaktır. U değeri 2,2 W/m2.K; görülebilir ışık geçirgenliği 0, güneş ışınımı soğurma değeri 0,4; rengi RGB 199,199,141 açık kahverengidir. Belirtilen bu birimlerin Ecotect ile gölge analizleri yapılmıştır. EnergyPlus'ta elde edilen enerji sonuçları gösterilmiştir.

Bina 4'e ait bir ofis binası için kullanılarak gerekli olan sayısal giriş değerleri **Çizelge 1**'de gösterilmiştir. Bu bilgiler EnergyPlus simülasyon programına aktarılmıştır.

Çizelge 1: Ofis birimi için EnergyPlus simülasyon ayarları

Ofis binası için Simülasyon ayarları				
Kullanılan bina:	Ofis binası			
Binanın kullanımı :	Hafta içi saat 7.00 ile 19.00 arası			
İnsanlardan kazanılan ısı enerjisi:	150 W/kişi,	kişi yoğunluğu: 15m2/kişi		
Aletlerden kazanılan ısı enerjisi:	10 W/m2			
Maksimum sızma akışı (infiltrasyon):	0,2 h-1 (hava değişimi)			
Yardımcı havalandırma:	Doğal havalandırma maksimum akışı: 0,8 h-1 (hava değişimi)			
Yapı detayları	U değerleri (W/m2K)	Kalınlık (m)	Yansıtma (%)	Görülebilir ışık geçirgenliği
Dış duvarlar	0,41	0,34	0,3	-
Çatı	0,41	0,36	0,3	-
Zemin Kat	0,41	0,36	0,3	-
Asma taven ve döşeme	-	0,15	0,3	-
Pencereler	1,31	0,04	-	0,55

Isıtma - zaman çizelgesi		Soğutma - zaman çizelgesi	
Yapılan aylar	Ekim - Nisan	Yapılan aylar	Mayıs - Eylül
Pazartesi - Cuma	00:00- 07:00 = 16 °C	Pazartesi - Cuma	00:00- 07:00 = Kapalı
	07:00- 17:00 = 21 °C		07:00- 18:00 = 26 °C
	17.00- 24:00 = 16 °C		00:00- 24:00 = off
Haftasonu	00:00- 24:00 = 16 °C	Haftasonu	00:00- 24:00 = off
Yaz süresince	Kapalı	Kış süresince	Kapalı

Aydınlatma çizelgesi (gün ışığı duyarlı kontrol sistemi uygulaması ile)	
Hafta içi 00:00 - 08:30 = off	Hafta sonu 00:00 - 24:00 = off
08:30 - 18:30 = on	
18:30 - 24:00 = off	

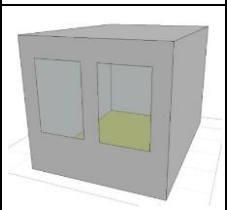
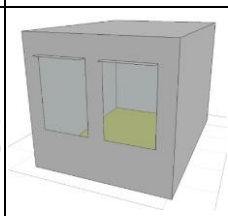
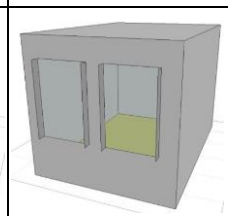
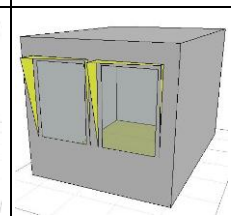
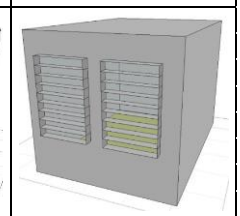
Oluşturulan ofis binasının Ekim - Nisan ayları arasında ısıtıldığı varsayılarak yıllık ısıtma; Mayıs - Eylül ayları arasında soğutulduğu varsayılarak soğutma yükleri EnergyPlus programı ile

hesaplanmıştır. Ecotect programı ile programın önerdiği en etkin gölgeleme elemanlarını içeren iki model ve mevcut durumun karşılaştırılması enerji ve aydınlatma seviye değerleri üzerinden incelenmiştir.

4. TESPİTLER

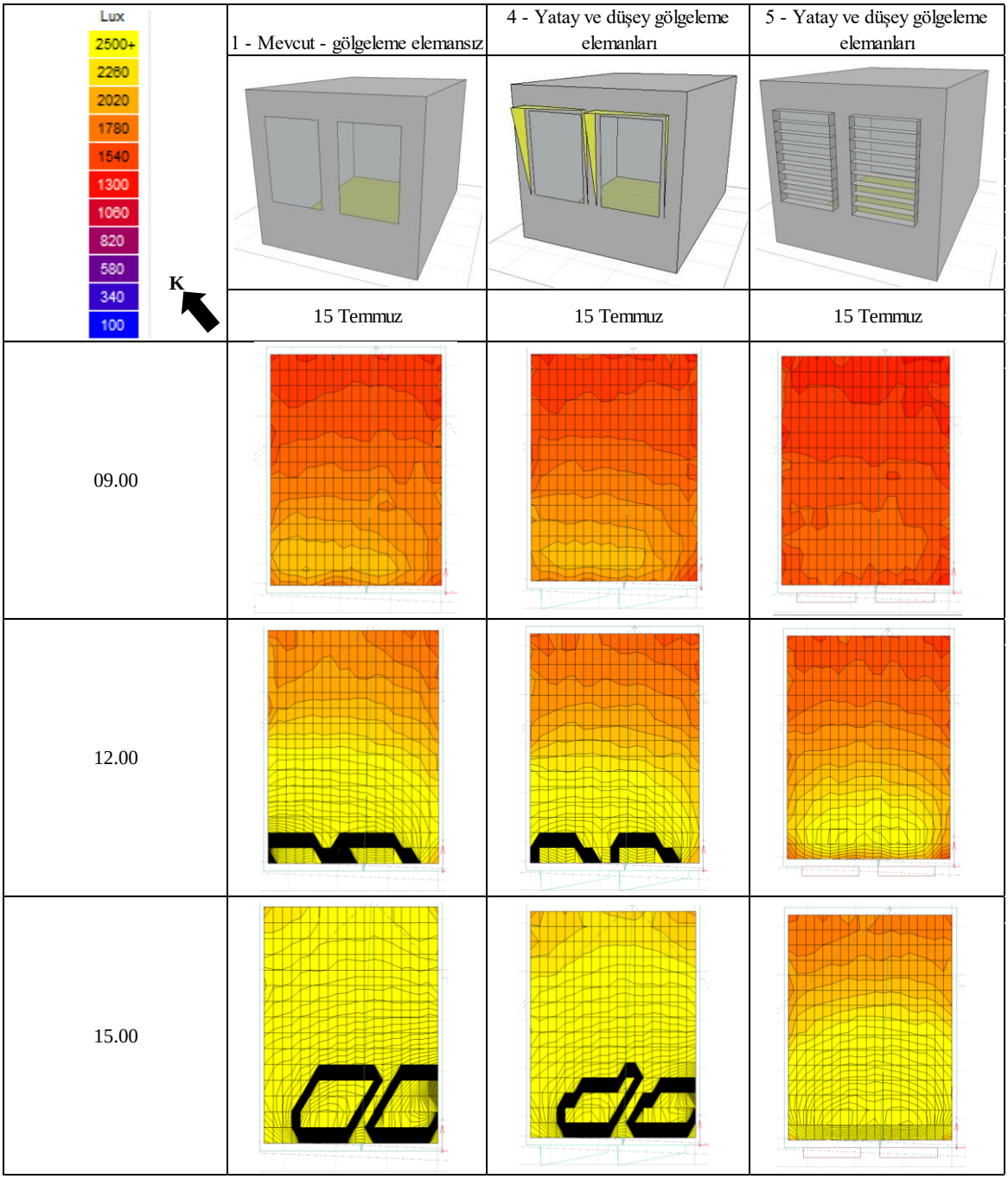
Gölgeleme elemanlarının olmadığı ve takılı olduğu pozisyonlarda pencereden kazanım ve taşınım yolu ile oluşan toplam yüklerin karşılaştırılması **Çizelge 2**'de gösterilmiştir. Veriler EnergyPlus programının simülasyon sonuçlarıdır.

Çizelge 2: Farklı gölgeleme elemanları için mekanda tüketilen yıllık enerji miktarları

	1 - Mevcut - gölgeleme elemansız	2 - Pencere üzerinde yatay gölgeleme elemanları	3 - Pencere kenarlarında düşey gölgeleme elemanları	4 - Yatay ve düşey gölgeleme elemanları	5 - Yatay ve düşey gölgeleme elemanları
Gölgeleme elemanlarının simülasyon programlarındaki modellerinin gösterilmesi					
Soğutma Enerjisi	477,3 kWh	401,8 kWh	416,5 kWh	310,8 kWh	188,9 kWh
Metrekare başına harcanan soğutma enerjisi miktari	31,82 kWh/m2	26,78 kWh/m2	27,76 kWh/m2	20,72 kWh/m2	12,59 kWh/m2
Yüzde olarak tasarruf edilen sogutma enerjisi miktari	Referans	15,83%	12,75%	34,78%	60,43%
Isıtma Enerjisi	1744,7 kWh	1750,1 kWh	1770,5 kWh	1842,1 kWh	2197,4 kWh
Metrekare başına harcanan ısıtma enerjisi miktari	116,31 kWh/m2	116,67 kWh/m2	118,03 kWh/m2	122,8 kWh/m2	146,49 kWh/m2
Yüzde olarak artan ısıtma enerjisi miktari	Referans	0,30%	1,47%	5,58%	25,94%
Yıllık enerji tasarrufu etkinliği	Referans	6,42%	4,45%	11,23%	10,00%

Çalışmada 15 m²lik zone için yukarıdaki değerler oluşmuştur. Mevcut binanın enerji kimlik belgesine göre gölgeleme elemanı olmayan birim için 113 kWh/m² ısıtma enerjisi ölçümü verisi bilgisi elimizde bulunmaktaydı. 113 kWh/m² *15=1695 Kwh hesabı ile (1744,7 Kwh) yaklaşık olarak 50 Kwh'lik bir sapmanın olduğu görülmektedir. Bu hesapla, karşılaştırması yapılan birimler için diğer verilerin de doğruluğu kabul edilmiştir. Pencere ve cephe malzemelerinin uygulamaları ve malzemeleri, ofis biriminin tekil olarak düşünülmesi; çatı ve diğer duvarların cephe duvarı olarak görülmesi gibi farklılıklardan dolayı aynı oranda enerji tüketimi

görülememektedir. Çizelge ile ısıtma enerjisinin gölgeleme elemanı alanı arttıkça arttığını; soğutma enerjisinin ise azaldığını görebilmekteyiz. Yani hiç gölgeleme elemanı kullanılmayan duruma göre yıllık maksimum %60,43'lük bir soğutma enerjisi tasarrufu sağlanmıştır. Buna karşılık, aynı örnek için %25,94'lük bir ısıtma enerjisi artışı söz konusudur. Tüm yıl için beş aylık bir soğutma (Mayıs-Eylül) ve 7 aylık ısıtma (Ekim-Nisan) zaman dilimi düşünülürse, maksimum yüzde 11,23'lük bir enerji tasarrufu söz konusudur.



Şekil 8: Seçilen gölgeleme elemanları için aydınlık seviyelerinin karşılaştırılması

Şekil 8'de aynı tarihte ve belirlenen üç farklı saate göre mevcut cephe ve farklı gölgeleme elemanları ile oluşturulan cephelere sahip mekanların yerden 80cm yükseklikteki çalışma düzlemi üzerindeki aydınlık seviyeleri farkı gösterilmiştir. En az aydınlık düzeyleri tablosu, EN 12464-1, 2011 standardına göre ofis işlevindeki CAD çalışma birimlerinde 500lüx, teknik çizim birimlerinde 750lüx düzeyinde olması gereklidir. Grafikteki aydınlatma seviyelerinden, yapay aydınlatma olmadan günün belirlenen bu saatlerinde gerekli en az aydınlatma seviyesinin üzerinde olunduğu görülmektedir. Cephenin güneybatı yönünde olması sebebiyle günün ilerleyen saatlerinde iç mekana daha fazla gün ışığı nüfuz eder. Çok yüksek ışık miktarı veya mekân içerisindeki ışık miktarının aşırı değişimi kamaşmaya neden olur. Saydam cephe elemanlarına yakın olan yüzeyde aydınlık seviyesinin yüksekliği ve kamaşmanın belli zaman aralıklarında olduğu görülmektedir. Bu tablodan da görülebileceği gibi aydınlık seviyesi, pencere cephesinden uzaklaştıkça gölgeleme elemanı kullanılan örneklerde daha çok azalmaktadır.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Karbon salımını azaltmak, sürdürülebilirliğe ulaşmak, kaynak tüketimini azaltmak veya bina ekonomisini artırmak gibi farklı birçok konuda enerji etkin bina tasarımı gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada, enerji etkin bina tasarımı konusu içinde dış gölgeleme elemanı tasarım bileşenleri ve boyutlandırma seçenekleri oluşturulmuş, bir ofis birimi için incelenmiştir. Yerleşimin enlemi ve iklim verileri doğrultusunda, bina enerji yükü hesaplama yazılımları olan EnergyPlus ve Ecotect kullanılarak gölgeleme elemanı tasarımı oluşturulmuş ve seçenekler karşılaştırılmıştır.

Yaz aylarında iç konforu sağlamak amacı ile uygulanan iklimlendirme düzenekleri, önemli ölçüde enerji tüketimine neden olmaktadır. Gölgeleme elemanlarının biçim ve yeterliliği enerji tüketimi ve iç konforu belirleyen önemli etkenler olmaktadır**[13]**. Yıl boyunca istenen gölgelemeyi yapabilen bir gölge elemanı, gün ışığını engelleyebilir veya havalanmayı kesebilir**[14, 15]**. Diğer taraftan, yaz aylarında gölgeleme sağlayan bir gölgeleme elemanı, kış aylarında da aynı gölgelemeyi yaparak, iç mekandaki ısısal konforu düşürebilir**[16, 17]**.

Ecotect ve Energyplus programlarından elde edilen bilgiler doğrultusunda güneybatı yönüne bakan ofis cephesinde bulunan (5) düşey ve çoklu yatay gölgeleme elemanlarının kullanıldığı örnekte soğutma enerjisinin en düşükte olduğu görülmüştür. Sonrasında; sırayla, yatay ve düşey kırıklı gölgeleme elemanı modeli (4), pencere üzerinde yatay gölgeleme elemanları (2); son olarak da yalnızca düşey gölgeleme elemanı (3) olan modelde binanın termal ve görsel konforuna en uygun olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada gölgeleme elemanlarının kullanıldığı bina için 5 aylık soğutma (Mayıs-Eylül) ve 7 aylık ısıtma (Ekim-Nisan) yapıldığı göz önüne alındığında 4. modelin en fazla enerji tasarrufu yapan model olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu örnek için yıllık maksimum yüzde 11,23'lük bir enerji tasarrufu söz konusudur. Sadece yaz aylarındaki performansı soğutma yükleri düşünüldüğünde 5. model en etkindir ve %60,43'lük bir soğutma enerjisi tasarrufu söz konusudur. Bununla beraber aynı model için kış aylarındaki performansında yaptığı gölgelendirme yüzünden %25,94'lük bir ısıtma enerjisi artışı söz konusudur. Bu değerlerden de anlaşılacağı üzere; en fazla gölgelemeyi sağlayan gölgeleme elemanının en verimli olmadığı, yıllık ısıtma - soğutma miktarını göz önüne alarak en doğru seçimin yapılması gerektiği ispatlanmıştır.

Cephede farklı gölgeleme elemanları olduğu durumda yerden 80cm yükseklikteki çalışma düzlemi üzerindeki aydınlık seviyeleri değişimi gösterilmiştir. Gölgeleme elemanlarının iç mekanı gölgeleme oranları arttıkça kamaşma ve aydınlık sevisi azalmaktadır.

Binaların tüm yaşam dönemi düşünüldüğünde enerji tüketimi en büyük maliyete sahip kalemlerden biridir ve enerji kullanımında yapılacak iyileştirmeler binanın yaşam dönemi masraflarının da büyük ölçüde azalmasını sağlayarak ülke ekonomisine önemli katkılarda bulunacaktır.

TEŞEKKÜR

HfT Stuttgart'ta bulunduğum süreçte bilgilerini esirgemeden yardımcı olan ve kazandırdığı farklı bakış açıları sayesinde birçok alanda katkı sağlayan değerli hocam Dr. Dilay Kesten Erhart'a ve her konuda desteğini sürekli hissettiren Süleyman Özyer'e teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. Ministry of Higher Education, Research and the Arts, "Press Release Living Labs." transformationszeitung 15th May, 2015, Erişim tarihi: 15 Kasim 2015, https://transformationszeitung.wordpress.com/2014/05/15/reallabore-in-baden-wurttemberg/
2. A. Tokuç, "Bina Enerji Benzetim Araçları Ve Seçim Ölçütleri," DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, (2009), Cilt: 5 Sayı: 3.
3. H. Amecke, J. Deason, A. Hobbs, A. Novikova, Y. Xiu, Z. Shengyuan, Buildings Energy Efficiency in China, Germany, and the United States, Climate Policy Initiative, CPI Report, (April 2013), s 14..
4. B. Schlomann, W. Eichhammer, Energy Efficiency Policies and Measures in Germany in 2012, Monitoring of EU and National Energy Efficiency Targets, Odyssee- Mure 2010, (2012), s. 1
5. S. Sciuto, Solar Control: An İntegrate Approach To Solar Control Techniques, Renewable Energy, (1998) n: 15; 368-76.
6. S. Hui, "Low Energy Building Design in High Density Urban Cities", Renewable Energy, (2001), Cilt 24, Sayı 3-4, s. 627–640.
7. P .F. A. F. Tavares, A. M. O. G. Martins "Energy Efficient Building Design Using Sensitivity Analysis," Energy and Buildings, (2007), Cilt 39, Sayı 1, s. 23–31.
8. Bayındırlık İskan Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, Binalarda Enerji Verimliliği Şube Müdürlüğü, "Binalarda enerji performansı yönetmelik, hesaplama yöntemi, referans bina ve enerji sınıflandırması, yazılım, süreçler," (Aralık 2009)
9. "İklim belgeleri," (Erişim tarihi: 20 Ocak 2016), http://tr.climate-data.org/location/129555
10. M. C. Yaman, G. Gökçen, "Statik ve Dinamik Hesaplama Metodlari ile Binalarda Enerji Performans Değerlendirmesi, Ölçüm Değerleri İle Karşılaştırılması," 9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, (2009), s 509-525
11. "Autodesk Ecotect Analysis," http://www.autodesk.com http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/
12. "EnergyPlus Energy Simulation Software," - https://energyplus.net/
13. N. S. Yüceer, "Gölge Elemanı Tasarımına Bir Yaklaşım ve Adana Örneği," Metu JFA Dergi, (2010), 27:2, s 1-13
14. E. Atabek, "Computer aided shadowing effect analysis of buildings," Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Bölümü, (1996), ODTÜ, Ankara.
15. F. ARUMI-NOE, "Algorithm for geometric contruction of an optimum shading", Automation in Construction, (1996), n: 5; 211-7.
16. A.K. Yener, "Pencerelere Uygulanan Gölgeleme Araçlarının Tasarımında Iklimsel ve Görsel Konfor Koşullarının Sağlanması Amacıyla Kullanılabilecek Bir Yaklaşım", Doktora Tezi, (1996), İTÜ FBE, İstanbul.
17. F. M. AL-SAREEF, D. J. OLDHAM, D. J. CARTER, "A computer model for predicting the daylight performance of complex paralel shading systems," Building and Environment, (2001) n: 36; 605-18.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

İLKÖĞRETİM DERSLİKLERİNDE SINIF DUVAR RENGİNİN ÖĞRENCİ DİKKATİNE ETKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Y. Mim. Fazıla Duyan[a]
Prof. Dr. Rengin Ünver[b]
Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
Beşiktaş, İstanbul, 34349

ÖZET

Derslik mekânının fiziksel özelliklerinden kaynaklanan uyartıların öğrencilerin davranış ve dikkatlerine etkileri bilinen bir gerçektir. Eğitimin başarısında ve hedeflerine ulaşmada önemli rol oynayan bu fiziksel özellikler, hacmin boyutlarının yanı sıra ısı, ses, ışık, renk gibi fizik ortam ögeleri olarak sıralanabilir. Bu bağlamda, mekânın fizik ortam ögelerinden biri olan duvar renginin, kullanıcı dikkati üzerindeki etkilerini incelemeye yönelik bir araştırma başlatılmıştır. Araştırma, iki farklı ilköğretim okulunda, 8-9 yaş grubu, 3. sınıfta eğitim gören 78 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Sınıfların duvarları için Munsell Renk Dizgesi renklerinden beş renk seçilmiş ve sırasıyla bir birini izleyen beş hafta boyunca duvarlara uygulanmıştır. Öğrenciler, her hafta farklı bir duvar rengi olmak üzere kendi sınıf ortamlarında eğitim görmüşlerdir. Öğrencilerin ders gördükleri sınıfın duvar renklerinin, dikkat düzeylerine etkisinin belirlenmesi için dikkat testi çalışması her hafta uygulanmıştır. Bu bildiride söz konusu araştırmanın yöntemi ve sonuçları sunulmuştur.

Anahtar sözcükler: Sınıf, Duvar rengi, 8-9 yaş, Öğrenci dikkati

ABSTRACT

A Study On Effect Of Classroom Wall Color On Student's Attention

It is well known-fact that stimulus causing from physical elements of a spatial affect students' behaviours and attention. These psysical elements that have important role to reach educational success are spatial dimentions shape, color, texture,and psysical environment elements such as heat, sound light and. A research project was started to investigate the effects of classroom wall color on student's attention. The research was realized with the age group of 8-9, in the two primary schools (private and state) and totally 78 students have participated. Five colors (5R 7/8, 5Y 7/8, 5G 7/8, 5B 7/8, 5P 7/8) were selected by using Munsell Color System and were painted to the classrooms' walls for five consecutive weeks. The students have had lessons under different wall color in five weeks. The attention tests were performed to students for each wall color. In this paper, the method and results of the research were presented.

Key words: Classroom, Wall color, Student's attention

[a] faziladuyan@gmail.com
[b] runver@yildiz.edu.tr

1.GİRİŞ

Fiziksel çevrenin, insan davranış ve duygularına etki eden etkenleri, mekânın biçim ve boyutu, iç yüzeylerin dokusu ve rengi, donatılar ile bunlara eşlik eden ısı, koku, aydınlatma, ses gibi fizik ortam ögeleri olarak sıralanabilir. Özellikle, kalabalık insan gruplarının yaşadığı mekânlarda, insan gibi kontrol edilmesi güç sosyal çevre faktörleri de işin içine girdiğinde, söz konusu etkenler daha da önem kazanmaktadır. İnsanların yoğun olarak bulunduğu eğitim yapıları da bu ortamlardan biridir.

Eğitim yapılarında, öğretim faaliyetinin gerçekleştiği mekânlar olan sınıfların fiziksel özellikleri, öğrenme ve öğrenmeden alınacak maksimum verim açısından büyük önem taşımaktadır. Sınıf mekânlarındaki fiziksel bileşenlerden birisi olan "sınıf duvar rengi" özellikle kapladığı alanın büyüklüğü açısından, öğrenci üzerinde davranışsal etkinin yanında bilişsel olarak da etki yapan bir elemandır. Nitekim öğrencinin verilen bilgileri almasında ve odaklanmasında, fiziksel çevrenin rolü günümüzde bir araştırma konusuna dönüşmüştür. İlgili literatürde yapılmış birçok çalışmada, iç mekân çevre rengi ve kullanıcı dikkati arasında bir ilişki olduğu vurgulanmıştır [**1, 2, 3**].

Bu bağlamda, sınıf duvar renginin öğrencilerin dikkatini nasıl etkilediği konusunda, ilköğretim düzeyi öğrencileri ile bir alan deneyi çalışması planlanmıştır. Çalışma, sosyo-ekonomik ve kültürel düzeyi birbirinden farklı iki okulda gerçekleştirilmiş ve iki konu araştırılmıştır. Bu konulardan birincisi, ilkokul öğrencilerinin sınıf duvar rengine dikkat açısından verdikleri tepkilerin, ikincisi ise, sosyo-kültürel ve ekonomik düzey farklılığı olan öğrencilerin, dikkat düzeyleri açısından, sınıf duvar rengine verdikleri tepkilerde farklılık olup olmadığının incelenmesidir. Söz konusu çalışma, YTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen "**İlköğretim Dersliklerinde Aydınlatma ve Renk Düzenlerinin Öğrenci Performansına Etkisi** " başlıklı ve "2013-03-01-DOP01" numaralı araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu bildiride, araştırmanın yöntemi, bulguları ve değerlendirme sonuçları ele alınmıştır.

2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Öğrencilerin, sınıf duvar renklerinin dikkatlerine etkisinin incelenmesini hedefleyen çalışma, biri Devlet diğeri Özel olmak üzere iki ilköğretim okulunda, 8-9 yaş grubundaki, 3. sınıf öğrencilerinin öğrenim gördükleri sınıflarda, katılımcıların doğal ortamında gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerin sosyo-kültürel ve ekonomik düzeyleri, Devlet okulunda orta-alt, Özel okulda orta-üsttür. Deneye katılacak öğrencilerde renk görme bozukluğunun olup olmadığının belirlenmesi amacıyla "Ishihara Renk Görme Testi" uygulanmıştır **[4].** Deneyin yöntemi;

- Deney mekânının deney koşullarına göre düzenlenmesi,
- Deney mekânında kullanılacak renklerin belirlenmesi,
- Öğrencilerin dikkat düzeylerinin ölçülmesi

olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

2.1. Deney Mekânının Düzenlenmesi

Bilindiği gibi, kapalı bir mekânda yer alan tüm yüzeyler (tavan, duvar, döşeme) ve donatılar (masa, sandalye, dolap vb.), gözlemcinin konumuna bağlı olarak değişik büyüklüklerde görme alanına girmekte ve çevresel renk algısını etkilemektedir. Çalışmanın temel hedefi, sınıf duvar renklerinin öğrencilerin dikkatlerine etkisinin araştırılmasıdır. Bu nedenle, deney yapılacak sınıfların, tavan, döşeme ve donatı renklerinin, duvar renklerinin algısını etkilememesi için söz konusu yüzey ve donatıların türsel açıdan renksiz (türsüz, N) ve doymuşlukları sıfır (0) olarak seçilmiştir **[5, 6]**. Bu bağlamda, sıraların üzerine orta değer ve doymuşlukta gri (N-5/0) renginde kumaş örtüler örtülmüş, dolaplar aynı gri renkteki karton ve pvc malzeme ile kaplanmıştır. Tavan beyaz/türsüz (N-9/0) renk ile boyanmıştır. Sınıflardaki yazı tahtasının beyaz/türsüz (N-8/0), perde ve döşemenin türsüz renge çok yakın olması, öğrencilerin oturduğu sandalyelerin ise küçük alan kaplamaları nedeni ile bu donatı ve yüzeylerde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Deney öncesi, sınıf duvarlarında bulunan, harita, yazı, resim gibi çeşitli görsellerin yoğunluğu, sınıf duvar renginin algılamasını etkileyeceğinden, çalışmanın uygulandığı süre içinde bu görsellerin tamamına yakını kaldırılmış, öğrenim için gerekli en az sayıdaki görsele yer verilmiştir.

Sınıflardaki mevcut aydınlatma koşullarında hem doğal hem de yapay ışıktan yararlanılmaktadır. Her iki okulda da yapay ışık, dolaysız aydınlatma biçimine sahip aygıtlarda yer alan flüoresan lambalar (*Tc*: 6500 K; Ra: 75) ile sağlanmakta olup, masa üstü mevcut ortalama aydınlık düzeyi, Özel okulda 250 lm/ m^2, Devlet okulunda 230 lm/m^2 olarak ölçülmüştür. Mevcut aydınlatma koşulları ülkemizde yürürlükte olan TSEN 12464-1'de **[7]** yer alan gereklilikleri sağlamamaktadır. Bu nedenle mevcut aydınlatma aygıtı konumları korunarak, lamba özellikleri, renk sıcaklığı Tc: 4000 K, renksel geriverim indisi Ra>80 olacak biçimde iyileştirilmiş ve masa üstünde ortalama 500 lm/m^2 aydınlık düzeyi sağlanmıştır.

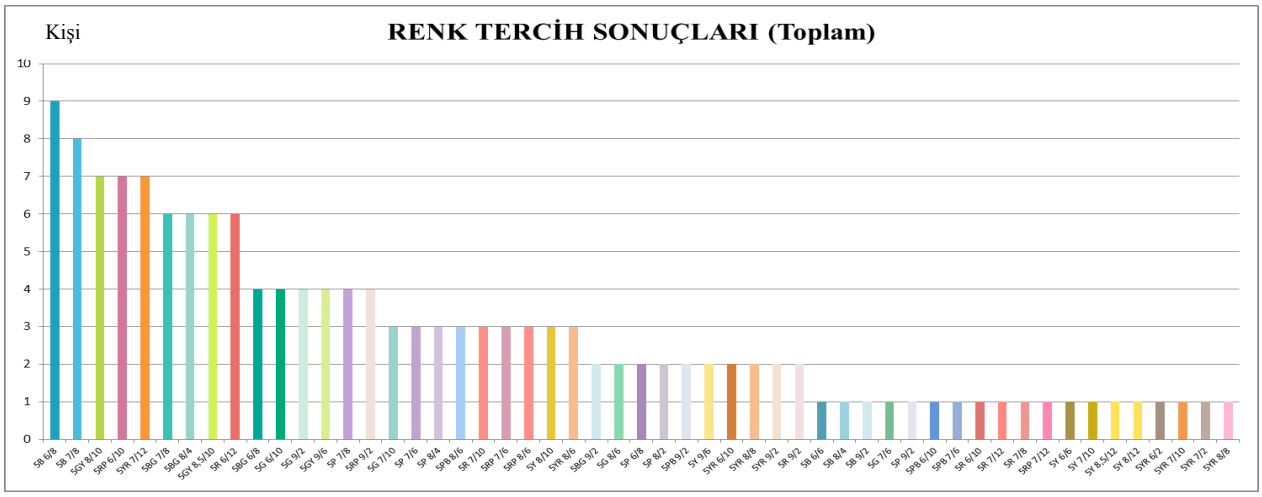
Alan deneyi olarak öğrencilerin doğal ortamı olan sınıflarında yapılması planlanan bu çalışmada, deney süresince doğal ve yapay ışıktan yararlanılmıştır. Deney yönteminin ikinci aşaması kapsamında sınıf duvarlarına uygulanacak renklerin belirlenmesi için öğrencilerin renk tercihlerine yönelik yapılan pilot çalışma ve seçilen renkler aşağıdaki bölümde ele alınmıştır.

2.2. Deney Mekânında Kullanılacak Renklerin Belirlenmesi

Deney mekânlarında kullanılacak duvar renklerinin belirlenmesi için bir pilot anket çalışması gerçekleştirilerek, öğrencilerin sınıf duvar renk tercihleri saptanmıştır **[8,9]**. Böylece, sınıf kullanıcısı olan yaş grubunun renk tercihlerinin de yapılacak deneysel araştırmada kullanılması olanaklı kılınmıştır. Renk tercihi anket çalışmasına deney grubu öğrencilerin yanı sıra 74 öğrenci daha ilave edilerek çalışmanın sonuçlarına olumlu katkı sağlanmıştır. Pilot çalışmaya Özel okuldan 71 (33 kız, 38 erkek), Devlet okulundan ise 81 (41 kız, 40 erkek) olmak üzere toplam 152 (74 kız, 78 erkek) öğrenci katılmıştır. Munsell Renk Dizgesi **[5, 6]** renklerinden yararlanılarak hazırlanan renk tercihleri belirlenme anketinde toplam 84 renk örneği kullanılmıştır (**Şekil 1**). Sınıf duvar renk tercihlerine yönelik anketler, öğrencilerin kendi sınıflarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma her denek için ortalama 15-20 dakika sürmüştür. Çevre renginin, renk örnekleri ile etkileşimi olmaması için sıraların üzerine gri (N 5/0) renkli kumaş örtü serilmiştir.



Şekil 1: Sınıf rengi seçim anketi



Şekil 2: Özel ve Devlet okulu sınıf rengi tercih sonuçları

Pilot araştırmadaki öğrenci sınıf duvar rengi tercihlerinden alınan sonuçlar dikkate alınarak deneysel çalışmada uygulanacak renklerin tür, değer ve doymuşluk boyutları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Öğrencilerin türlere karşın yönelimi **Şekil 2**'de de görüldüğü gibi çok belirgin değildir. Bu nedenle, deneysel çalışmada uygulanacak duvar renk türleri, Munsell Renk Dizgesi'ne göre birbirini eşit adımlar ile izleyen beş tür, kırmızı (5R), sarı (5Y), yeşil (5G), mavi (5B) ve mor (5P) olarak seçilmiştir.

Değer açısından öğrencilerin yönelimleri orta koyuluktaki renklere doğru olmuştur. Bu bağlamda, "TS EN 12464-1: Işık ve aydınlatma çalışma yerlerinin aydınlatması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları" standardında yer alan iç yüzey yansıtma çarpanı (r) sınırlamaları da göz önüne alınarak uygulanacak renklerin değeri "7" olarak belirlenmiştir.

Sınıf duvar rengi tercih anket sonuçlarında, deneklerin eğilimi yüksek doymuşluklara (10) doğrudur. Kapalı mekândaki ışık ve renk ilişkisi dikkate alındığında, iç yüzeylere gelen dolaysız ışığın yüzeyler arasında peş peşe yansıması ile oluşan yansışmış ışığın çok özel durumlar dışında renkli olduğu bilinmektedir. Renkli olan yansışmış ışık "renk etkileşimi" ne yol açmakta ve dolayısıyla iç yüzey renklerinin tür ve doymuşluklarında değişimler olmaktadır. Bu etkinin azaltılabilmesine yönelik en önemli önlemlerden biri de toplam iç yüzey alanı içinde büyük alan kaplayan yüzeylerin doymuşluklarının olabildiğince düşük tutulmasıdır. Kapalı mekânlarda renk etkileşiminin yol açtığı doymuşluk artışını sınırlamak adına, renklerin doymuşluk sayısının "8" olmasına karar verilmiştir.

Sonuç olarak, deney mekânında uygulanacak aynı değer ve doymuşluktaki beş renk türü belirlenmiştir. Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde bu renkler sadece tür sıfatları ile ifade edilecektir. Renklerin Munsell Renk Dizgesi simgeleri **Tablo 1**'de verilmiştir. Belirtilen duvar renkleri hafta sonu tatillerinde sınıflara uygulanmış ve öğrenciler hafta içi beş gün boyunca belli bir duvar rengi ortamında eğitimlerini sürdürmüşlerdir. Söz konusu renklere göre düzenlenmiş deney sınıfı örnekleri **Şekil 3**'deki resimlerde görülmektedir.

Tablo 1: Duvar renkleri Munsell Renk simgeleri

Duvar Rengi	TÜR	DEĞER/ DOYMUŞLUK
Kırmızı	5R	7/8
Sarı	5Y	7/8
Yeşil	5Y	7/8
Mavi	5B	7/8
Mor	5P	7/8



Şekil 3: Deney düzeneğinde sınıf

2.3. Öğrencilerin Dikkat Düzeylerinin Ölçülmesi

Çevresel rengin, deneklerin bilişsel olarak dikkat düzeylerinin ölçülmesinde, öğrencilerin yaşları ve bilişsel düzeyleri de göz önüne alınarak, hem kolay anlayabilecekleri hem de çok uzun sürelerini almayacak bir testin aracılık etmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, Bourdon Dikkat Testi'nin "harf formu" bu çalışma için uygun bulunmuştur. İki dakika süren testte, öğrencilerden

a, b, d, g harflerini bulmaları ve işaretlemeleri istenmiştir. Bourdon Dikkat Testi, deneklere her hafta uygulanarak, sınıf duvar renginin dikkate etkisi araştırılmıştır **(Şekil 4)**. Öğrencilerin, Bourdon Dikkat Testi'ne alışmalarının önlenmesi amacıyla testlerin harf sırası her hafta değiştirilmiştir. Testin değerlendirmesi, işaretlenmiş doğru harf sayısının, toplam doğru harf sayısına oranı ile hesaplanarak, yüzlük sisteme göre, öğrencinin o haftaki renge ait dikkat düzeyi puanı oluşturulmuştur. Çalışmaya Devlet okulundan bir sınıf, 34 (21 kız, 13 erkek) öğrenci, Özel Okuldan iki sınıf, 44 (18 kız, 26 erkek) öğrenci olmak üzere toplam 78 (39 kız, 39 erkek) öğrenci katılmıştır.



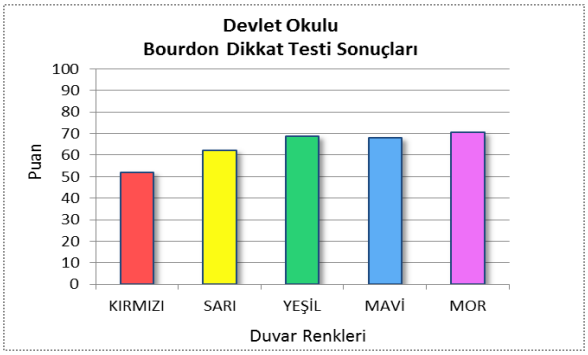
Şekil 4: Dikkat testleri uygulaması

3. DEĞERLENDİRME

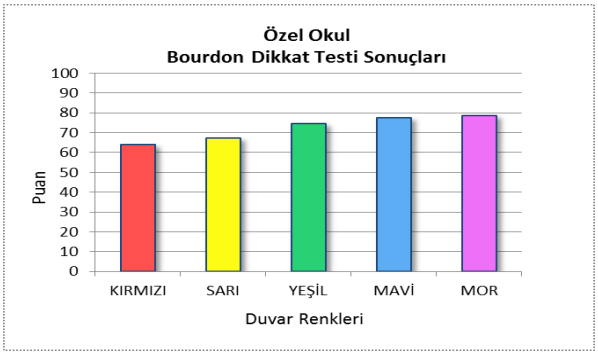
Sınıf duvar renginin öğrenci dikkat düzeyine etkisinin araştırıldığı deneyin sonuçları istatistikî açıdan değerlendirilmiştir. Deneydeki verilerin analizlerinin yapılması ve değerlendirilmesinde SPSS 10 (Statistical Program for Social Sciences) istatistik programı, Bourdon Dikkat Testi'nin (BDT) güvenirlik çalışmasında "Test tekrar test güvenirliği yöntemi" kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda elde edilen "p" değerleri (Significiance Level) çalışmanın ($p < 0,05$) güvenirlik açısından uygun olduğunu göstermektedir. **Tablo 2**'de ve **Şekil 5, 6** ve **7**'de Bourdon dikkat testinin ortalama sayısal sonuçları verilmiştir.

Tablo 2: Devlet ve Özel Okul Dikkat Testi Puanları

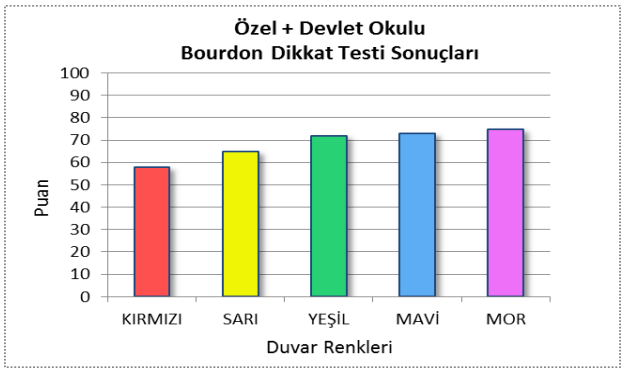
DUVAR RENGİ	HAFTA	DEVLET OKULU	ÖZEL OKUL	ÖZEL+DEVLET OKULU
KIRMIZI (5R 7/8)	1.Hafta	51,85	64,15	58,00
SARI (5Y 7/8)	2.Hafta	62,27	67,29	64,78
YEŞİL (5G 7/8)	3.Hafta	68,86	74,60	71,73
MAVİ (5B 7/8)	4.Hafta	68,13	77,41	72,77
MOR (5P 7/8)	5.Hafta	70,70	78,63	74,67



Şekil 5: Devlet Okulu dikkat testi sonuçları



Şekil 6: Özel Okul dikkat testi sonuçları



Şekil 7: Özel ve Devlet Okulu dikkat testi sonuçları

4. SONUÇLAR

İlköğretim 8-9 yaş grubu, 3. sınıf öğrencilerinin, doğal ortamlarında, sınıf duvar renginin öğrencilerin dikkat düzeylerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Dikkat testi sonuçları tüm öğrenciler göz önüne alındığında en yüksek puanın mor (5P 7/8) renkte olduğunu göstermektedir. Bunu sırasıyla mavi (5B 7/8), yeşil (5G 7/8), sarı (5Y 7/8) ve kırmızı (5R 7/8) duvar rengi izlemektedir.

- Mor, mavi ve yeşil duvar rengi için elde edilen sayısal sonuçlar sırasıyla 74.67, 72.77 ve 71.73 olup birbirine yakın değerdedir. Bu durum, söz konusu üç rengin öğrenci dikkatini hemen hemen aynı düzeyde etkilediği biçiminde yorumlanabilir.

- Kırmızı duvar rengi, tüm öğrenciler bakımından en düşük (58,00) puanın alındığı durum olmuştur. Bu olgu kırmızı rengin öğrenci dikkatini olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır.

- Özel Okul öğrencileri kırmızı duvar renginde % 23, sarı duvar renginde %8, yeşil duvar renginde % 8, mavi duvar renginde %13 ve mor duvar renginde % 13 oranında Devlet

okulu öğrencilerinden daha fazla puan almışlardır. Özel okul öğrencilerinin dikkat testi puanları duvar renklerine göre değişim göstermekle birlikte Devlet okulu öğrencilerine göre daha yüksektir. Daha açık bir anlatımla, Özel okul öğrencileri Devlet okulu öğrencilerine göre daha dikkatlidir. Ancak bu olgu, duvar renklerinin, özel okul öğrenci dikkatine göre olan sıralamasını değiştirmemektedir. Belirtilen durum, öğrencilerin sosyo-kültürel ve ekonomik yapılarının, sınıf duvar renginin öğrenci dikkat düzeyi üzerinde etkili olmadığını göstermektedir.

Gerçek ortamında sınıf duvarları boyanarak, 8-9 yaş grubu öğrencilerinin dikkat düzeylerinin ölçüldüğü bu çalışmada, duvar rengi ve öğrencilerin dikkat düzeyleri arasındaki etki araştırılmıştır. Kırmızı, sarı, yeşil, mavi ve mor olmak üzere beş farklı tür renk ile sınırlı bu çalışmada sonuçlar arasında belirgin bir fark olmamakla birlikte, öğrenciler en düşük dikkat puanını kırmızı renkli, en yüksek dikkat puanını ise mor renkli duvar rengi ortamında almışlardır.

Somut işlem döneminde ve öğrenme hızlarının çok yüksek olduğu 8-9 yaş kullanıcı grubunun, çevresel renk etkisi kapsamında, duvar rengi temel alınarak yapılmış bu ve benzeri araştırmaların eğitime katkı sağlayacağı yadsınamaz bir gerçektir. Farklı yaş grupları ve daha fazla duvar rengi kullanılarak, iç mekân duvar renginin kullanıcı üzerindeki etkilerinin araştırılması, çevre-insan etkileşimi açısından daha nesnel verilere ulaşılmasını sağlayarak mekânsal işlev doğrultusunda yaşamsal kaliteyi yükseltecektir.

KAYNAKLAR

1. R. Küller, B. Mikellides ve J. Janssens, "Color, arousal and performance-a comparasion of three experiments", *Color Research and Application*, Volume: 34, Number: 2, (2009).

2. Ç. Baytin, M. Tunbiş, "Color preferences in architectural design studios", Architectural Science Review, University of Sydney, Vol. 48. 4, December (2005).

3. N. Kwallek, C. M. Lewis, Jw.Lin-Hsiao, ve D. H. Woodsoon, "Effects of nine monochromatic office interiors", Color Research and Application, Volume: 21 Issue: 6, (1996).

4. Ishihara, Ishihara's Tests for Colour Blindness, 38 Plates Edition, 1990.

5. A.H. Munsell, A Color Notation, Munsell Color Company, Baltimore, ABD, 1971.

6. J. T. Luke, The Munsell Color System a Language for Color, Fairchild Publications, New York, 1996.

7. TS EN 12464-1, "Işık ve Aydınlatma Çalışma Yerlerinin Aydınlatması - Bölüm 1: Kapalı Çalışma Alanları", TSE, Ankara, 2013.

8. F. Duyan, R. Ünver, "Üç boyutlu ortamdaki sınıf duvar renginin çocuklar üzerindeki etkisi", ATMK 9. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, 16-19 Nisan 2015.

9. F. Duyan, R. Ünver, "Correlation between personal and classroom color preferences of children", AIC2015, Tokyo, Japonya, 19-22 Mayıs 2015.

OFİSLERDEKİ AYDINLIK DÜZEYLERİNİN KULLANICI MEMNUNİYETİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Arş. Gör. Ayşe Nihan Avcı
Yrd. Doç. Dr. İpek Memikoğlu
Çankaya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
Balgat, Çankaya, Ankara, 06530

ÖZET

Aydınlatma, doğal ve yapay ışık kaynaklarını kullanarak, mekânla kullanıcı arasındaki ilişkiyi sağlayan, bu doğrultuda mekân ve içerisindeki elemanları istenilen seviyede algılamaya uygun kılacak şekilde tasarlayan ışık uygulamalarıdır. İnsan günlük gereksinimlerini yerine getirmek, hayatını devam ettirebilmek için her zaman ışığa gerek duymuştur. Gün ışığının yetmediği zamanlarda yapay aydınlatma sistemlerinden yararlanılmıştır. Teknolojik ilerlemelerle geliştirilen teknikler, insanların kolayca kontrol edebilmesi, değişik isteklere ve atmosferlere cevap verebilmesi sebebiyle, yapay aydınlatmalar da önemli bir tasarım elemanı olarak tercih edilmektedir. Binanın konumu, içerisindeki mekânın fiziksel özellikleri (eni, boyu ve yüksekliği), mobilyalar, pencere açıklıkları v.s. aydınlatma ürünlerinin kullanımında önemli rollere sahiptirler. Bütün bu faktörler, nitel ve nicel olarak kullanıcının mekânı farklı şekillerde algılamasına yol açıp farklı duygular hissettirerek mekân ile ilişki kurmasına neden olmaktadırlar. Bu çalışmanın amacı, ofislerdeki (kapalı) doğal ve yapay aydınlatma ile elde edilmiş aydınlık düzeylerinin ölçülüp bazı anket sorularıyla desteklenerek kullanıcı üzerindeki memnuniyetini analiz etmektir. Bu bağlamda, Çankaya Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakülteleri'nde bulunan bazı akademisyenlerin ofisleri seçilmiştir. Ofislerde ölçülen değerler ile standart değerler karşılaştırılarak, elde edilen bulgular çizelgeler, resimler ve grafikler aracılığıyla sunulmuştur.

Anahtar sözcükler: Ofisler, Doğal ve Yapay Aydınlık Düzeyleri, Memnuniyet

EFFECT OF ILLUMINANCE LEVELS ON USER SATISTACTION IN OFFICES

ABSTRACT

Lighting is the application that makes correlation with user and place through natural and artificial lighting sources. It is designed to enable people to perceive space and its elements in desired levels. Human always needs light in order to maintain their lives and fulfill their daily tasks. When the natural lighting is not sufficient in the environment, artificial lighting systems is preferred to support the level of light. Because of the techniques developed with technology and the ability of easy control, artificial lighting is preferred as an important design element to respond various requests. Building location, physical properties of spaces in building, window openings, furniture, etc. have important roles in selection of lighting fixtures. As qualitative and quantitative, all of these factors leads the user perceive the environment different and they make a strong relationship between space and its user by different feelings. The aim of the study is to analyze user satisfaction towards the illuminance levels of natural and artificial lights with survey questions in offices. In this context, eight offices of academicians which are located in faculty of architecture and engineering at Cankaya University have been selected. The results compared with standard values and presented with charts, pictures and graphics.

[1]*Key words: Offices, Illuminance Levels of Natural and Artificial Lighting, Satisfaction*

e-posta adresi: nihanavci@cankaya.edu.tr
e-posta adresi: ipekmemikoglu@cankaya.edu.tr

1. GİRİŞ

Işık, bir enerji yayınımının kaynaktan çıktıktan sonra herhangi bir yere çarparak veya doğrudan yansımasıyla ortaya çıkan, dış dünya ile ilişkimizi görme duyusuyla sağlayan fiziksel bir enerjidir. Bu türlü teknik bir bilginin derinliğinde yatan önemli bir gerçek bulunmaktadır. Işık, hayata dair her şeydir. Yaşamımızın her alanında ışık vardır; temel ihtiyaçlarımızdan biridir. Var olan bütün duyularımızla çevreyi tanımlayabiliriz; fakat gözümüz ile algılamak diğerlerine nazaran daha önemli ve belirleyicidir.

Yaşam alanlarımızın görsel olarak algılanmasında olanak sağlayan en önemli faktörlerden birisi olan ışık üç şekilde mekana dahil edilmektedir: Doğal aydınlatma, yapay aydınlatma, doğal ve yapay (bütünleşik) aydınlatma. Doğal aydınlatma, güneşten çıkan gün ışığının yönü, yoğunluğu, şiddeti gibi faktörleri düşünülerek, kullanıcı konforu üzerine tasarlanan aydınlatma yöntemidir. Yapay aydınlatma, teknolojinin ilerlemesiyle geliştirilen aydınlatma ve armatürlerini kullanarak, doğal aydınlatmanın yeterli olmadığı durumlarda ilaveten kullanılan, doğal aydınlatmanın tersine denetlenebilen bir aydınlatma yöntemidir. Doğal ve yapay (bütünleşik) aydınlatma ise, ikisinin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmaktadır. Bu üç yöntemle beraber, aydınlatma sistemlerinin tasarlanması gereken mekanların (sadece ışık yayan, yansıtan veya emen yüzey ve objelere bakılmaksızın), kullanıcının fizyolojik ve psikolojik etkileri göz önünde bulundurularak, ihtiyaçlar doğrultusunda analiz edilip standartlarla birlikte düzenlenmesi gerekmektedir **[1]**.

Aydınlatma prensiplerine mekan bazında baktığımızda, ofis aydınlatması önemli bir yere sahiptir. Doğru ve kaliteli aydınlatma motive edici olduğundan, verimli çalışmayı ve memnuniyeti beraberinde getirmektedir. Ofislerde performansın ve memnuniyetin arttırılmasına yönelik çalışmalar incelendiğinde, aydınlık düzeylerinin konfor koşullarını etkileyen önemli parametrelerden biri olduğu görülmektedir **[2]**. Aydınlık düzeyinin analizi açısından baktığımızda, gün ışığının (doğal aydınlatma) yetersiz olduğu durumlarda kullanıcının ihtiyacına göre ilaveten yapay aydınlatma sistemleri kullanılarak, memnuniyeti ve performansı arttırıcı değerler elde edilmektedir **[3]**. Aydınlık düzeyleri, genellikle çalışma düzleminde, kullanıcı için ihtiyaç olan değerlere göre düzenlenmektedir. Ülkelerin standartlarını incelediğimizde; Kanada'da ofis hacimlerinde gün ışığının geldiği noktadan 3m derinliğindeki noktanın gün içindeki ortalama aydınlık düzeyi 200 lux olarak önerilmektedir **[4]**. Almanya'da ise, işin zorluğuna göre 250-500, 750-1000, 60-120 lux değerleri belirlenmiştir. CIBSE ise, ofisler için minimum 300 lux olarak belirtmiştir **[3]**. Türkiye'de ise, TS EN 12464-1 standardına göre ofislerde olması gereken en az aydınlık düzeyi 500 lux'tur **[4]**.

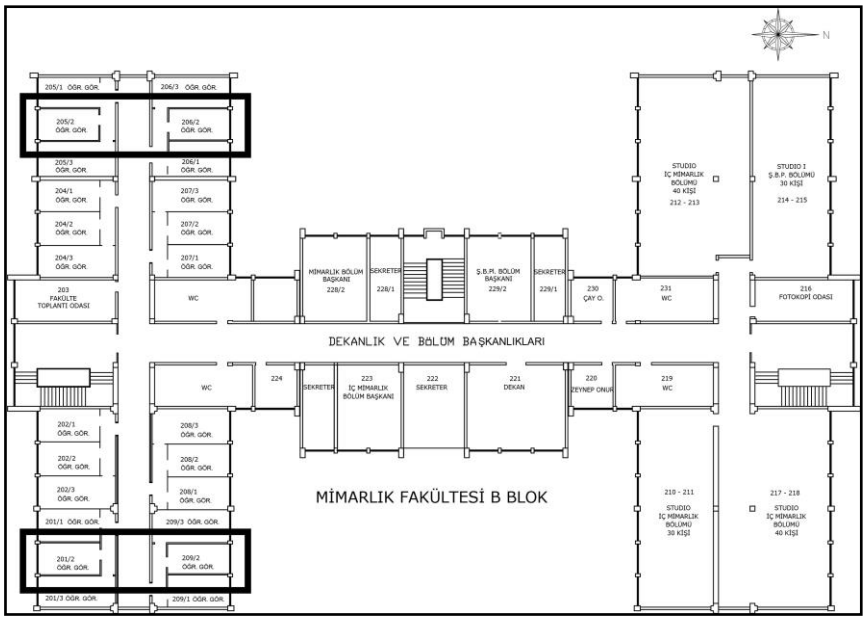
Aydınlık düzeyi, gerçek koşullar ve mevcut durumlar çeşitlilik gösterdiği için standartlarla belirtilmiş değerlerin altında ya da üstünde çıkabilir. Kullanıcının görsel konforuyla doğru orantılı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada, Çankaya Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakülteleri'ndeki bazı ofislerde kullanıcıların aydınlık düzeyiyle ilgili memnuniyeti araştırılmak istenmiştir.

2. OFİSLERİN VE BULUNDUĞU BİNALARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

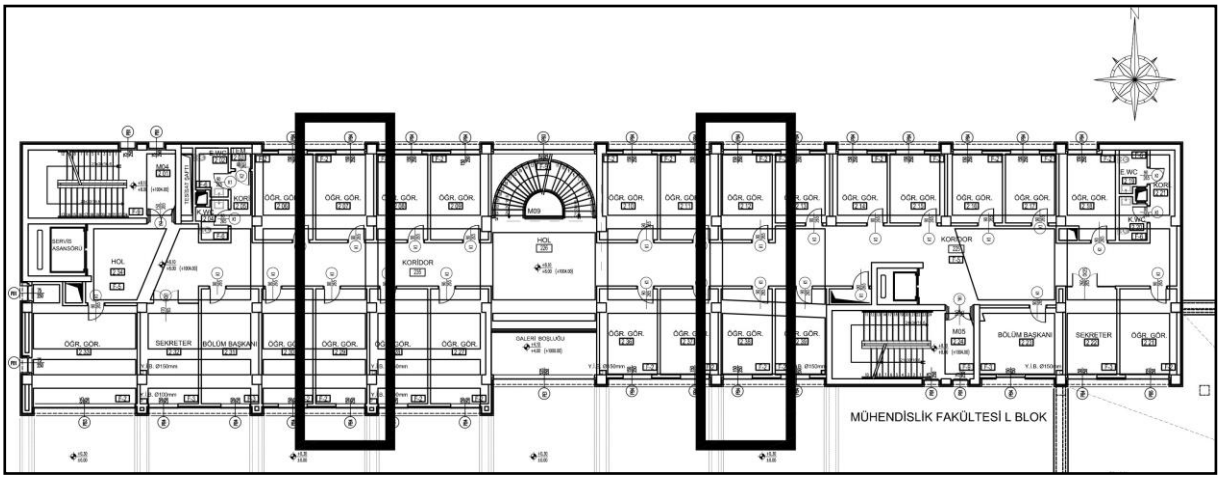
Araştırmaya konu olan Çankaya Üniversitesi'nin kampüsleri, Ankara'nın Çankaya ve Etimesgut ilçelerinde bulunmaktadır. Ölçümlerin yapıldığı Mimarlık Fakültesi Balgat'ta 39° 54' kuzey enlemi ile 32° 47' doğu boylamında; Mühendislik Fakültesi Etimesgut'ta 39° 49' kuzey enlemi ile 32° 33' doğu boylamında yer almaktadır. Ölçüm yapılan günlerde hava sıcaklıkları -4°C ile -1°C arasında değişmektedir; gökyüzü ise açıktır.

Analizi yapılan ofislere ait binaları incelediğimizde; Mimarlık Fakültesi'nin bulunduğu B blok ile diğer blok arasındaki uzaklık 9,50 m'dir. İki bloğun birbirine bu denli yakın olması, güneş ışınlarının bina içine girmesinde engel olmaktadır. Mühendislik Fakültesi'nin bulunduğu L blok, K ve M bloklar arasında yer almaktadır. K blok ile arasındaki uzaklık 74,25 m; M blok ile ise 188,50 m'dir. Bütün binaların yapım türü betonarmedir; Mühendislik Fakültesi'nin cephesinde yer yer renkli mozaikler ve güneş kırıcılar kullanılmıştır. Seçilen ofislerin dış cephesinde güneş kırıcıların olmamasına özen gösterilmiştir.

Ofislerdeki aydınlık düzeylerine bağlı olarak kullanıcı memnuniyetini analiz etmek üzere farklı yönlerde konumlanmış ofisler tercih edilmiştir. Ofislerin bina içerisindeki konumları **Resim 1** ve **Resim 2**'de plan üzerinde çerçeve ile gösterilmiştir. Mimarlık Fakültesi'nde 4 adet (stüdyoların konumu sebebiyle 2. katta 4 adet ofis seçilmiştir); Mühendislik Fakültesi'nde de 4 adet olmak üzere, toplamda 8 ofiste çalışılmıştır. Farklı kampüsler, stüdyolar ve dersliklerin konumları sebebiyle, her iki binada da aynı katlarda (2.katlar), kullanılan ölçüm yöntemlerinin paralellik göstermesi için benzer büyüklüklerde; kuzey ve güney cephelerden farklı saat dilimlerinde gelen doğal aydınlatma analizi için ise birbirinin simetriği olan ofisler tercih edilmiştir. Seçilen ofislerin yarısı kuzey; yarısı güney cepheden ışık almaktadır.

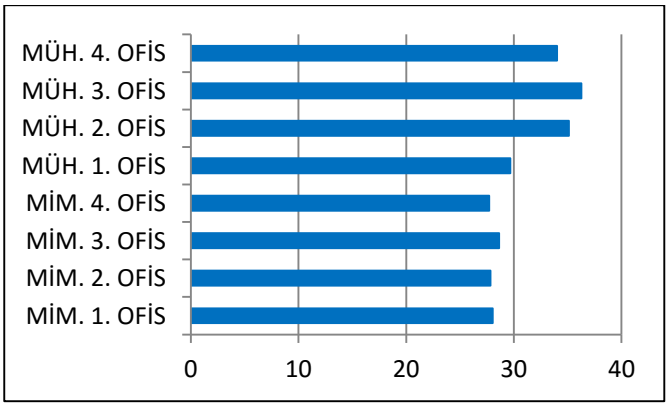


Resim 1: Mimarlık Fakültesi B Blok 2. Kat Planı



Resim 2: Mühendislik Fakültesi L Blok 2. Kat Planı

Aydınlatma türlerinden biri olan doğal aydınlatma analizi için geliştirilen temel yöntemlerden biri, pencere yüzey alanı ile iç hacim taban alanının oranlarının saptanmasıdır. **[6]** Bu oran, gerek günlük; gerekse yıllık aydınlık düzeylerinin mekana hangi düzeyde dahil edildiğini tespit etmek için kullanılmaktadır. **Tablo 1**'de pencere ve zemin alanlarının birbirine oranları gösterilmiştir. Mimarlık Fakültesi'nde ölçümü yapılan 1. ofisin alanı 12,48 m², pencere yüzey alanları 3,50 m²'dir. Pencere yüzey alanının, zemin alanına oranı %28,04'tür. 2. ofisin alanı 12,54 m², pencere yüzey alanı 3,49 m²'dir. Pencere yüzey alanının, zemin alanına oranı %27,83'tür. 3. ofisin alanı 11,91 m² pencere yüzey alanları 3,41 m²'dir. Pencere yüzey alanının, zemin alanına oranı %28,63'tür. 4. ofisin alanı 12,63 m², pencere yüzey alanı 3,50 m²'dir. Pencere yüzey alanının, zemin alanına oranı %27,71'dir. 2. ve 4. ofisler kuzey cepheden ışık almakla birlikte cephesine yakın herhangi bir bina bulunmamaktadır. 1. ve 3. ofisler ise güney cepheden ışık almaktadır; 1. ofisin penceresi diğer bloğa; diğerininse iç bahçeye bakmaktadır. Ofislerde çalışma masaların hepsi siyah; dolaplar siyah ve meşe kaplamalıdır; duvarlarda 3'er adet pano bulunmaktadır; duvar rengi beyazdır. **Resim 3**'te görseli bulunan 2'şer adet T8 floresandan oluşan 2 adet tek anahtar ile kontrol edilmektedir. Rahatsız edici düzeydeki güneş ışınlarını kısıtlamak için dikey jaluzi kullanılmaktadır.



Tablo 1: Pencere Alanlarının Zemin Alanlarına Oranı



Resim 3: Mimarlık Fakültesi'ndeki Ofislerde Bulunan Floresan Lambalı Armatür

Mühendislik Fakültesi'nde ölçümü yapılan 1. ofisin alanı 11,79 m²; pencere yüzey alanı 3,50 m²'dir. Pencere yüzey alanının, zemin alanına oranı %29,68'dir. 2. ofisin alanı 10,00 m²; pencere yüzey alanı 3,51 m²'dir. Pencere yüzey alanının, zemin alanına oranı %35,10'dur. 3. ofisin alanı 11,63 m²; pencere yüzey alanları 3,51 m²'dir. Pencere yüzey alanının, zemin alanına oranı %30,18'dir. 4. ofisin alanı 12,50 m²; pencere yüzey alanı 3,50 m²'dir. Pencere yüzey alanının, zemin alanına oranı %28'dir. 2. ve 4. ofisler kuzey cepheden; 1. ve 3. ofisler ise güney cepheden ışık almaktadır. Ofislerde masaların hepsi beyaz; dolaplar beyaz, 1'er adet yazı tahtası bulunmaktadır; duvar rengi beyazdır. **Resim 4**'te görseli bulunan 4 adet T5 floresan lambalı sıva üstü floresan armatürlerden 2 adet olup çift anahtar ile kontrol edilmektedir. Rahatsız edici düzeydeki güneş ışınlarını kısıtlamak için dikey jaluzi kullanılmaktadır.



Resim 4: Mühendislik Fakültesi'ndeki Ofislerde Bulunan Floresan Lambalı Sıva Üstü Armatür

Tablo 2'de, yukarıdaki bilgiler özetlenmiş, ofislerin iç görüntüleri, hangi cephede bulunduklarına dair dış görüntüleri, taban ve pencere alanları ile pencere ve taban alanlarının birbirine oranları verilmiştir.

	FAKÜLTE	CEPHE YÖNÜ	DIŞ CEPHE GÖRSELİ	TABAN ALANI (M2)	PENCERE YÜZEY ALANI (M2)	PENCERE YÜZEY ALANININ TABAN ALANINA ORANI (%)	OFİS GÖRSELİ
1. OFİS	MİMARLIK	GÜNEY		12,48	3,5	28,04	
2. OFİS	MİMARLIK	KUZEY		12,54	3,49	27,83	
3. OFİS	MİMARLIK	GÜNEY		11,91	3,41	28,63	
4. OFİS	MİMARLIK	KUZEY		12,63	3,5	27,71	
1. OFİS	MÜHENDİSLİK	KUZEY		11,79	3,5	29,68	
2. OFİS	MÜHENDİSLİK	GÜNEY		10	3,51	35,1	
3. OFİS	MÜHENDİSLİK	KUZEY		11,63	3,51	30,18	
4. OFİS	MÜHENDİSLİK	GÜNEY		12,5	3,5	28	

Tablo 2: Ofislerin Genel Özellikleri

3. YÖNTEM

Çankaya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde 4 adet, Mühendislik Fakültesi'nde 4 adet, toplamda 8 adet ofiste aydınlık düzeyi ile ilgili ölçüm yapılmıştır. " CIBSE Ölçüm Yöntemi" uygulanarak ve yerden 80cm yükseklikte farklı noktalarda ölçülmüştür **[4]**. Oda indeksi formülünden yararlanılarak, kaç farklı noktada aydınlık düzeyi ölçümü yapılması gerektiği hesaplanmıştır **[4]**. Her ofiste, 3 farklı noktadan ölçüm yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Ölçümlerde, gölge düşebilecek noktalardan kaçınılmıştır.

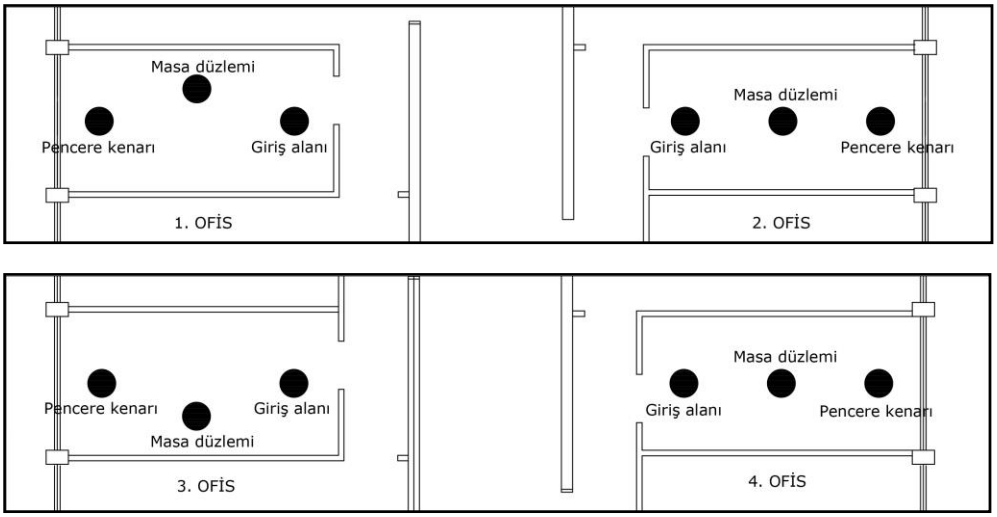
$$\text{Oda İndeksi (K)} = \frac{LxW}{H\,(L + W)}$$

L: İç Hacim Derinliği

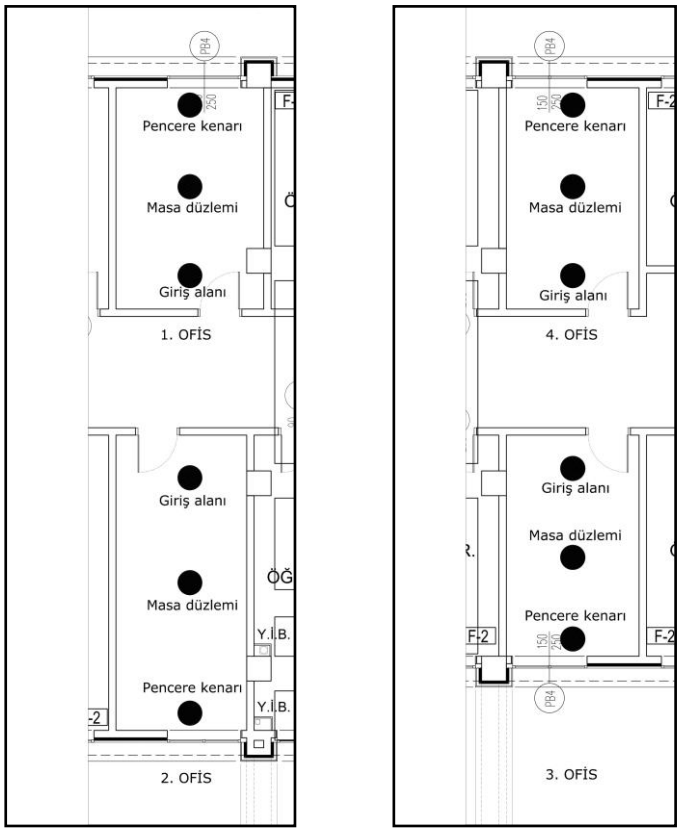
W: İç Hacim Genişliği

H: İç Hacim Yüksekliği

Aydınlık düzeylerine ait ölçümler 26.01.2016 – 28.01.2016 tarihleri arasında; 26 Ocak'ta Mimarlık Fakültesi'nde; 27-28 Ocak'ta ise Mühendislik Fakültesi'nde yapılmıştır. 10:00 – 10:30, 13:00 – 13:30 ve 16:00 – 16:30 saat aralıklarında yapılmış olup belirlenen ölçüm noktaları **Resim 5** ve **Resim 6**'da gösterilmiştir. Gün içerisinde 3 farklı saat aralığının seçilmesindeki amaç, doğal, doğal ve yapay (bütünleşik) aydınlatma düzeylerinin tespit edilmesidir. Ölçümler mesai saatleri (09:00 – 17:00) içinde yapıldığı için, sadece yapay aydınlatmalara ait aydınlık düzeyleri ölçülememiştir. Ölçümleri değerlendirilmesi açısından birbirine yakın metrajlı ve simetrik ofisler seçilmiştir. Aydınlık düzeyleri "TES 1332A" model dijital lüksmetre ile ölçülmüştür.



Resim 5: Mimarlık Fakültesi'ndeki Ofislerde Ölçüm Yapılan Noktalar



Resim 6: Mühendislik Fakültesi'ndeki Ofislerde Ölçüm Yapılan Noktalar

Aydınlık düzeylerinin ölçülmesinin yanısıra, anket çalışması da yapılmıştır. Anket 3 bölüme ayrılmıştır. 1. bölüm 2 sorudan oluşmaktadır ve hava koşullarını incelemektedir. 2. bölümde 13 soru bulunmaktadır ve ofislerin fiziksel özellikleri ile ilgili sorular yer almaktadır. Bu bağlamda ofislerin alanı, bina ve kat içerisindeki konumu, mobilyalar, doğal ve yapay aydınlatmadan nasıl yararlanıldığını içeren sorulardan oluşmaktadır. 3. bölümde ise 10 soru vardır; kullanıcı profili, doğal ve yapay aydınlatma ile ilgili memnuniyet derecelerini içeren sorular bulunmaktadır **[5]**. Gün içerisinde genel olarak doğal ve yapay aydınlatma ile ilgili değerlendirme yapmaları istenmiştir.

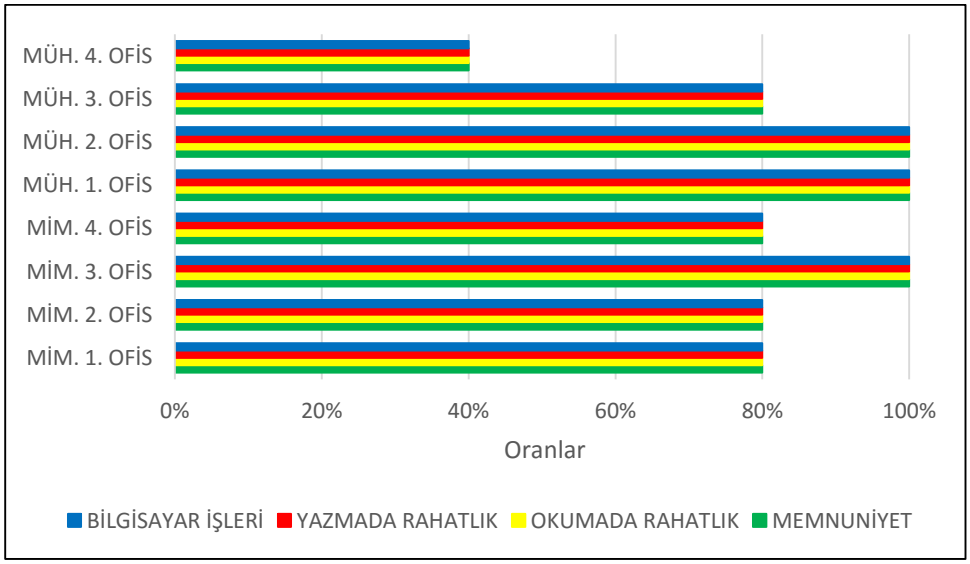
Memnuniyeti ölçen sorular doğal, doğal ve yapay aydınlatmanın sebep olduğu aydınlık düzeylerinin memnuniyeti üzerine düzenlenmiş ve 5 dereceli Likert ölçeğinden yararlanılmıştır **[6, 7]**.

4. DEĞERLENDİRME

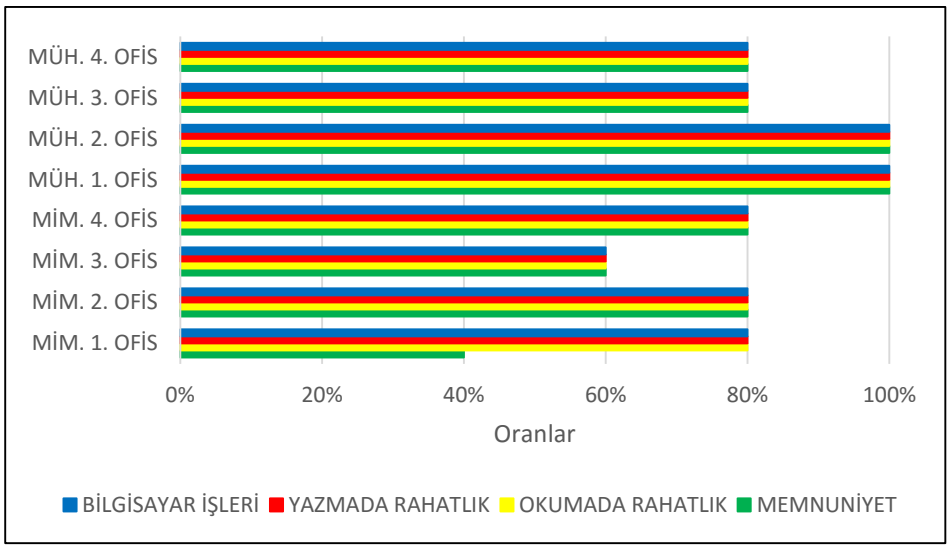
Bu çalışmada, ofislerdeki aydınlık düzeylerinin kullanıcı memnuniyeti üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Araştırma süresince, aydınlık düzeyleri ölçülmüş; bununla birlikte yapılan işlerle ilgili memnuniyetlerini değerlendirmeleri istenmiştir.

Anketin 3. bölümünde, çalışma masalarının ofis içerisindeki yerleştirilme sebebi, doğal, doğal ve yapay (bütünleşik) aydınlatma düzeylerinin kullanıcı memnuniyeti ile ilgili sorular sorulmuştur. Mimarlık Fakültesi'ndeki ofislerde masa yerleşim kriterlerini irdelersek, 1. ofiste doğal aydınlatmadan yararlanmak ve gelen kişiyi görebilmek; 2. ofiste gelen kişiyi görebilmek ve odayı verimli kullanabilmek; 3. ofiste doğal aydınlatmadan yararlanmak ve odayı verimli kullanabilmek; 4. ofiste ise doğal aydınlatmadan yararlanmak ve gelen kişiyi görebilmek için pencereye paralel ya da dik şekilde yerleştirilmiştir. Mühendislik Fakültesi'nde, 1. ofiste doğal aydınlatmadan yararlanmak ve gelen kişiyi görebilmek; 2. ofiste sadece gelen kişiyi görebilmek; 3. ofiste gelen kişiyi görebilmek ve ofisi verimli kullanabilmek; 4. ofiste ise gelen kişiyi görebilmek ve ofisi verimli kullanabilmek için pencereye paralel ya da dik şekilde yerleştirilmiştir. Aydınlatmanın, birincil belirleyici kriter olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Doğal, doğal ve yapay (bütünleşik) aydınlatma düzeylerinin kullanıcı memnuniyetini ölçen sorulara ait sonuçlar **Tablo 3** ve **Tablo 4**'te belirtilmiştir. Her iki fakültede de doğal aydınlatmadan, sadece Mühendislik Fakültesi'ndeki 4. ofis hariç %80 ve üzeri memnun oldukları tespit edilmiştir. 4. ofiste, aydınlık düzeyi değerleri diğer ofislere göre daha yüksektir, rahatsız edici düzeyde olduğu için kullanıcı çok memnun değildir. Doğal ve yapay aydınlatma ile ilgili oranlara baktığımızda, Mimarlık Fakültesi'ndeki 3. ofis dışında tüm değerler %80 ve üzeri çıkmıştır. 3. ofiste doğal ve yapay aydınlatma birlikte kullanıldığında, yeterli aydınlık düzeyine ulaşamamıştır.



Tablo 3: Mimarlık ve Mühendislik Fakülteleri'ndeki Doğal Aydınlatma Memnuniyet Düzeyleri



Tablo 3: Mimarlık ve Mühendislik Fakülteleri'ndeki Doğal ve Yapay Aydınlatma Memnuniyet Düzeyleri

Aydınlık düzeyleri "TES 1332A" model dijital lüksmetre ile ölçülmüştür. Mimarlık Fakültesi'ndeki ofislere ait değerler **Tablo 5**'te; Mühendislik Fakültesi'ndeki değerler de **Tablo 6**'da verilmiştir. Mimarlık Fakültesi'nde 10:00 – 10:30 ile 13:00 – 13:30 saatleri arasındaki lux değerleri TS EN 12464-1'de belirtilen (500 lux) değerden yüksek çıkmış; 16:00 – 16:30'da ise düşük çıkmıştır. Doğal ve yapay aydınlatma birlikte kullanıldığında da yeterli seviyeye ulaşılamamıştır. Aynı cepheye bakan ofislerin aydınlık düzeyleri birbirine yakın; karşıt cephelerdeki ofislerle karşılaştırıldığında farklı çıkmıştır. Mühendislik Fakültesi'nde, Mimarlık Fakültesi'nde olduğu gibi doğal aydınlatma değerleri standarttan yüksek çıkmıştır; fakat doğal ve yapay aydınlatmanın beraber kullanıldığı zaman ölçülen değerler standardın üzerindedir. Sadece 4. ofisteki aydınlık düzeyleri diğer ofislerden fazladır. Burada ise, rahatsız edici aydınlık düzeyi gün boyu dikey jaluzi ile kontrol edilmektedir.

OFİSLERDEKİ AYDINLIK DÜZEYLERİ (LUX)					
	DOĞAL AYD.	DOĞAL AYD.	DOĞAL AYD.		DOĞAL + YAPAY AYD.
ÖLÇÜM ZAMANLARI:	10.00 - 10:30	13:00 - 13:30	16:00 - 16:30		16:00 - 16:30
MİMARLIK FAKÜLTESİ			ORTALAMA		
	2790	1880	123		430
1. OFİS	240	300	56		196
	65,7	134	28		183
ORTALAMA	917,1	1302	252	823,7	126,3
	2260	1370	187		258
2. OFİS	1300	426	62		201
	670	145	23		157
ORTALAMA	1410	647	90,67	715,89	205,3
	2030	2040	327		497
3. OFİS	375	440	77		322
	201	200	39		265
ORTALAMA	868,66	893,33	147,67	636,55	361,33
	2430	1512	246		327
4. OFİS	1450	583	103		282
	820	326	58		206
ORTALAMA	1566,6	807	135,67	836,42	271,6

Tablo 5: Mimarlık Fakültesi'nde Bazı Ofislerdeki Aydınlık Düzeyleri

OFİSLERDEKİ AYDINLIK DÜZEYLERİ (LUX)					
	DOĞAL AYD.	DOĞAL AYD.	DOĞAL AYD.		DOĞAL + YAPAY AYD.
ÖLÇÜM ZAMANLARI:	10.00 - 10:30	13:00 - 13:30	16:00 - 16:30		16:00 - 16:30
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ				ORTALAMA	
	866	1574	80		381
1. OFİS	1082	1096	95		584
	455	556	30		466
ORTALAMA	801	1075	68,33	648,11	477
	1026	1150	290		910
2. OFİS	1027	1093	196		739
	545	596	87		612
ORTALAMA	866	946,3	191	667,76	753,67
	790	2160	1100		1260
3. OFİS	1072	1050	420		837
	488	640	195		575
ORTALAMA	783	1283,3	571	879,1	890
	3960	43500	994		1251
4. OFİS	1345	1067	362		746
	1192	455	226		622
ORTALAMA	2165,6	15007,3	527,3	5900,06	873

Tablo 6: Mühendislik Fakültesi'nde Bazı Ofislerdeki Aydınlık Düzeyleri

Genel olarak, Mühendislik Fakültesi'ndeki aydınlık düzeyleri daha yüksek çıkmıştır. Burada kullanılan beyaz mobilyalar, bu durumun kanıtı olabilir. Bitiş malzemelerinin açık renkli seçilmesi, aydınlık düzeylerinin daha yüksek çıkmasını sağlayabilir **[8]**. Ofislerdeki ortalama değerler standartlardan yüksek olmasına rağmen, kullanıcıların hepsi memnundur. Sawada'nın bulgusunda belirttiği, 1500 lux değerinin üzerinde ferahlık ve hoşnutluk izlenimlerinin olumsuz değerlendirilmesine ilişkin genel geçer bir bulguya rastlanmamıştır **[3]**. Bu durum, kullanıcının çalışma alanıyla iletişime geçip benimsemesi ve mekanın atmosferine alışmasından kaynaklanmaktadır.

Öte yandan, doğal aydınlatma analizi için geliştirilen, pencere alanı ile iç hacim taban alanının birbirine oranı %5-%30 arasında olması önerilmektedir **[4]**. Elde edilen oranlar bu aralığı sağlamıştır. Mimarlık Fakültesi'ndeki akademisyenler, tek anahtar ile bütün armatürlerin açılmasından rahatsızlık duymaktadır; çift anahtar ile isteğe bağlı olarak ayrı ayrı kontrol etmek istemektedirler. Türkiye'de ise, TS EN 12464-1 standartlarına göre ofislerde olması gereken aydınlık düzeyiyle (500 lux) karşılaştırdığımızda, Mimarlık Fakültesi'nde kullanılan yapay aydınlatma armatürleri olması gereken aydınlık düzeyini yakalayamamaktadır; Mühendislik Fakültesi'nde ise oldukça yeterlidir. Mimarlık Fakültesi'ndeki ofislerde armatür değişikliği ile aydınlık düzeyleri arttırılabilir.

Mekanlardaki aydınlatma sistemleri, mekanın işlevi, kullanıcının memnuniyeti ve ihtiyaçları göz önüne alınarak tasarlanması gerekmektedir. İyi ve kaliteli aydınlatma, verimli çalışmayı sağlayan faktörlerin başında gelir. Kapalı mekanlara ait yüzeylerin aydınlatılması, görsel algı koşullarını doğrudan etkilemektedir. Üniversite gibi tüm gün kullanılan eğitim yapılarında günışığından mümkün olduğunca yüksek düzeyde yarar sağlanarak, gün ışığının yetmediği zamanlarda uygun olan yapay aydınlatma sistemleriyle desteklenerek görsel anlamda kullanıcıları memnun edecek düzenlemeler gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu bildirinin hazırlanması için yapmış olduğum çalışmalarda desteklerini, görüşlerini ve teşviklerini esirgemeyen Çankaya Üniversitesi akademisyenlerine teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

1. N. Öztank, F. H. Halıcıoğlu, " Mekan aydınlatma tasarımında yeni yaklaşımlar," *V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, (2009), pp: 159-163.

2. N. Gentile, T. Laike, M. Dubois, "Lighting control systems in peripheral offices rooms at high latitude: measurements of electricity savings and users preferences," *ISES Solar World Congress*, (2014), pp: 1987-1996.

3. B. Manav, M. Ş. Küçükdoğu, "Aydınlık düzeyi ve renk sıcaklığının performansa etkisi," *İTÜ Dergisi.* **5**(2), (2006), pp: 3-10.

4. İ. Erlalelitepe, D. Aral, T. Kazanasmaz, "Eğitim yapılarının doğal aydınlatma performansı açısından incelenmesi," *Megaron* **6**(1), (2010), pp: 39-51.

5. www.emo.org.tr/ekler/2cf8d98dca2b9de_ek.xls?tipi=34

6. J. Kim, R. De Dear, C. Candido, H. Zhang, E. Arens, "Gender differences in office occupant perception of indoor environmental quality," *Building and Environment.* 70, (2013), pp: 245-256.

7. A. Sivaji, S. Shopian, Z. M. Nor, N. Chuan, S. Bahri, "Lighting does not matter: preliminary assessment on office workers," *Social and Behavioral Sciences*, **97**, (2013), pp: 638-647.

8. F. S. İnce, P. Dinç, "Akademik ofislerde bir memnuniyet değerlendirme çalışması," *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.* **25**(1-2), (2008), pp: 346-363.

9. M. Foyton, V. Berruto, " Daylighting performance of buildings: monitoring procedure," *Right Light 4,* **21**, (1997), pp: 119-127.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

TİYATRO SAHNE AYDINLATMA DÜZENLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Y. Mim. Şefika Güner Pekin[a]
Prof. Dr. Rengin Ünver[b]
YTÜ Mimarlık Fakültesi
Beşiktaş, İstanbul, 34349

ÖZET

Bu bildiride, tiyatro sahne aydınlatma düzeni tasarımına yönelik genel ilkeler doğrultusunda, İstanbul/Turkiyede yer alan 5 tiyatro salonu sahne bölümlerinin aydınlatma düzenlerine yönelik nesnel ve öznel bir inceleme sonuçları sunulacaktır.

Anahtar sözcükler: Tiyatro Aydınlatması, Sahne Aydınlatması, Anket

ABSTRACT

An Investigation on the Theatres' Stage Lighting

In this paper, the general principles on the lighting systems of play theatres' stage sections are cited and the lighting conditions of five different Theatre in İstanbul/Turkey determined via objective (measurement) and subjective (survey) examination methods are presented, and the results obtained are discussed.

Key words: Theatre Lighting, Stage Lighting, Lighting Questionnaire

[a] e-posta adresi: a.sefikaguner@gmail.com
[b] e-posta adresi: runver@yildiz.edu.tr

1.GİRİŞ

Genel olarak temsil edilen eser anlamında kullanılan tiyatro, özünde farklı bir şekilde duyguların ve olayların, hareket/beden dili ve konuşmalarla/diyaloglarla, oyuncular aracılığıyla izleyiciye aktarılmasıdır. Kapalı mekânda ya da açık mekânda yapılan gösterimdeki amaç, izleyicinin ilgisini sahnedeki performans (tiyatro, bale, opera, dans v.b) üstünde olabildiğince yoğunlaştırmaktır. Her gösteri, yönetmenin konuya özgü belirlemeleri/yorumları doğrultusunda dekor tasarımcısı, kostüm tasarımcısı, ışık tasarımcısı, dramaturg vb. kişilerin ortak çalışmaları ile yani farklı disiplinlerin bir araya gelmesi ile gerçekleşir ve temel hedef, fiziksel ortam öğeleri aracılığı ile gösterinin en etkiyici biçimde izleyiciye sunulmasıdır.
Konu, fizik ortam öğelerinden biri olan ışığın doğurduğu görsel duyulanmalar açısından ele alındığında sahne aydınlatma düzeninin oyuncu eylemlerinin yanı sıra oyunun türüne göre izleyicide oluşturulmak istenen etkiler dikkate alınarak kurgulanması ve her gösteri konusu için değişik özelliklerde tasarlanması gerektiği açıktır. Bir başka deyişle, gösteri konusu değiştikçe, yapay ışık kaynaklarının ve aydınlatma aygıtların teknik özellikleri ile konumları dolayısıyla aydınlatma düzenleri de değişiklik gösterir.
Bu bağlamda, İstanbul'da yer alan kimi tiyatroların aydınlatma düzenlerinin değerlendirilmesine yönelik bir araştırma başlatılmıştır. Araştırmanın amacı, sahne performanslarının gerçekleştirildiği ortamlardan biri olan tiyatroların sahne aydınlatma düzenlerinin özelliklerinin belirlenmesi, aydınlatma tekniği ilkeleri doğrultusunda nesnel ve öznel yöntemlerle incelenerek, aydınlatmanın izleyiciler üzerindeki olumlu ve olumsuz yönlerinin etkilerinin ortaya koyulmasıdır. Çalışmada,

- Tiyatrolarda performansların gerçekleştirildiği sahnelerin aydınlatma düzeni tasarımında rol oynayan temel ölçütlerin belirlenmesi,
- İstanbul'da yer alan kimi tiyatroların sahne aydınlatma düzenlerinin ve oluşturduğu koşulların nesnel (ölçme) ve öznel (kullanıcı anketleri) yöntemlerle incelenmesi,

biçiminde bir yöntem izlenmiştir.
Bu bildiride, amacı ve yöntemi yukarıda verilen tiyatroların sahne aydınlatma düzenlerinin özelliklerinin incelenmesine yönelik çalışmanın sonuçları ele alınmıştır.

2. TİYATROLARDA SAHNE AYDINLATMASI

Gösteri sanatlarında, fizik ortam öğesi olan ışık ve ışığın uygulanması olan aydınlatma belirleyici, vurgulayıcı, sınırlayıcı ve seçici yönleriyle çok güçlü bir anlatım aracıdır. Sahne aydınlatmasında sergilenen esere ait içerik ve sunum arasındaki ilişkiyi sağlayan, oynanan oyunun anlatım olanaklarını ve plastik değerini arttıran, estetik alımlama düzeyini yükselten bir aydınlatma amaçlanmaktadır. Sahnede aydınlığı oluşturan ışık nicelik ve nitelik özellikleriyle, dekorların, oyuncuların ve oyun konusunun anlaşılmasını sağlayan önemli bir öğedir. Aydınlıklar, oyunun türüne, konusuna belki de daha da önemlisi yönetmenin yorumuna ve öngördüğü kompozisyona uygun olarak bilinçli bir biçimde düzenlenmelidir. Bu nedenle, sergilenen gösterinin konusuna bağlı olarak sahneden izleyiciye gönderilen uyartıların özellikleri ofis, derslik ve vb. işlevler için önerilen değerler ve sınırların dışına çıkabilir. Çünkü önemli olan, sahnedeki gösterinin izleyicide, gösterinin özellikleri bağlamında görsel, işitsel, kokusal vb. açıdan değişik fizyolojik ve psikolojik etkiler oluşturmasıdır.
Sahne aydınlatmasında çok özel durumlar dışında, neredeyse her an yeni bir aydınlatma düzeni gereklidir denilebilir. Başka bir anlatımla, performans süresince, konunun akışına göre çok sayıda

birbirini izleyen anlık aydınlık düzenleri ve anlık görüntüler oluşturulabilir. Söz konusu anlık aydınlık düzenleri tiyatro dilinde **ışık cue** ları (light cue) olarak adlandırılan ve ışık, ses, dekor, oyuncu konumları vb. öğelerin zaman ve mekân içindeki değişimlerini kapsayan genel bir terimdir. Bu çalışma kapsamında cue, ışıkla ilgili olarak sahnedeki aydınlığın nicelik ve nitelik değişimi (ışık cue'su) anlamında ele alınmıştır. Her bir ışık cue'su ile oluşan ve birbirini izleyen sahneler ise tiyatro dilinde, sinema dilinde de kullanılan "**sekans**" sözcüğü ile tanımlanabilir (**Şekil 1**) [**1**].



Şekil 1: Sahnede oluşturulan anlık aydınlık düzenlerinin (ışık cue'larının) sekanslardaki değişimine ilişkin örnek [**1**].

Bu bağlamda her sahnenin izleyici üzerinde istenilen etkiyi yaratabilmesi için aydınlatma düzenleri yani ışık cue'ları, sekanslar içinde sürekli değiştirilir. Bu değişim, hem aydınlığın niceliği hem de aydınlığın niteliği açısından gerçekleştirilir. Yönetmen ve aydınlatma/ışık tasarımcısı tarafından belirlenen ışık cue'larında izleyici yönelim noktalarındaki aydınlıklar, sahnedeki anlık görüntüyü oluşturan tablonun bütünündeki aydınlık düzeyi farkları ve niteliksel özellikler açısından sekansların izlenimini güçlendirmeli, konuyu vurgulamalıdır. Bu bağlamda, ışığın azlığı çokluğu, dağılımı, rengi, doğrultusu, oluşturduğu gölgeler her yeni sahne için bir başka özellikte kurgulanarak birbirinden değişik anlık görüntüler oluşturulur.

Bu anlık görüntülere yönelik, ilgili literatürde sahne aydınlatmasına ilişkin aydınlık düzeyi, ışıklılık, kamaşma vb. konularda belirgin değerler yer almamakta, kesin sınırlamalar bulunmamaktadır. Bununla birlikte sahne aydınlatmasında istenilen etkinin yaratılması açısından kimi önerilere de rastlanmaktadır. İlgili aydınlatma literatüründe sahne performansının özellikleri bağlamında sağlanması gereken minimum aydınlık düzeyleri, karşıtlığı (kontrastı) yüksek ve büyük boyutlu görsel görevler için 300 lm/m^2, kontrastı yüksek küçük boyutlu ve kontrastı düşük büyük boyutlu görsel görevler için 500 lm/m^2, kontrastı düşük küçük boyutlu görsel görevler için 1000 lm/m^2, görme eşiğine yakın görsel görevler için 3000-10000 lm/m^2 olarak verilmektedir [**2**]. Bununla birlikte kimi yayınlar da sahnede vurgulanmak istenen öğe üzerinde en az 2000 lm/m^2 düşey aydınlığın sağlanması önerilmektedir [**3**].

Öte yandan, gösteri sanatları dünyasında sahne aydınlatması konusunda belli bir koşulu/özelliği anlatmak için kullanılan terimler ile aydınlatma tekniğinde kullanılan terimler arasında da kimi zaman farklılıklar da olabilmektedir. Bu nedenle tiyatro dilinde sahne aydınlatmasında ışığın görevlerini ifade etmek amacı ile kullanılan atmosfer oluşturma, kompozisyon, seçici görünürlük, boyut kazandırma, akış ve tarz kavramları ile aydınlatmanın temel özellikleri olan nicelik (aydınlık düzeyi, ışıklılık) ve nitelik (renk, ışığın doğrultusu, dağılımı vb.) arasındaki temel ilişkilerin kurulması önem taşımaktadır.

Çalışma kapsamında, sanat dünyasında sahne aydınlatmasında kullanılan kimi kavram ve terimler üzerinde durulması, aydınlatma tekniği ve terminolojisi bakımından sahne aydınlatma ilkeleri konusunda bilgiler verilmesi ve ilişkilerinin kurulması hedeflenmiştir.

2.1. Sahne Aydınlatmasının Görevleri

Sahne aydınlatmasında ışık, gerek oyuncuya, gerek genel görüntüye çekicilik kazandırmalı; tüm göstergesel (*semiotic*) özellikleri izleyiciyle iletişim bağının eksiksiz kurulmasını sağlamalıdır. Tiyatro dilinde sahne aydınlatmasında ışığın görevlerini ifade etmek amacı ile kullanılan atmosfer oluşturma, kompozisyon, seçici görünürlük, boyut kazandırma, akış ve tarz kavramları, ilkesel olarak aydınlatmanın temel belirleyicileri olan aydınlığın nicelik (aydınlık düzeyi, ışıklılık) ve nitelik (renk, ışığın doğrultusu, dağılımı vb.) boyutları ile yakından bağlantılıdır. Sahne aydınlatmasında ışığın niceliksel ve niteliksel özellikleri bağlamında **Atmosfer oluşturma** da ışığın aydınlık düzeyi, renksel özelliği ve geliş doğrultusu değiştirilerek aydınlatılan nesnelerin gerçek görünümlerinden farklı izlenimler yaratılması hedeflenir. **Kompozisyon,** bir cue kompozisyonunda nesnelerin biçimsel ve renksel özellikleriyle aydınlatan ışığın nicelik ve niteliği de kurgulanır. Sahne aydınlatmasında kompozisyon, anlık görüntüde (cue'larda), yönetmen tarafından sahne üzerinde farklı ışıklı alanları ve izleyici yönelim noktaları belirlenmesi ile oluşturulur. Bu olgu görsel biçimin bütünlüğü bozulmadan aydınlık düzeyi, renk, ışığın doğrultusu, gölge ve ışığın dağılımı gibi fizik ortam öğeleri kullanılarak yapılır. Kompozisyonda genel amaç, izleyicinin dikkatini çekmek, sahnede oyuncuların anlatım gücünü desteklemek ve onları bu gücü göstermeye teşvik etmek, gölge/ışık oyunları, renk gibi görsel öğeleri etkili ve planlı bir şekilde işlemektir. Kompozisyona yüklenen tüm bu işlevler, her bir an da ve tüm bu anların bütününden oluşan kurgu zinciri için geçerlidir. Sahnede oluşturulan anlık görüntülerde, aydınlatan ışıkta niceliksel ve niteliksel değişimler sağlanarak, kostüm, dekor ve ışık renkleri ile oluşturulan kompozisyonlarla değişik seçici görünürlükler oluşturulabilir. Başka bir anlatımla, sahnede **seçici görünürlük**, aydınlık düzeyi değişiklikleri (azlık-çokluk), renk kullanımı (ışık ve yüzey renkleri), ışığın hareketi ve dağılımı ile kontrol edilir. Işık, sahnede gösterilen nesnelerin biçimsel (üç boyut/kitle, ağırlık, derinlik, doku vb.) özelliklerini ortaya çıkarmalıdır. Sahnede **Boyut kazandırmada** cue kompozisyonlarında ışığın yönü, aydınlık dağılımı gibi etkenler önemlidir. Gösteri ve sahne sanatlarında kompozisyondaki herhangi bir nesneye boyut kazandırmak için aydınlatma tekniğinde "modelleme" (modelling) olarak adlandırılan yöntemden de yararlanılabilir. Sahne aydınlatmasında **akış ve tarz** ışığın hareketsel özellikleri, gözün uyma ve detay algılama süresini de hesaba katarak, sergilenen oyunun tarzına göre ışık ışınlarının yayılımını ve doğrultularını, yani seçiciliğini ve atmosferi değiştirerek sahnede akış oluşmasını sağlar. Sahne aydınlatmasında tanımlanan bu kavramlar incelendiğinde ışığın niceliksel özelliklerinden çok niteliksel özelliklerinin önem kazandığı söylenebilir.

3. MEKANLARIN ÖZELLİKLERİ VE AYDINLATMA DÜZENLERİ

Sahne aydınlatma düzenlerinin incelenmesine yönelik bu çalışmada, Kültür ve Turizm Bakanlığına bağlı olarak hizmet veren İstanbul Devlet Tiyatrosu'nun, Üsküdar Tekel Sahnesi (ÜTS), Şişli Cevahir Genç Kuşak Sahnesi (CS-2) ve Küçükçekmece Sahneleri'nde (KS) oynanan "Ay Ecesi"; Şişli Cevahir Sahnesi'nde (CS-1) oynanan "Sezuan'ın İyi İnsanı" ve Beşiktaş Belediyesine bağlı Melih Cevdet Anday Sahnesi'nde (MS) oynanan "Başlangıç" adlı tiyatro

oyunlarının sahne aydınlatma düzenleri, Bölüm 2'de belirtilen aydınlatma tekniği ilkeleri bağlamında, aydınlığın niceliği (aydınlık düzeyi) ve aydınlığın niteliği bakımından ele alınmış, nesnel ve öznel yöntemlerle (ölçme ve anketlerle) incelenmiş ve değerlendirilmiştir. İncelenen mekânların, izleyici kapasitesi, sahne tipi, oyun ve boyutsal özelliklerine ilişkin genel bilgiler **Çizelge 1'**de sunulmuştur.

Çizelge 1: İncelenen mekanlara ilişkin genel bilgiler. Üsküdar Tekel Sahnesi (ÜTS), Cevahir Sahnesi (CS-1), Cevahir Genç Kuşak Sahnesi (CS-2), Küçükçekmece Sahnesi (KS), Melih Cevdet Anday Sahnesi (MS).

Tiyatro	İzleyici kapasitesi	Oyun ismi (seans)	Sahne boyutları (m)	Salon boyutları (m)
(ÜTS)	180 Kişi	Ay Ecesi (15:00)	8.00 × 9.55 ×7.00	8.00 × 11.00 × 7.30
(CS-1)	304 Kişi	Sezuan'ın İyi Insanı (15:00)	15.00 × 10.00 ×14.10	18.00 ×12.00 × 6.50
(CS-2)	278 Kişi	Ay Ecesi (15:00)	14.00 × 10.00 ×7.00	14.00 ×14.00 × 5.70
(KS)	433 Kişi	Ay Ecesi (20:00)	15.00 ×13.60 ×11.00	18.00 ×15.50 × 9.00
(MS)	315 Kişi	Başlangıç (21:00)	R=8.00 h=5.00	R=25.00 h=5.50

Söz konusu oyunların aydınlatma düzenleri Ay Ecesi oyununda 205, Sezuan'ın İyi İnsanı oyununda 15 ve Başlangıç oyununda 4 ışık cue'sundan oluşmaktadır. Kapsamı sınırlı olan bu çalışmada nesnel veriler her oyunda en düşük/minimum (S1) ve maksimum/en yüksek (S2) aydınlatmanın oluştuğu cue'lar ele alınarak örneklenmiştir (Şekil 2). Söz konusu cue'lardaki aydınlatma koşulları Bölüm 2.1'de verilen ilkeler bağlamında incelenmiştir.

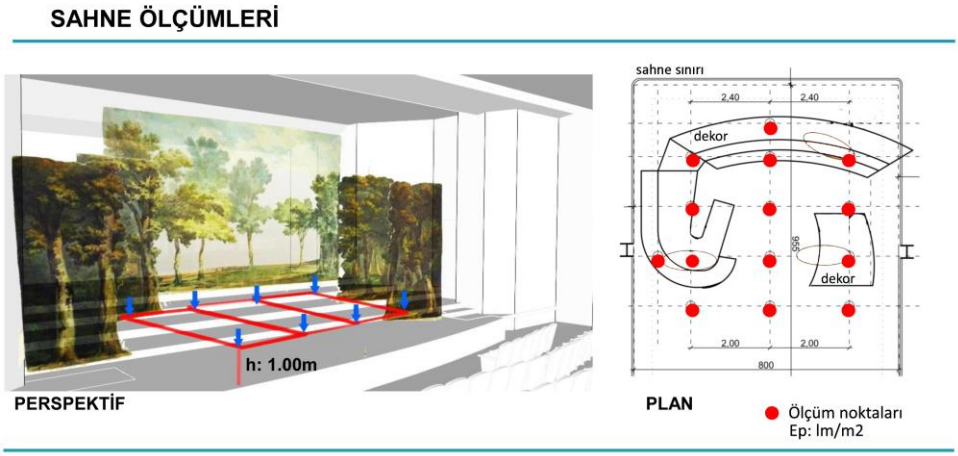


Şekil 2: Aydınlatma kurgusu içinde aydınlık düzeyinin düşük/minimum (S1) ve maksimum/en yüksek (S2) olduğu ışık cue'ları [**1**]

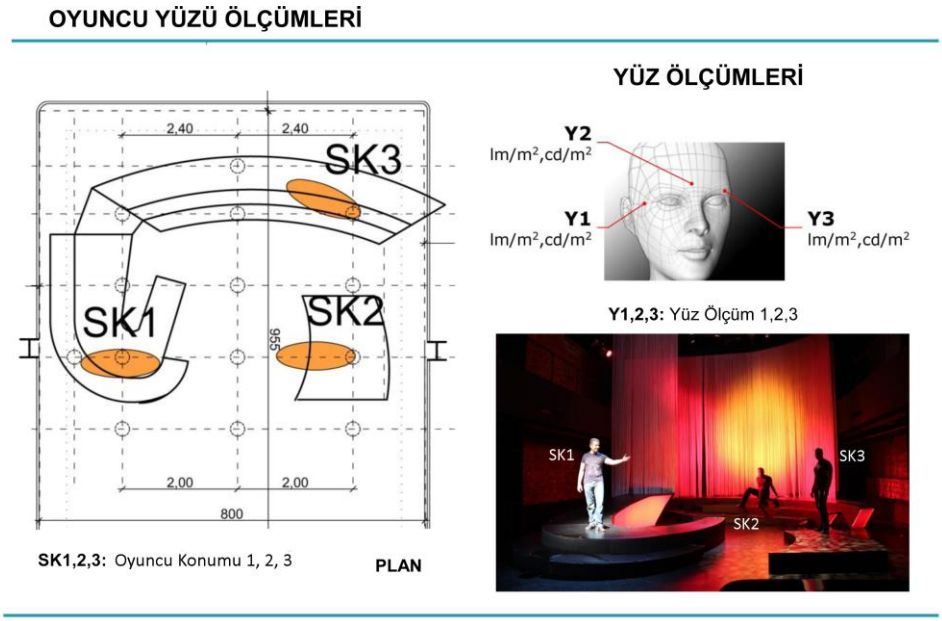
3.1. Nesnel Belirlemeler

Sahne bölümündeki ölçmeler oyunların provaları sırasında gerçekleştirilmiş, parter aydınlatma düzeni kapatılmış, sahne geneli, sahnedeki dekor ve oyuncu konumları dikkate alınmıştır. Sahne geneli aydınlık düzeyi ölçmeleri burada yer alan dekor ve oyuncu yükseklikleri göz önünde alınarak döşemeden 1.00 metre yükseklikte sahne büyüklüğüne bağlı olarak değişen bir yatay ızgara düzlemi üzerinde "noktasal yatay aydınlık düzeyi" olarak ölçülmüş ve ortalama aydınlık

düzeyleri ile aydınlık dağılım düzgünlüğü değerleri hesaplanmıştır. Oyuncu yüzlerindeki düşey aydınlık (E_D; lm/m^2) ve ışıklılık (L_D; cd/m^2) ölçmeleri döşemeden yaklaşık 1.50 metre yükseklikte, oyuncu yüzlerindeki üç ayrı noktada (Y1, Y2, Y3) ve üç ayrı oyuncu konumu (SK1, SK2, SK3) için gerçekleştirilmiştir [2]. Sahnede genelinde ve oyuncu yüzlerinde yapılan ölçmelere ilişkin örnek şemalar Şekil 3 ve Şekil 4'de sunulmuştur.



Şekil 3: Sahne geneli ölçme noktalarına ilişkin örnek *(Üsküdar Tekel Sahnesi, ÜTS)*



Şekil 4: Ölçüm yapılan oyuncu yüzü ve konumlara ilişkin örnek (Üsküdar Tekel Sahnesi, ÜTS) (SK;Oyuncu Konumları, SK1, SK2, SK3; ölçüm yapılan konumlar) [**1**].

3.2. Öznel Belirlemeler (Anketler)

İncelenen tiyatroların sahne bölümlerinin aydınlatma koşullarının öznel yöntemle belirlenmesi amacıyla bulundukları ortamın aydınlatma koşullarına yönelik anketler, hem oyuncu hem de izleyiciler olmak üzere iki ayrı kullanıcı grubuna uygulanmıştır. İzleyici anket sorularının bir bölümü parter, bir bölümü sahneye ilişkin olup, kapsamı sınırlı tutulan bu bildiride, yalnızca

izleyici-sahne ilişkisi bağlamında düzenlenen anket soruları ele alınmıştır. Anketin, 1-7. soruları izleyici özelliklerinin saptanması, 12-20. soruları sahnedeki aydınlığın değerlendirilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Ankete, Üsküdar Tekel Sahnesi'nde (ÜTS) 45, Cevahir Sahnesi'nde (CS-1) 33, Cevahir Genç Kuşak Sahnesi'nde (CS-2) 36, Küçükçekmece Sahnesi'nde (KS) 57 ve Melih Cevdet Anday Sahnesi'nde (MS) 42 olmak üzere toplam 213 izleyici katılmıştır. Sahne bölümü anket katılımcılarının incelenen oyun ve tiyatrolara göre cinsiyet, yaş ve etkinlik izleme sıklığına ilişkin genel özellikleri Çizelge 2'de, kimi sorulara verilen yanıtlar Çizelge 3'te sunulmuştur.

Çizelge 2. İzleyici genel özellikleri.

Yaş Grubu ve yüzdesi	15-19; %9	20-29; %41	30-39; %28	40-49; %11	50-59; %8	60-ÜZERİ; %3
Kadın ve Erkek İzleyici yüzdesi	K: %7 E: %2	K: %27 E: %14	K: %17 E: %11	K: %9 E: %2	K: %5 E: %3	K: %1 E: %2
Etkinlik İzleme Sıklığı ve yüzdesi	HAFTADA 1	HAFTADA 2-4	AYDA 1	AYDA 2-4	YILDA 1-2	
	%10	%11	%35	%23	%21	

Çizelge 3. Anket soruları, izleyici yanıtları.

Soru 12	**Etkinlik sırasında sahnedeki aydınlatmayı/aydınlığı genel olarak nasıl değerlendirirsiniz?**																									
Seçenek	Çok İyi					İyi					Orta					Kötü					Çok Kötü					
Tiyatro	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS
Kişi Sayısı	15	6	4	21	9	**22**	**19**	**23**	**27**	**24**	7	6	8	6	7	1	2	-	3	2	-	-	1	-	-
Kişi Yüzdesi	33	18	21	37	21	**49**	**58**	**64**	**48**	**57**	16	18	22	10	17	2	6	-	5	5	-	-	3	-	-
Soru 13	**Sahnedeki aydınlığı oyuncuları algılama açısından genel olarak nasıl değerlendirirsiniz?**																									
Seçenek	Çok İyi					İyi					Orta					Kötü					Çok Kötü					
Tiyatro	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS
Kişi Sayısı	11	6	10	20	11	**21**	**21**	**17**	**25**	**28**	11	3	8	9	1	1	3	1	2	2	-	-	-	1	-
Kişi Yüzdesi	25	18	28	35	26	**48**	**64**	**47**	**44**	**67**	25	9	22	16	2	2	9	3	3	5	-	-	-	2	-
Soru 14	**Etkinlik sırasında, oyuncuların yüzlerini ve mimiklerini rahat seçebiliyor musunuz?**																									
Seçenek	Çok İyi					İyi					Orta					Kötü					Çok Kötü					
Tiyatro	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS
Kişi Sayısı	10	9	12	15	16	14	**14**	**12**	**29**	**19**	**16**	7	10	8	5	5	2	1	5	2	-	-	1	-	-
Kişi Yüzdesi	22	28	33	26	38	31	**44**	**33**	**51**	**45**	**35**	22	28	14	12	11	6	3	9	5	-	-	3	-	-
Soru 15	**Sahne ışıklarının oluşturduğu gölgeler, gösterinin anlaşılabilirliğini nasıl etkiliyor?**																									
Seçenek	Çok İyi					İyi					Orta					Kötü					Çok Kötü					
Tiyatro	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS
Kişi Sayısı	11	2	6	13	9	**19**	**14**	**21**	**26**	**23**	14	13	8	17	9	1	4	1	1	1	-	-	-	-	-
Kişi Yüzdesi	25	6	17	23	21	**42**	**44**	**58**	**45**	**55**	31	37	22	30	21	2	13	3	2	3	-	-	-	-	-

Çizelge 3. Anket soruları, izleyici yanıtları (devamı)

Soru 16	**Sahne dekoru oyuncu ve kostüm renkleri oyunun konusu ile uyumlu mu?**																									
Seçenek	Çok İyi					İyi					Orta					Kötü					Çok Kötü					
Tiyatro	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS
Kişi Sayısı	12	11	11	17	11	**25**	**17**	**20**	**33**	**19**	8	1	5	4	8	-	3	-	2	3	-	-	-	-	-
Kişi Yüzdesi	27	35	31	30	27	**55**	**53**	**55**	**59**	**46**	18	3	14	7	20	-	9	-	4	7	-	-	-	-	-
Soru 17	**Sahnedeki aydınlık oyunun anlaşılabilirliğini nasıl etkiliyor?**																									
Seçenek	Çok İyi					İyi					Orta					Kötü					Çok Kötü					
Tiyatro	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS
Kişi Sayısı	11	9	7	22	12	**25**	**16**	**20**	**23**	**26**	6	5	8	7	4	3	2	1	5	-	-	-	-	-	-
Kişi Yüzdesi	25	28	19	39	29	**55**	**50**	**56**	**40**	**62**	13	16	22	12	9	7	6	3	9	-	-	-	-	-	-
Soru 18	**Sahnede kullanılan aydınlık ve ışık renkleri oyunda oluşturulmak istenen atmosferi nasıl etkiliyor?**																									
Seçenek	Çok İyi					İyi					Orta					Kötü					Çok Kötü					
Tiyatro	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS
Kişi Sayısı	16	6	8	22	12	**23**	**21**	20	**24**	**20**	5	**3**	**6**	9	9	-	2	2	1	1	-	-	-	1	-
Kişi Yüzdesi	36	19	22	39	29	**52**	**66**	56	**42**	**48**	11	**9**	**17**	16	21	-	6	6	2	2	-	-	-	2	-
Soru 19	**Gösteri sırasında sahnedeki aydınlık sizi rahatsız ediyor mu? (Çoklu tercih yapabilirsiniz.)**																									
Seçenek	Göz Kamaştırıyor					Çok renkli					Göz Yorucu					Rahatsız etmiyor					Diğer					
Tiyatro	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS
Kişi Sayısı	2	1	1	1	-	-	-	5	1	-	5	7	10	6	1	**38**	**27**	**41**	**26**	**41**	-	-	1	-	-
Kişi Yüzdesi	4	3	3	2	-	-	-	9	3	-	11	20	17	17	2	**85**	**77**	**71**	**76**	**98**	-	-	2	-	-
Soru 20	**Sahnedeki aydınlatma düzeninden rahatsız oluyorsanız, sizi rahatsız eden aydınlatma kaynaklarının konumlarını hangileridir? (Çoklu tercih yapabilirsiniz.)**																									
Seçenek	Sahne önü aydınlatmaları					Sahne içi aydınlatmaları					Salon tavan aydınlatmaları					Sahne içi yan duvar aydınlatmaları					Salon içi yürüme yolu aydınlatmaları					
Tiyatro	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS	ÜTS	CS-1	CS-2	KS	MS
Kişi Sayısı	1	2	7	6	2	5	3	2	**11**	1	**7**	6	**8**	4	**4**	1	**9**	4	4	1	1	7	6	6	1
Kişi Yüzdesi	7	7	26	19	22	33	11	7	**36**	11	**46**	22	**30**	13	**45**	7	**33**	15	13	11	7	26	22	19	11

3.3. Nesnel ve Öznel Bulguların Değerlendirilmesi

Nesnel Belirlemeler; Sahne bölümünün aydınlatmasında sahnenin boyutsal özeliklerinin yanı sıra oyunun türü, yönetmenin yorumu vb. etkenler bulunmakta, her gösteri konusu için değişik özellikler göstermektedir. Boyutsal özellikler bir tarafa bırakıldığında, oyunun türü, yönetmenin yorumu değiştikçe sahne aydınlatma düzeni de değişmektedir. Sahne aydınlatmasında amaç, izleyicilerde gösteri konusuna ve yönetmenin konuya özgü belirlemelerine/yorumlarına uygun

görsel izlenimler yaratabilmek olduğundan, literatürde, aydınlık düzeyi ve dağılım düzgünlüğü bakımından, sahne bölümünde sağlanması gereken değerler yer almamaktadır.
Bununla birlikte, Bölüm 2'de de belirtildiği üzere, ilgili aydınlatma literatüründe sahne performansının özellikleri bağlamında sağlanması önerilen minimum aydınlık düzeyleri, görsel görevlerin boyutları ve karşıtlıklarına bağlı olarak verilmektedir [3], [4], [5]. Söz konusu önerilen aydınlık düzeyi literatür değerleri ile oyuncu yüzlerinde oluşan ortalama düşey aydınlıklar dikkate alındığında, tüm salonlarda minimum aydınlığın gerçekleştiği ışık cue'larındaki oyuncu yüzü aydınlık düzeyi değerleri verilen sınırların altında kalmakta, maksimum aydınlığın gerçekleştiği ışık cue'ları açısından ise yalnızca Melih Cevdet Anday Sahnesi (MS)'ndeki "Başlangıç" oyununda, oyuncu yüzü aydınlık düzeyi değerleri verilen koşulları sağlamaktadır.
Çalışmada, sahne aydınlatması nesnel incelemeleri, her oyunun bütünü içerisinde belirlenen sınırlı sayıdaki (2 ışık cue'su) örneklemeler bağlamında gerçekleştirildiğinden incelenen oyunların tüm cue'ları yani oyunun bütünü için değerlendirme yapılmamıştır.

Öznel Belirlemeler;
İzleyici öznel belirlemeleri açısından bakıldığında ise incelenen aydınlatma parametreleri açısından tüm salonlarda sahnelenen oyunlar bağlamında orta ve iyi düzeyde izlenim bıraktığı ve genelde olumlu bulunduğu biçiminde yorumlanabilir. Ayrıca, Ay Ecesi oyununun gerçekleştirildiği ÜTS, CS-2, KS salonları ele alındığında izleyici öznel değerlendirmeleri açısından belirgin bir ayrım bulunmadığı istatistiksel olarak belirlenmiş olup, salonların yetkinlik açısından eş değer olduğu saptanmıştır.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu bildiride, İstanbul Devlet Tiyatrosu'na ait "Ay Ecesi" oyununun Küçükçekmece Sahnesi, Üsküdar Tekel Sahnesi ve Cevahir Sahnesi'deki; "Sezuan'ın İyi İnsanı" oyununun, Cevahir Sahnesindeki ve "Başlangıç" oyunun Melih Cevdet Anday Sahnesindeki gösterimleri sırasında sahne bölümlerindeki aydınlatma düzenlerinin oluşturduğu koşulların saptanmasını hedefleyen bir araştırmanın sonuçları aktarılmıştır. Nesnel ve öznel belirlemelerin değerlendirilmesi kısaca aşağıdaki gibi verilebilir.

- Sahne aydınlatması nesnel incelemeleri, her oyunun bütünü içerisinde minimum aydınlık (S1), maksimum aydınlık (S2) düzeylerinin oluştuğu (2 ışık cue'su) belirlenen sınırlı sayıdaki örneklemeler bağlamında gerçekleştirildiğinden oyunlar için bütüncül bir değerlendirme yapılması uygun bulunmamıştır.
- Sahne bölümü izleyici öznel belirlemeleri, incelenen parametreler açısından değerlendirildiğinde tüm salonlarda sahnelenen oyunların orta ve iyi düzeyde olduğu ve genelde olumlu bulunduğu söylenebilir. Bununla birlikte, ÜTS, CS-2, KS salonlarında gerçekleştirilen Ay Ecesi oyununda izleyiciler açısından istatistiksel olarak büyük bir ayrım belirlenmediğinden, salonlar yetkinlik açısından eş değer kabul edilmiştir.

Tüm değerlendirmeler göz önüne alındığında, nesnel verilerin aksine izleyici anketleri ile elde edilen öznel veriler oyunun bütün cue'larını kapsamaktadır ve bu nedenle öznel ve nesnel belirlemeler arasında bir ilişki kurulması uygun bulunmamıştır.

Bu çalışmada, İstanbul'da yer alan beş tiyatroda gösterimi gerçekleştirilen beş tiyatro oyunun sahne aydınlatma koşullarının aydınlatma ilkeleri doğrultusunda nesnel ve öznel yöntemlerle

incelenerek, olumlu ve olumsuz yönlerinin ortaya konulması ve daha sonra yapılacak uygulamalara yol göstermesi amaçlanmıştır.

Sahne aydınlatması ile günümüz literatüründeki bilgiler çok kısıtlı olsa da var olan bilgilere göre uygun koşulların sağlanması, gösteri konusuna ve yönetmenin konuya özgü belirlemelerine uygun görsel izlenimler yaratabilme açısından büyük önem taşımaktadır. Sahneye yönelik ışıkla ilgili kavramların yetkin olarak kullanılması aydınlatma tekniği ilkelerinin bilinmesine ve doğru uygulanmasına bağlıdır. Bununla birlikte, çalışma kapsamında incelenen ışık cue'ları için uygulanan yöntem oyunların değerlendirilmesine yönelik çalışmalar için yardımcı olacaktır. Ancak, sahne aydınlatmasına ilişkin gösterinin türüne, konusuna ve yönetmenin yorumuna bağlı olarak kurgulanan düzenler üzerinde yapılacak daha ayrıntılı çalışmalar bağlamında oluşturulacak belirlemelerin literatüre ve dolayısıyla tasarımcılara katkı sağlayacağı açıktır.

KAYNAKLAR

1. Ş. Güner Pekin, Tiyatro salonlarının Aydınlatma Düzenleri Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ss:85, 177, 2015.

2. Ş. Güner Pekin, R. Ünver, "Tiyatro Aydınlatma Düzenleri Üzerine Bir İnceleme", 9. Ulusal Aydınlatma Kongresi-ATMK, ISBN: 978-975-561-431-1, ss. 209-216, Cenkler Matbaası, İstanbul, 19-20 Nisan 2013

3. IES, Stage Lighting, A Guide to the Planning of Theatres and Auditoriums, IES DG-20-09, USA, 2009.

4. IESNA, Lighting Handbook, 9th Edition, Section 15, ISBN 0-87995-150-8, New York, 2000.

5. IES, The Lighting Handbook, 10th Edition, ISBN 978-087995-241-9, USA, 2011.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

BİNALARIN GÜRÜLTÜYE KARŞI KORUNMASI VE SES YALITIMI HAKKINDA YÖNETMELİK TASLAĞI ve BİNALARDA AKUSTİK TASARIM, UYGULAMA VE DENETLEME - TASLAK KILAVUZ

Y.Doç.Dr. Nurgün Tamer Bayazıt[a],
Prof.Dr. Selma Kurra[b],
Bilge Şan Özbilen[c],
Ayça Şentop[d]

ÖZET

T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı adına İTÜ Mimarlık Fakültesi bünyesinde hazırlanan "Binaların Gürültüye Karşı Korunması ve Ses Yalıtımı Hakkında Yönetmelik" taslağı ile Türkiye için her türlü binada, maruz kalınabilecek gürültülerin kişilerin huzur ve sükûnuna, beden ve ruh sağlığına olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi ve işitsel konforun sağlanmasına yönelik tasarım, yapım, kullanım, bakım ve işletim bakımından uyulacak kuralların belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı çalışmada, yönetmeliğin uygulanmasını destekleyici bir teknik yayının önemi de vurgulanarak bir taslak kılavuz hazırlanmıştır. "Binaların Akustik Tasarımı, Uygulanması ve Denetlenmesi Kılavuzu"; mimari proje aşamasında akustik tasarım ilkelerini, yapım aşaması ve sonrasında yapılacak değerlendirme ve testleri, mevcut binaları akustik açıdan değerlendirme ve iyileştirme ilkelerini kapsamaktadır. Bu bildiride taslak yönetmeliğin ve kılavuz kapsamı özetlenmekte ve ülkemiz için çeşitli faktörlere bağlı olarak belirlenen ses yalıtımı sınır değerleri açıklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yönetmelik, Gürültü kontrolü, Ses yalıtımı, Tasarım, Değerlendirme

ABSTRACT

"Noise Protection and Sound Insulation in Buildings Regulation" prepared by Istanbul Technical University for the Turkish Ministry of Environment and Urbanization, aimes to organize the requirements and enforcements for noise control in all kinds of buildings, in order to minimize the adverse affects of noise on human health, psychology and comfort. A guide is also prepared in this study to support application of the regulation. The new regulation and the guide introduce the acoustical design proscedures, assessment process, and acoustical tests for new buildings and renovation concepts for the existing buildings. This paper presents the scope of the new regulation and explains determination of sound insulation limit values for buildings in Turkey.

Key words: Regulation, Noise Control, Sound Insulation, Design, Assessment

[a] e-posta: nurgun@itu.edu.tr
[b] e-posta: selmakurra@db-kes.com.tr
[c] e-posta: bilgesan@gmail.com
[d] e-posta: ayca.sentop@bilgi.edu.tr

1. GİRİŞ

Gerek dış ortamdan gerekse yaşanılan mekanların içindeki aktivitelerden kaynaklanan ve yapı elemanları aracılığıyla diğer mekanlara iletilen hava ve katı ortam doğuşlu sesler için önlem-alınmalıdır ve bu durumun teknik, sosyal, hukuki ve ekonomik boyutları bulunmaktadır. Yapıların gürültüden korunması ve elemanların ses yalıtım performansının değerlendirilmesi konusunda çeşitli ülkelerde var olan mevzuatlar önemli farklılıklar göstermektedir. Bu konuda özel bir mevzuatın bulunmadığı ülkemizde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile 10 Ekim 2014 tarihinde imzalanan bir protokol ile İTÜ Mimarlık Fakültesi tarafından Binalarda Gürültüye Karşı Koruma Hakkında Mevzuat Hazırlama projesi başlatılmıştır. 15 Aralık 2015 tarihinde tamamlanan projenin sonunda "Binaların Gürültüye Karşı Korunması ve Ses Yalıtımı Hakkında Yönetmelik Taslağı" ve ‘’Binaların Akustik Tasarımı, Uygulaması ve Denetlenmesi Kılavuzu Taslağı’’ hazırlanmıştır **[1,2].** Projede farklı bina işlevlerine bağlı olarak düzenlenen yalıtım sınıfları ve binaların akustik performansını bütün olarak değerlendirmeyi amaçlayan akustik kalite sınıfı belirleme yöntemleri, ülkemiz için seçilen sınır değerler ve binaların akustik açıdan değerlendirilmesi için önerilen temel kurallar da yer almaktadır. Bu bildiride araştırma ekibi tarafından hazırlanan ve Bakanlığa sunulan Taslak Yönetmeliğin ve kılavuzun kapsamı özetlenmiştir.

2. GEREKSİNMELER VE ÖN HAZIRLIK ARAŞTIRMALARI

2.1. Yönetmelik gereksinimi

Ülkemiz mevzuatında gürültü konusu, çeşitli biçim ve ağırlıklarda sadece genel olarak yer almıştır Yürürlükte olan “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY)”nde ağırlıklı olarak dış çevre gürültüsü kaynakları ve gürültü sorunları ele alınmaktadır ve ayrı bir akustik disiplini olan bina akustiği konusunda ses yalıtımı gerekliliğinden sadece söz edilmiş olup ayrıntıya girilmemiştir **[3].** Diğer Yerel yönetimlerin çıkardığı mevzuatta büyük yetersizlikler ve eksiklikler bulunmakta ayrıca aralarında bir eşgüdüm bulunmamaktadır. Uygulamalar, ölçütler, ölçüm standartları açılarından çevresel gürültü değerlendirmelerine göre farklılık gösteren bu konuda ayrı bir dokümana olan gereksinme açıktır. Binalarda gürültü kontrolü ve ses yalıtımına ilişkin özel bir mevzuatın bulunmaması yapı sektöründe de büyük sorun yaratmaktadır. Yanlış malzeme kullanımı, malzemeler için uluslararası standartlara göre performans değerlerinin verilmemesi, akustik danışmanlık kuruluşlarının yeterli olmaması, daha önemlisi bu konuda yapı sahipleri, kullanıcılar, uygulayıcı ve mimarların bilgi sahibi olmamaları ve binalarda sonradan şikayetler ortaya çıktığında yapılacak iyileştirmelerin maliyeti gibi konular göz önüne alınmamaktadır. Sonuçta ülkemiz koşulları göz önüne alınarak ayrı bir mevzuatın gerekliliği ve ivediliği ortaya çıkmıştır **[4].**

Binalarda gürültü kontrolü konusunda araştırmaların ve akustik ölçümlerin temelleri 1970’lere dayanmaktadır. Yapı elemanlarından ses iletimi teorilerine bağlı olarak, farklı yapım özellikleri ve malzemelere sahip elemanlar için hesaplama (kestirim) yöntemleri, iç ve dış çevresel gürültülere karşı performanslarının değerlendirilmesine ilişkin uluslararası standartlar yayınlanmıştır. Standartların büyük bölümü alanda ve laboratuvarda yalıtım ölçüm tekniklerini açıklamakta ve sürekli yenilenmektedir. Birçok ülkede gerek genel yapı mevzuatı kapsamında gerekse özel olarak çıkarılmış yasal dokümanlar bulunmaktadır. Öngörülen yaptırımlar, bina dışı ve içi gürültülere karşı alınacak önlemlerin mimari tasarım ile birlikte başlamasını zorunlu

kılmakta, binalarda gereken akustik performansı tanımladıklarından doğru ve güvenilir uygulama için yardımcı olmaktadırlar. Yönetmeliğin hazırlanması aşamasında AB ve diğer ülkelerdeki devlet veya yerel yönetimlerin yayınladığı uyulması zorunlu yasa, yönetmelik türü mevzuat, teknik uygulama kılavuzları ve ülkelerin ulusal standartları ve güncel ISO standartları, ölçüm ve değerlendirme ölçütleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Ortak uygulamaların yapılmasına yönelik olarak; Avrupa Bilim ve Teknoloji İşbirliği (COST - European Cooperation in Science and Technology) destekli ve ülkemizin de katıldığı, "Sürdürülebilir Kentsel Yapılar İçin Ses Yalıtımı Konularının Bütünleştirilmesi ve Harmonizasyonu" isimli (COST TU 0901) bir proje 2013 yılında tamamlanmış olup sonuçların AB yönergesi olarak yayınlanması için çalışmalar sürdürülmektedir Bu projede; binaların korunması ve ses yalıtımın bilimsel olarak nasıl değerlendirileceği, ölçüm birimleri, uygulamalardaki yanlışlar ve nasıl düzeltilebileceği, yapıların akustik açıdan sınıflandırılması gibi konularda alınan ortak kararlar da gözönüne alınmıştır **[5,6]**. Elde edilen bilgiler ve ülkemiz koşulları göz önünde tutularak hazırlanacak yönetmeliğin alt yapısı oluşturulmuş ve yeni yaklaşımlar ve uygulama modelleri tanımlanmıştır.

2.2. Kılavuz çalışmaları ve gereksinimler

Tasar kılavuzları (Design Guide veya Guideline) genelde; ülke yönetmeliklerinin uygulanmasını desteklemek ve yol göstermek amacıyla bina akustiği konusunda uzman olmayan tasarımcıların kullanımına yönelik olarak temel açıklamaları ve uygulama adımlarını içeren, yönetmelikte verilemeyen çeşitli hesap bağıntılarının, kullanılacak uluslararası standartların ve uygulama kurallarının, hesaplama örneklerinin yer aldığı tamamlayıcı yayınlardır. Katalog çeşitli yapı elemanı örnekleri için uygulama ilkelerini, akustik açıdan önemli olan malzemelerin fiziksel özelliklerini, birleşim bölgesi detaylarını ve ses yalıtım değerlerini tanımlar. Kontrol listesi ise projelendirme ya da uygulama esnasında aranan koşulların ve uygulama kalitesinin kontrolü için yararlanılan ve sağlanması beklenen durumların maddeler halinde onaya sunulduğu denetim belgesidir. Yönetmelikler zorunludur ancak nasıl uygulanacağı ek mevzuat veya yardımcı dokümanlar ile açıklanır. Ön araştırma döneminde AB ülkelerinde kullanılan ve yukarda açıklanan kılavuz, katalog ve kontrol listesi olarak isimlendirilen teknik yayınlar incelenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1: Bazı AB ülkelerinde kullanılan teknik yayınlar

Ülke	Dök. tipi	İlgili Teknik yayın ismi	Ref.
İngiltere	Kılavuz	BS 8233 - Binalarda ses yalıtımı ve gürültü azaltımı için kılavuz,2014	**[7]**
	Katalog	RobustDetails E Bölümü - Ses Yalıtımı, 2010	**[8]**
	Kontrol list.	RobustDetails E Bölümü - Ses Yalıtımı, 2010	**[8]**
İspanya	Kılavuz	"DB HR Gürültüden korunma" bölümünün uygulanmasına dair kılavuz, 2009	**[9]**
	Katalog	CTE için Yapı elemanları kataloğu, 2010	**[10]**
	Kontrol list.	"DB HR Gürültüden korunma" bölümünün uygulanmasına dair kılavuz, 2009	**[9]**
İskoçya	Kılavuz	Teknik Kılavuz, 2013	**[11]**
	Katalog	Örnek konstrüksiyonlar ve jenerik iç konstrüksiyonlar, 2010	**[12]**
Fransa	Kılavuz	Qualitel Sertifikası, 2008	**[13]**
	Katalog	Örnek akustik çözümler, 2002	**[14]**
Avusturya	Kılavuz	Binalarda hacim akustiği ve ses yalıtımı-4.Bölüm ses yalıtımı için ölçütler	**[15]**
	Katalog	Yapı elemanlarının ses yalıtım karakteristikleri, 2001	**[16]**
Belçika	Kılavuz	Teknik Döküman: Konut yapılarında ses yalıtımı	**[17]**
	Katalog	Teknik Döküman: Konut yapılarında ses yalıtımı	**[17]**

Çalışma kapsamında incelenen teknik yayınlar; kapsam, anlatım ve format bakımından değerlendirilmiş ve hazırlanacak kılavuzun yönetmelik ile bütünleştirilmesi durumları belirlenmiştir. Yürütülen ve ülkemizin de katıldığı AB projesi (COST TU 0901) **[5,6]** ile uyumlu olmasına özen gösterilmiştir.

3. AMAÇ VE KAPSAM

3.1. Taslak yönetmeliğin amacı ve kapsamı

Taslak yönetmeliğin amacı; "kamu kurum ve kuruluşları, özel kuruluşlar ve gerçek kişilerce kullanılan her türlü yapı, bina, tesis ve işletmenin işletimi ve kullanımı safhalarında insanların maruz kalacağı binaların dışından veya içinden kaynaklanan gürültülerin, kişilerin huzur ve sükûnuna, beden ve ruh sağlığına olumsuz etkilerini en aza indirecek iyi işitme ve algılama koşullarının sağlanması için, tasarım, yapım, kullanım, bakım ve işletim bakımından uyulacak kuralların belirlenmesidir. Hazırlanan taslak yönetmelik; yeni inşa edilecek her türlü yapı için bina ve mekan ölçeğinde alınabilecek önlemlere ilişkin temel kuralları -gürültüye karşı duyarlılıklara bağlı olarak- kapsamaktadır. Dış çevresel gürültüler, hava doğuşlu ve darbe seslerini kapsayan komşuluk gürültüleri ile ısıtma, iklimlendirme, sıhhi tesisat sistemler vb. mekanik ve elektrik sistemlerinin gürültüleri ele alınmıştır. Taslak yönetmelik başlıca aşağıdaki maddelerden oluşmuş, ayrıntılı teknik bilgiler, uygulama ilkeleri, alan ve malzeme ve bileşenler için laboratuvarda ölçüm yöntemlerine ilişkin standartlar eklerde yer almıştır **[1]:**

- BİRİNCİ BÖLÜM- Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar
- İKİNCİ BÖLÜM- Genel Esaslar
- ÜÇÜNCÜ BÖLÜM- Kullanılacak gürültü ve yalıtım göstergeleri ve uygulanması: Çevresel gürültü göstergeleri, dış gürültünün saptanması yöntemleri, mekan içi gürültü göstergeleri, binalarda mekanik sistemlerden kaynaklanan gürültünün değerlendirilmesinde kullanılacak göstergeler, dış ve iç yapı elemanlarının ses yalıtımının değerlendirilmesinde kullanılacak göstergeler, döşemelerin darbe sesi yalıtımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak göstergeler
- DÖRDÜNCÜ BÖLÜM- Binalarda İstenen Yalıtım Sınıfı ve İç Gürültü Düzeyleri İçin Sınır Değerler: Yalıtım sınıfına göre sınır değerler, çeşitli binalarda izin verilen en yüksek iç gürültü düzeyleri, çeşitli mekanlar için sağlanacak reverberasyon zamanları ve yüzey yutuculukları
- BEŞİNCİ BÖLÜM- Binalarda Sağlanması İstenilen Ses Yalıtımı Değerleri ve Yalıtım Kuralları: Hava doğuşlu ve darbe sesleri için uygulanacak yalıtımlar, ses yükseltici sistemlerin kullanıldığı mekanlarda ses yalıtımı değerleri, yalıtım tasarlama/hesaplama/modelleme yöntemleri
- ALTINCI BÖLÜM- Mekanik Sistem Gürültüsü Kontrolü Önlemleri: İklimlendirme sistemlerinde gürültü kontrolü, jeneratörler, sıhhi tesisat ve diğer mekanik servis ekipmanlarından kaynaklanan gürültü kontrolü
- YEDİNCİ BÖLÜM- Uzmanlık, Değerlendirme, Testler ve Raporlama: Rapor, Ölçüm, Hesaplama ve Akustik Proje Hazırlayacaklarda Değerlendirme Kriterleri, hizmetlere ilişkin kullanılacak standartlar,
- SEKİZİNCİ BÖLÜM- Denetim ve Belgelendirme: Değerlendirme, yalıtım sınıfı ve akustik kalite belgelendirmesi
- DOKUZUNCU BÖLÜM-Çeşitli ve Son Hükümler

Yönetmeliğin kapsamı, kullanımı veya uygulanmasının 4 aşamada gerçekleştirilmesi öngörülerek hazırlanmıştır (Şekil 1). Yönetmeliğin öngördüğü uygulamalar için kullanılacak kontrol listeleri (check listler) kılavuzda detaylıca açıklanmıştır. **[2].**

a) **Mimari Projelendirme / Ruhsat Aşaması**

Akustik kalite belgesi alacak olan binalar ile geleneksel yapım sistemleri ve malzemelerden farklı sistem ve malzeme içeren binalar için bina akustik uzmanı tarafından akustik proje hazırlanmalıdır. Mimari Projelendirme aşamasında Binaların gürültüye karşı yalıtımına ait yapısal düzenlemeler akustik projeye uygun olarak yapılır. Bu aşamada yönetmeliğe göre önlemlerin alınıp alınmadığını ve varsa akustik projenin varlığını değerlendiren "Bina Akustiği Değerlendirme Raporu 1 (BADR 1)" ilgili idareye teslim edilir.

b) Binaların yapım (inşaat) süreci

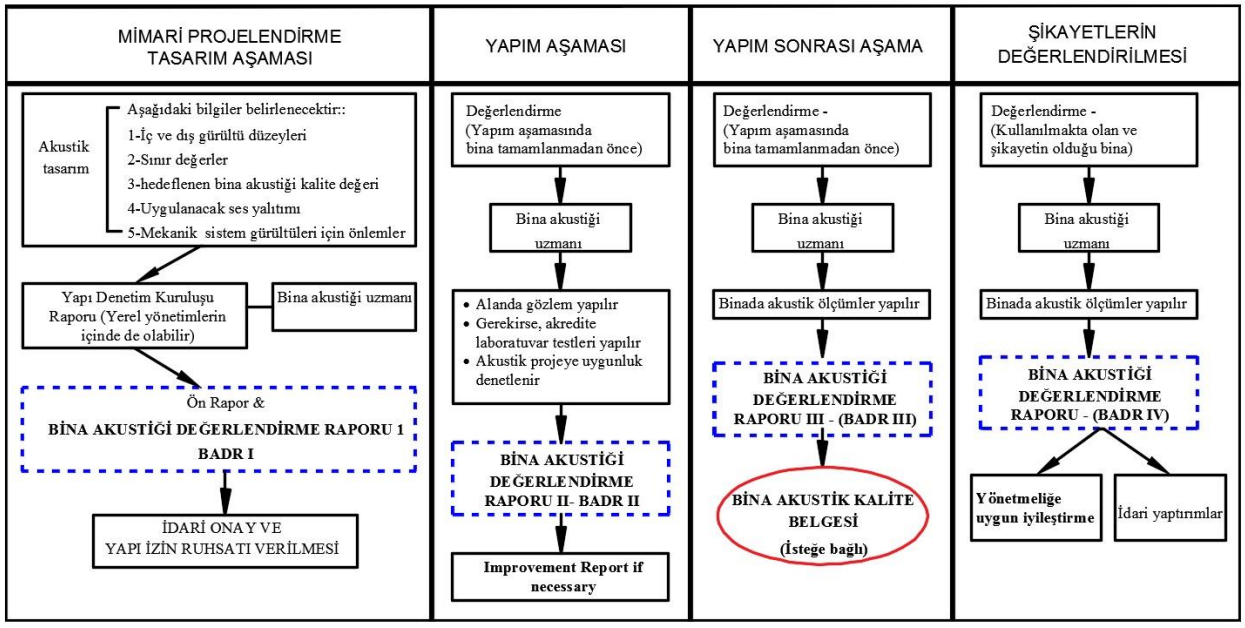
Yapım aşamasında mimari projede veya akustik projede belirtilen uygulamaların doğru yapılıp yapılmadığı akustik uzman tarafından değerlendirilir ve "Bina Akustiği Değerlendirme Raporu 2 (BADR 2)" hazırlanır.

c) Yapım sonrası değerlendirme ve belgelendirme süreci

İsteğe bağlı olarak, yapım sonrası yapılan gözlemler ve testler ile elde edilen sonuçların bu yönetmeliğe uygun olup olmadığı akustik uzman tarafından değerlendirilir ve "Bina Akustiği Değerlendirme Raporu 3 (BADR 3)" hazırlanır.

d) **Mevcut yapılarda şikayetlerin değerlendirilmesi süreci**

Yeni ve mevcut binalarda akustik ile ilgili şikayetlerin olması durumunda akustik uzman tarafından değerlendirme yapılır ve "Bina Akustiği Değerlendirme Raporu 4 (BADR 4)" doldurulur. Ancak bu konunun yönetmelikte yer alması kesinleşmiş değildir.



Şekil 1: Yönetmeliğin işleyiş aşamaları

3.2. Taslak kılavuzun amacı ve kapsamı

"Binaların Akustik Tasarımı, Uygulaması ve Denetlenmesi Kılavuzu" taslağı "Binaların Gürültüye Karşı Korunması ve Ses Yalıtımı Hakkında Yönetmelik" taslağının işleyişini kolaylaştırmak amacıyla söz konusu yönetmeliğin eki olarak hazırlanmıştır **[2].** Kılavuzun oluşturulma nedeni, taslak yönetmelikte yer alan teknik konuların anlaşılmasını sağlamak ve uygulamalar için kullanılacak kural ve yöntemlerin açıklanmasıdır. Hazırlanan kılavuz bir taslak çalışma olup, ileri dönemde geliştirilmesi hedeflenmektedir. Temel amacı yönetmeliğin işleyişini sağlamak olan kılavuzun aşağıdaki konuları kapsaması öngörülmüştür (Şekil 2):

- Yönetmeliğin kullanımını ek açıklamalar, akış diyagramları ve şematik anlatımlar ile desteklemesi
- Binaların akustik tasarımı konusunda gerekli teorik ve teknik bilgileri içermesi
- Örnek yapı elemanı kesit ve birleşim bölgesi detaylarını içermesi
- Mevcut yapıların akustiğini iyileştirme için yöntem tanımlaması
- Bina akustiğinin değerlendirilebilmesi için uygulanacak denetimleri belirlemesi
- "Bina Akustiği Değerlendirme Raporları"nı, kontrol listelerini ve denetimler sonunda alınacak "Akustik Kalite Belgesi"ni içermesi
- Yalıtım memnuniyetinin araştırılması için kullanılacak yöntemi açıklaması

Kılavuz, temelde binalarda gürültü kontrolü uygulaması ile ilgili olmakla birlikte bina akustiği içinde ülkemizde önemli bir bilgi eksikliği bulunan mekan akustiğine ve mekanik tesisat-servis sistemlerinde gürültü kontrolüne ilkesel olarak değinmektedir (Şekil 1). Kılavuzda akustik danışmanlık hizmetleri için uzmanlık sertifikaları, gerekli eğitim programları, danışmanlık kuruluşlarının sahip olacağı cihaz ve ölçüm standartları da yer almıştır. Ancak yapı sektörünün hızla genişlediği ve yeterli uzmanın henüz bulunmadığı göz önüne alınarak basit ve geleneksel yapılar için uzman olmayan kişilerin de kullanabileceği basit yöntemler açıklanmıştır.

4. BİNALARDA AKUSTİK PERFORMANS KAVRAMI

Binalarda akustik performans kavramı; bir binanın tümü veya bir bağımsız bölümü için, ses düzeylerinin kabul edilen gürültü göstergesi cinsinden, yönetmeliklerde izin verilen sınır değerleri sağlayıp sağlamadığının hesaplama veya ölçüm yoluyla belirlenmesini ifade etmektedir. Taslak yönetmeliğin üçüncü ve dördüncü bölümlerinde yalıtım göstergeleri ve sınır değerleri; a. İç mekanlardaki arka plan gürültüleri, b. Tesisat veya servis sistemlerinden kaynaklanan gürültü düzeyleri, c. Dış ve iç yapı elemanlarının hava doğuşlu ses yalıtımı d. Döşemelerin darbe sesi yalıtımı, e. İç mekanlarda gürültü kontrolu açısından reverberasyon süresi gibi faktörler açısından ayrı ayrı tanımlanmıştır **[1].** Binalarda ve içindeki bağımsız birimlerde yukarıda sıralanan beş temel ölçüte bağlı olarak yapılan değerlendirmelerin tümüne bakılarak binanın akustik kalite sınıfı ortaya konulabilmektedir.

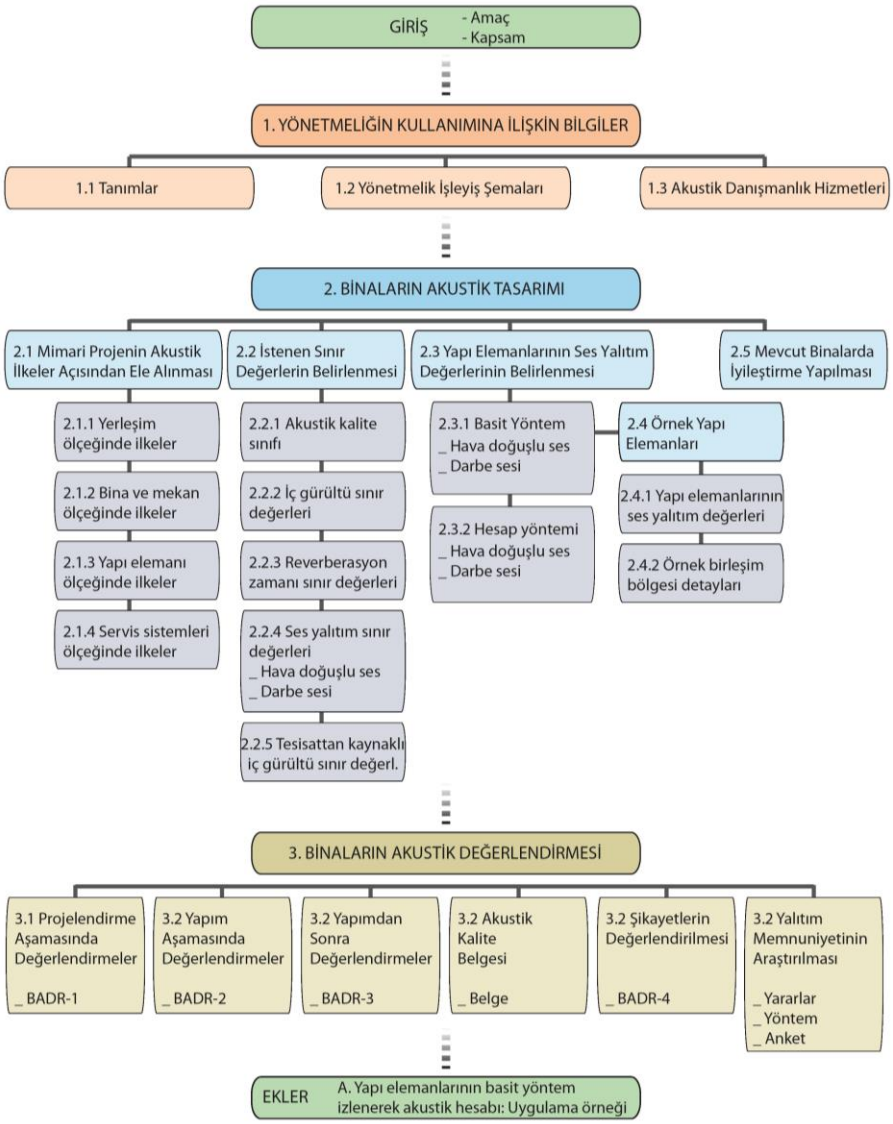
4.1 Yalıtım değerlendirme göstergeleri

Yalıtım değerlendirme göstergeleri; yapı elemanlarının sahip oldukları ses iletim kayıplarının (gürültü azaltımları) spektral değerleri üzerinde belirli ağırlıklar uygulanarak elde edilen tek sayılı değerlendirme birimleridir. Farklı göstergelerin kullanıldığı AB ülkelerinde ses yalıtımı konusunda uyum sağlanmasına yönelik 2013 te tamamlanan ve ülkemizin de katıldığı COST 0901 projesi sonucunda kararlaştırılan göstergeler ise Çizelge 2 de gösterilmiştir **[5].** Temel

amaçları; hava ve darbe doğuşlu ses yalıtımı ile cephe elemanları ses yalıtımı ve servis sistemleri kaynaklı iç gürültülerin değerlendirilmesi için ülkeler arası ortak göstergelerin ve konutlar için bir ses yalıtım sınıflandırma sisteminin önerilmesi olan projede, 30 dan fazla ülkenin ses yalıtım mevzuatında yer alan yalıtım gösterge ve sınır değerleri de ortaya konulmuştur.

Çizelge 2: COST projesinde önerilen yalıtım göstergeleri **[5]**

Kullanım Amacı	Gösterge	Frekans Aralığı	Tahmin Yöntemi	Sembol
Hava doğuşlu ses yalıtımı	D_{nT}	50 – 3150 Hz veya 100 – 3150 Hz	A_{pembe} (A_{pink})	$D_{nT,50}$ ve $D_{nT,100}$
Darbe sesi yalıtımı	L_{nT}	50 – 2500 Hz veya 100 – 2500 Hz	$A_{adım}$ ($A_{walking}$) ve ağırlıklı birleşik değerlendirme	$L_{nT,50}$ ve $L_{nT,100}$
Cephe yalıtımı	$D_{2m,ls,nT}$	50 – 3150 Hz or 100 – 3150 Hz	A_{trafik} ($A_{traffic}$) veya A_{pembe} (A_{pink})	$D_{2m,nT,50}$ ve $D_{2m,nT,100}$
Servis ekipmanı düzeyleri	$L_{eq,nT}$ veya $L_{F,max,nT}$	63 – 8000 Hz (oktav)	A- ağırlıklı (A- eighted)	$L_{Aeq,nT}$ veya $L_{AF,max,nT}$



Şekil 2: Kılavuz kapsam şeması

Ülkemiz için hazırlanan Taslak Mevzuatta, ses yalıtımının değerlendirilmesinde sözkonusu projede önerilen göstergeler yeralmış olup ayrıntılı tanımlamalar yapılmıştır. Göstergelerin uygulamada aşağıdaki gibi kullanılacağı belirtilmiştir:

- **Mekan içi gürültü göstergeleri**

Binalarda iç mekanlarda kaynak veya arkaplan gürültüsü değerlendirmesinde $L_{Aeq,T}$ ve NR göstergeleri kullanılacaktır. $L_{Aeq,T}$ kullanıcının mekanı kullanma saatlerine göre ve gündüz, akşam, gece veya 24 saat için hesaplanacaktır. NR 63-8000 Hz arasındaki oktav bantlarda belirlenecektir.

- **Binalarda mekanik sistemlerinden kaynaklanan gürültünün değerlendirilmesinde kullanılacak göstergeler**

Binalarda mekanik sistemden kaynaklanan iç gürültülerin değerlendirilmesinde $L_{eq,nT}$, $L_{F,max,nT}$ veya ağırlıklandırılmış L_{eq}, L_{max} göstergeleri kullanılacaktır. $L_{eq,nT}$ ve $L_{F,max,nT}$ değerleri; ekipmanın türüne göre 63-8000Hz arasında oktav bantlarda belirlenecektir. Isıtma, soğutma, havalandırma sistemleri, ve boyler için L_{eq} kullanılacaktır. Asansörler, temiz ve pis su tesisatı, çöp bacaları, garaj kapıları, pompalar ve diğer darbeli ses kaynakları için L_{max} kullanılacak ve en az 3 ölçüm için tekrarlanabilirlik belirlenecektir. Boyler ve çöp bacalarının gürültüleri için C-ağırlık, diğerleri için A-ağırlık uygulanacaktır

- **Dış yapı elemanlarının ses yalıtımının değerlendirilmesinde kullanılacak göstergeler**

Binaların dış duvarlar, pencereler, çatı, teras döşemeleri ve benzeri dış yapı elemanlarının hava doğuşlu seslere karşı yalıtımlarının değerlendirilmesinde; $D_{2m,nT}$ ve $D_{2m,nT,w}$ kullanılacaktır. $D_{2m,nT}$ değerleri; 1/3 oktav bantlarda 50-3150 Hz veya 100 Hz - 3150 Hz arasında belirlenecektir. Alçak frekanslarda ölçüm sonuçlarının tekrar elde edilebilirliği kontrol edilecektir. Ayrıca $D_{2m,nTw}$ göstergesi; $C_{tr,\ 50\text{-}3150}$ veya $C_{tr,\ 100\text{-}3150}$ spektrum uyarlama terimi ile birlikte $D_{2m,nT,50}$ veya $D_{2m,nT,100}$ olarak da ifade edilecektir.

- **İç yapı elemanlarının ses yalıtımının değerlendirilmesinde kullanılacak göstergeler**

Binalarda iç duvarlar ve döşemelerin hava doğuşlu seslere karşı yalıtımlarının değerlendirilmesinde D_{nT} ve D_{nTw} kullanılacaktır. D_{nT} ; 1/3 oktav bantlarda 50 -3150 Hz veya 100 Hz - 3150 Hz arasında belirlenecektir. D_{nTw} göstergesi ; $C_{100\text{-}3150}$ spektrum uyarlama terimi ile birlikte $D_{nT,100}$ olarak da ifade edilecektir.

- **Döşemelerin darbe sesi yalıtımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak göstergeler**

Binalarda döşemelerin darbe sesine karşı yapılacak yalıtımın değerlendirilmesinde L'_{nT} ve L'_{nTw} göstergeleri kullanılacaktır. L'_{nT} ; 1/3 oktav bantlarda en düşük 50 Hz veya 100 Hz , en yüksek 2500 Hz veya 3150 Hz arasında belirlenecektir. Ahşap veya çelik döşemeler gibi hafif katmanlı döşemelerde alt sınır 50 Hz, beton döşemelerde üst sınır 3150 Hz seçilecektir. L'_{nTw} değeri ayrıca ağırlıklandırılmış olarak $C_{I,50\text{-}2500}$ veya $C_{I,\ 50\text{-}3150}$ spektrum uyarlama terimi ile birlikte $L'_{nT,50}$ olarak da ifade edilecektir.

4.2. Ülkemiz için önerilen akustik kalite sınıfları ve sınır değerleri

Yönetmelik taslağında binalarda çeşitli mekanlar için sağlanması istenilen ses yalıtım değerleri; kaynak odasının gürültülülük düzeyi ve alıcı odasının gürültüye karşı duyarlılığına bağlı olarak yalıtım sınıflarına göre verilmiştir **[1]**. Yeni yapılacak binalarda yalıtım sınıfının en az C sınıfını sağlaması hedeflenmiştir. Ayrıca, binaların ses yalıtım performanslarının belgelendirilmesi için isteğe bağlı olarak "Akustik Kalite Belgesi" verilmesine ilişkin esaslar da açıklanmıştır. Böylelikle, AB ülkelerinde kabul edilen uygulamalar da gözönüne alınarak, binalarda iç ve dış yapı elemanlarının hava doğuşlu ve darbe sesi ses yalıtımları, kabul edilebilir iç ortam gürültü

düzeyleri, reverberasyon zamanı ve mekanik sistemlerden kaynaklanan gürültü düzeyi ölçütlerine bağlı olarak binaların akustik açıdan performansları değerlendirilebilecektir. Ülkemiz için yalıtım sınıflandırması COST projesinde belirlendiği şekilde A-F arasında 6 dereceli olacak şekilde yapılmış ve en düşük sağlanması gereken yalıtım sınıfı yeni inşa edilecek binalar için (Yönetmeliğin yürürlüğe girmesinden sonra inşa edilen binalar) ‘’C’’ sınıf olarak öngörülmüştür. COST Projesi sadece konutlar için hazırlanmış olmasına rağmen, Taslak Yönetmelik için önerilen sınır değerler 12 farklı bina işlevi için ayrı ayrı tanımlanmıştır. Bu işlevler; Konutlar, Eğitim tesisleri, Sağlık tesisleri/Çocuk ve yaşlı bakımevleri, Büro ve idari binalar, Konaklama tesisleri, Yurt binaları, Kültürel tesisler, Ticari tesisler, Terminaller, İdari tesisler, Eğlence tesisleri ve Spor tesisleridir. Bina işlevinin ya da mekanlar arası komşuluk ilişkilerinin kesin olarak tanımlanmış olduğu durumlarda Yönetmelikte 12 farklı bina kullanım işlevi ve mekanlar arasındaki komşuluk ilişkilerine ilişkin istenen ses yalıtım limit değerleri çizelgeler ile belirlenmiştir. Konut örneği için verilen değerler Çizelge 3-5’te yer almaktadır.

Çizelge 3: Konutlarda dış duvarlar için istenen en düşük hava doğuşlu ses yalıtım değerleri ($D_{2m,nT,100}$ [a] [b], dB)

Yalıtım sınıfı	**İç ortam gürültü düzeyi**	**Dış Gürültü Düzeyi L_{gag} (L_{den}), dB**					
	L_{Aeq}, dB	**>80**	**76-80**	**71-75**	**66-70**	**61-65**	**55-60**
A	22	61	57	52	47	42	36
B	26	57	53	48	43	38	32
C	30	53	49	44	39	34	28
D	34	49	45	40	35	30	24
E	38	45	41	36	31	26	20
F	42	41	37	32	27	22	16

Çizelge 4: Konutlarda bölme elemanları için istenen en düşük hava doğuşlu ses yalıtım değerleri ($D_{nT,100}$ [b] [c], dB)

KOMŞULUK İLİŞKİSİ		YALITIM SINIFI					
Mekan	Mekan	A	B	C	D	E	F
Ticari işletme	Bağımsız birim	68	64	60	56	52	48
Sirkülasyon alanı	Bağımsız birim	68	64	60	56	52	48
Yatak Odası	Yatak odası arası	62	58	54	50	46	42
Oturma Odası	Yatak Odası arası	62	58	54	50	46	42
Mutfak / banyo	Yatak Odası	68	64	60	56	52	48
Koridor / hol	Yatak Odası	62	58	54	50	46	42
Mutfak / banyo	Oturma Odası	65	61	57	53	49	45
Koridor / hol	Oturma Odası	59	55	51	47	43	39

[a] $D_{2m,nT,100} = D_{2m,nT,w} + C_{tr}$

[b] Gürültü spektrumunda düşük frekans bileşenleri ağırlıklıysa veya akustik uzmanın gerekli gördüğü durumlarda frekans aralığı genişletilerek kullanılan göstergeler şu şekilde farklılaşabilmektedir: $D_{2m,nT,50} = D_{2m,nT,w} + C_{tr,50\text{-}3150}$ ve $D_{nT,50} = D_{nT,w} + C_{50\text{-}3150}$

[c] $D_{nT,100} = D_{nT,w} + C$

Çizelge 5: Konutlarda döşemeler için sağlanacak en yüksek darbe sesi yalıtım düzeyleri ($L'_{nT,100}$[d] [e], dB)

KOMŞULUK İLİŞKİSİ		YALITIM SINIFI					
Mekan	Mekan	A	B	C	D	E	F
Bağımsız birim[f]	Bağımsız birim	44	48	52	56	60	64
Ticari işletme	Bağımsız birim	38	42	46	50	54	58
Sirkülasyon alanı	Bağımsız birim	38	42	46	50	54	58
Sirkülasyon alanı - Yatay darbe iletimi	Bağımsız birim	48	52	56	60	64	70

Yönetmelikte ses yalıtım değerlerinin yanı sıra mekan içerisinde izin verilen en yüksek iç gürültü düzeyleri de tanımlanmıştır. İklimlendirme ekipmanlarından dolayı oluşan iç gürültü düzeylerinin ise iç gürültü düzeylerinden 4 dBA daha düşük olması önerilmiştir. Konutlar için kabul edilen değerler Çizelge 6-7'de yer almaktadır. Diğer tesisat ve servis sitemlerinden kaynaklanan gürültüler için COST projesinde **[5]** önerilen sınır değerler aynen kabul edilmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 6: Konutlarda akustik kalite sınıfına bağlı izin verilen mekan içi en yüksek gürültü düzeyleri, dBA

BİNA İŞLEVİ	**MEKAN**	**ZAMAN DİLİMİ** Gece : 23.00 – 07.00 Akşam: 19.00 – 23.00 Gündüz: 07.00 – 19.00	L_{Aeq}					
			AKUSTİK KALİTE SINIFI					
			A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Konutlar	Yatak Odaları	Gece	22	26	30	34	38	42
	Yaşam Alanları	24 saat	27	31	35	39	43	47
	Mutfaklar	24 saat	27	31	35	39	43	47

Çizelge 7: Konutlarda iklimlendirme ekipmanlarına bağlı izin verilen en yüksek iç gürültü düzeyleri[1],dBA

BİNA İŞLEVİ	**MEKAN**	**ZAMAN DİLİMİ** Gece: 23.00 – 07.00 Akşam: 19.00 – 23.00 Gündüz: 07.00 – 19.00	L_{Aeq}					
			AKUSTİK KALİTE SINIFI					
			A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Konutlar	Yatak Odaları	Gece	18	22	26	30	34	38
	Yaşam Alanları	24 saat	23	27	31	35	39	43
	Mutfaklar	24 saat	23	27	31	35	39	43

Çizelge 8: Diğer tesisat ve servis ekipmanlarına bağlı izin verilen en yüksek iç gürültü düzeyleri, dB

ALICI VE GÜRÜLTÜ KAYNAĞI	**AKUSTİK KALİTE SINIFI**					
	A	B	C	D	E	F
Sıhhi tesisat kaynaklı gürültü (banyo, tuvalet, duş tesisatı, $L_{max,F}$)	20	24	28	32	36	40
Diğer mekanik servis ekipmanlarına bağlı gürültü kaynakları (asansör, pompa, garaj kapısı), $L_{max,F}$	25	29	33	37	41	45

[d] $L'_{nT,100} = L'_{nT,w} + C_I$

[e] Gürültü spektrumunda düşük frekans bileşenleri ağırlıklıysa veya akustik uzmanın gerekli gördüğü durumlarda frekans aralığı genişletilerek kullanılan göstergeler şu şekilde farklılaşabilmektedir: $L'_{nT,50} = L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$

[f] Aynı bağımsız birime ait katlar arasındaki döşemelerde de bu kriter aranır.

Bir mekanın reverberasyon süresi, mekan içindeki ses düzeylerini önemli ölçüde etkileyebileceğinden yönetmelikte belirlenen 12 farklı bina işlevi için ayrıca reverberasyon süresi limit değerleri de tanımlanmış ve zorunlu koşulmuştur. Çizelge 9 konutlar için verilen değerleri göstermektedir.

Çizelge 9: Akustik kalite sınıfına bağlı olarak özel mekanlar için sağlanacak en yüksek reverberasyon zamanları, s

BİNA İŞLEVİ	MEKAN	AKUSTİK KALİTE SINIFI					
		A	B	C	D	E	F
Konutlar	Merdivenler	0,8	1.0	1,3	1,6	2	2,5
	Yatak Odaları	0.5					
	Yaşam Alanları, Mutfak	0.8					

5. SONUÇ

Binalarda gürültüye karşı etkin koruma, yapı elemanlarının doğru tasarımı, değerlendirme göstergelerinin ve sınır değerlerinin doğru seçilmesi ile gerçekleştirilebilir. Avrupa Birliği üyesi ve diğer pek çok ülkede, yönetmelikler ve diğer kılavuz kaynaklarca çevre gürültüsü, arka plan gürültüsü ve yapı elemanlarından beklenen ses yalıtımı için sınır değerler belirlenmiştir. Ülkemizde bu konuda henüz bir mevzuatın bulunmaması; gürültüye karşı yeni yapılan binalarda yeterli önlem alınmamasına, insanların sağlığı ve konforu açısından olumsuz durumların ortaya çıkmasına ve çoğu durumda kişilerin sonradan hukuki yollara başvurmasına neden olmaktadır. T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından başlatılan yönetmelik hazırlığı ile büyük bir eksikliğin giderilmesi hedeflenmiştir.

Taslak yönetmelik ve kılavuz, üniversite ve çeşitli kurum ve kuruluşlardan gelecek önerilere göre kesinleştirilecek ve bildirilen görüşler doğrultusunda sonuç metin hazırlanacaktır. Bu aşama içinde diğer mevzuata yansıtılması gereken konular belirlenecek ve yönetmeliğin sektöre etkisi analiz edilecektir. Yönetmeliğin eki niteliğinde olan; yönetmeliğin nasıl uygulanacağını göstermek ve teknik bilgi vermek amacıyla hazırlanan taslak kılavuzun da tamamlanması ile -ülkemiz diğer ülkelere göre konu ile ilgilenmeye gecikmiş olarak başlamasına karşın- kapsamlı bir mevzuata kavuşmuş olacaktır. Ancak kuşkusuz gerçek başarı; uygulama denetimlerine ve bu konuda bilinçlenmeye bağlıdır.

KAYNAKLAR

[1] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Mesleki Hizmetler. [Çevrimiçi] [Alıntı tarihi: 26 Mart 2016] http://www.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/editordosya/gurultu_yonetmelik.rar .

[2] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Mesleki Hizmetler. [Çevrimiçi] [Alıntı tarihi: 26 Mart 2016] http://www.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/editordosya/Kilavuz.pdf

[3] Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC), T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı [Çevrimiçi] [Alıntı tarihi: 26 Mart 2016] http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100604-5.htm

[4] Kurra S., "EU COST TU 0901 - Ses Yalıtımı Değerlendirmelerinde Uyum Projesi Ve Sonuçların Ülkemizde Uygulanabilirliği" Türk Akustik Derneği, 10.Ulusal Akustik Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu, İstanbul, 16-17 Aralık 2013

[5] Building acoustics throughout Europe Volume 1: "Towards a Common Framework in Building Acoustics Throughout Europe", COST European Cooperation in Science and Technology, (Editors: B.Rasmussen, M.Machimbarrena, Cost Office 2013

[6] Building acoustics throughout Europe Volume 2: “Housing and construction types country by country” COST European Cooperation in Science and Technology, (Editors: B.Rasmussen, M.Machimbarrena), Cost Office 2013
[7] British Standards Institution. Guidance on sound insulation and noise reduction for buildings. BS 8233
[8] Robust Details Ltd . Robust Details. 3. Baskı Building Regulations Part E. Milton Keynes : Robus Details Ltd, Temmuz 2010.
[9] Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido. Codigo Tecnico de la edificacion. 2009.
[10] Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Catálogo de Elementos Constructıvos del CTE. Codigo Tecnico de la edificacion. 2010.
[11] The Scottish Government. Technical Handbook. 2013.
[12] The Scottish Government. Example Constructıons And Generıc Internal Constructıons: For Use Wıth Sectıon 5: Noıse Of The Technical Handbooks. 2010.
[13] l’Association QUALITEL. Qualitel. 2008.
[14] Direction Générale de l’Urbanisme de l’Habitat et de la Construction. Exemples de Solutions Acoustiques. Réglementatıon Acoustıque. 2002.
[15] Austrian Standards Institute. Part 4: Measures to fulfill. Sound insulation and room acoustics in building construction. Viyana : Österreichisches Normungsinstitut, 2003. ÖNORM B 8115-4.
[16] Austrian Standards Institute. Katalog für schallschutztechnische kennwerte von bauteilen, ON V 32. Viyana : ON Österreichisches Normungsinstitut, 2001.
[17] Belgian Building Research Institute. De Lucht-en Contactgeluidisolatie van Woongebouwen. Draft 10 - Techische Voorlichtingsnota-1. s.l. : Belgian Building Research Institute, 2015.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

TÜRK STANDARTLARI ENSTİTÜSÜ (TSE) TUZLA AKUSTİK LABORATUVARLARI

Türker Talayman [a]
Talayman Akustik Müh.Ltd.Şti.
Kozyatağı, İstanbul, 34742

ÖZET

Yapı tekniğindeki gelişmeler, bu konuda ülkemizdeki nitelikli ürünler üreten üreticilerin artışı, yurtiçinde yapılarda akustik önlemler ve konfor ile ilgili beklentilerin artması sonucunda yapılarda kullanılan malzemelerin ve bunlarla oluşturulan detaylarla ilgili olarak ulusal ve uluslararası standartlarda ölçümlerin gerçekleştirilmesini gerektirmiştir. Yapı akustiğine yönelik olarak yayınlanmak üzere ulusal yönetmelik de bunu destekleyen ve talep eden bir mevzuat olarak ortaya çıkmaktadır. Ürün ve yapı detaylarının geliştirilmesi, sistemlerin üçüncü taraf akredite laboratuvarlarda ölçümlerinin yapılması nitelikli yapı imalatlarının arttığı yapı sektörü açısından önemli bir ihtiyaçtır. Yapı akustiği ölçümleri, malzemelerin akustik özelliklerinin belirlenmesi ve ses gücü düzeyi ölçüm ve değerlendirilmesi amacıyla TSE İstanbul Tuzla Yalıtım Laboratuvarları kapsamında Akustik Laboratuvarları tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında havadan yayılan ve yapıdan yayılan seslere karşı yalıtım düzeyi ölçümleri için TS EN ISO 10140 serisi, ses yutum katsayısı ölçümleri için TS EN ISO 354 ve ses gücü düzeyi ölçümleri için TS EN ISO 3741 standartları uyarınca test odaları tasarlanmış ve imal edilmiştir. Ayrıca akustik uygulamalarda kullanılan malzemelerin niteliklerinin belirlenmesi için TS EN ISO 10534-2 empedans tüpü ve TS EN 29053 hava akış direnci ölçüm düzenekleri de kurulmuştur. 50-100Hz bantlarında güvenilir sonuçların alınabildiği, bilgisayar tabanlı güncel ölçüm sistemleri, yalıtım ölçümleri düzeneklerinde hareketli kaynak odaların kullanılması, deneye tabi tutulacak ürünleri taşıyacak hareketli test çerçeveleri gibi yüksek nitelikli bir laboratuvar yapısı tasarlanıp imal edilmiş, devreye alınmış ve akreditasyon ile birlikte çalışmaya başlamıştır.

Anahtar sözcükler: Akustik Laboratuvar, Yapı Akustiği Ölçümü

ABSTRACT

The acoustic laboratory suit within TSE Istanbul Tuzla Building Materials Fire and Acoustics Laboratory is designed to cover building acoustics measurement, sound power measurements and measurements relating to acoustical properties of materials. The design and construction of the measurement chambers comply with the requirements given by TS EN ISO 10140, TSE EN ISO 354 and TS EN ISO 3741. Besides these, an impedance tube system complying with TS EN ISO 10534-2 and air flow resistivity measurement system complying with TS EN 29053 is provided for material testing. Sound insulation testing setups incorporate moving source rooms and moving test frames which provide faster overall measurement processing time.

Key words: Acoustic Laboratory, Building Acoustics Measurement

[a] e-posta adresi: turker.talayman@talayman.com

1. GİRİŞ

Yapı sektörünün son dönemdeki önemli gelişimi ve ülke ekonomisi açısından lider konumu, buna bağlı olarak yerli yapı malzemesi üreticisi firmaların ve ürünlerinin artış gösteren çeşitliliği dikkat çekicidir. Ülkemizde son yıllarda akustik yalıtım, gürültü denetimi gibi konularda yönetmelik ve mevzuatlara da bağlı olarak bir farkındalık gelişmekle birlikte, inşaat proje yönetim şekillerinin gelişmesinin yanı sıra tüketicilerden gelen talepler doğrultusunda olumlu gelişmeler yaşanmaktadır. Ancak bu farkındalığın oluşmasına neden olan faktörler içerisinde maliyet ve uygulama hızının düşürülmesi hedefiyle yapı detaylarının akustik performansın genel olarak zayıflaması, şehirlerin gürültü düzeylerindeki artış ve yapıların gürültü kaynaklarıyla arasındaki mesafelerin azalması nedeniyle artan maruziyeti de dikkate almak gereklidir. Ülkemizdeki yapı stoğunun hızlı bir şekilde artması ve kentsel dönüşüm olarak adlandırılan eski binaların yeni ve nitelikli binalara dönüştürülmesi sürecinde yapı akustiği bağlamında bazı eksikliler gözlemlenmektedir. Bunların başında yapı akustiğine yönelik bir mevzuatın henüz yayınlanmamış olması itibariyle sağlanması gereken asgari akustik şartların belirlenmemiş olması gelmektedir. Diğer bir husus ise akredite düzeyde yapı akustiği laboratuvarının sayıca az olması ve üreticilerin ürünleriyle ilgili üçüncü taraf akredite akustik laboratuvar test sonuçlarını sunmamasıdır.

Buradan hareketle Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'nün inisiyatifiyle yapı sektörü ihtiyaçlarına cevap verecek bir akustik laboratuvar kompleksinin kurulması istenmiştir. TSE'nin İstanbul Tuzla Aydınlı'da bulunan yerleşkesi içerisindeki Yapı Malzemeleri Yangın ve Akustik Laboratuvar Müdürlüğü'ne bağlı olarak inşa edilen ve devreye alınan akustik laboratuvarların tasarımı ve özellikleri ile ilgili bilgilerin bu çalışma ile aktarılması hedeflenmiştir.

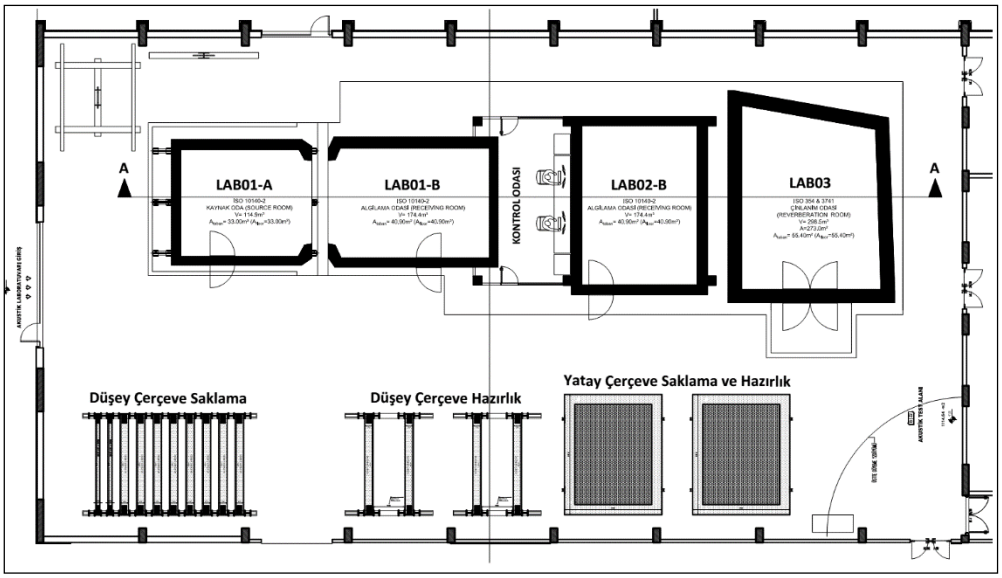
Talep edildiği üzere akustik laboratuvar kompleksi yapı akustiği ölçümleri, malzemelerin akustik özelliklerinin belirlenmesi ve ses gücü düzeyi ölçümleri amacıyla tasarlanmış ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında havadan yayılan ve yapıdan yayılan seslere karşı yalıtım düzeyi ölçümleri için TS EN ISO 10140 serisi, ses yutum katsayısı ölçümleri için TS EN ISO 354 ve elektrikli aletler gibi ses kaynaklarının ses gücü düzeyi ölçümleri için TS EN ISO 3741 standartları uyarınca test odaları tasarlanmıştır. Bunların yanı sıra araştırma-geliştirme aşamasında olan veya akustik uygulamalarda kullanılan malzemelerin akustik niteliklerinin belirlenmesi için TS EN ISO 10534-2 empedans tüpü ve TS EN 29053 hava akış direnci ölçüm düzenekleri de kurulmuştur. TS EN ISO/IEC 17025 standardı uyarınca Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından Haziran 2015 içerisinde yapılan inceleme ve denetlemeler başarıyla sonuçlanmış olup, TÜRKAK tarafından yetkilendirme Eylül 2015 itibariyle yapılmıştır.

2. GENEL ÖZELLİKLER

TSE Tuzla Akustik Laboratuvarları projenin Teknik Şartnamesinde talep edilen şartları karşılayacak şekilde temelde dört grup yapı olarak tasarlanmıştır. Bunlardan ilk üç grup yapı, yaklaşık olarak 1.100m^2 taban alanı ve ortalama 12m tavan yüksekliğe sahip hol içerisinde planlanmıştır. Dördüncü grup ise idari binanın ofis katında ayrılmış bir alanda empedans tüpü ve hava akış direnci ölçüm düzeneklerini barındıran bir yapı olarak planlanmıştır. Planlanan yapıların kullanım amaçları aşağıdaki gibi listelenebilecektir.

- LAB 01 - Düşey tip yapı elemanlarının (duvar, kapı, pencere, cephe malzemeleri, gürültü bariyerleri, vb.) hava doğuşlu sese karşı yalıtım performanslarının ölçümü
- LAB 02 – Yatay tip yapı elemanlarının (döşeme, zemin kaplaması, vb.) darbe sesi ve hava doğuşlu sese karşı yalıtım performanslarının ölçümü
- LAB 03 – Çınlama odasında ses yutuculuk ve ses gücü düzeyi ölçümleri
- LAB 04 – Empedans tüpüyle malzemelerin ses yutuculuk ve ses yalıtım performansı ölçümü ve gözenekli malzemelerin hava akış direnci ölçümleri

İlk üç laboratuvar grubunun içerisinde bulunduğu hole ilişki yerleşim planı çizimi ve genel görünüme ilişkin fotoğraflar aşağıdaki şekillerde sunulmuştur.



Şekil 1: Akustik laboratuvarları holü yerleşim planı



Şekil 2: Laboratuvar holü genel görünüşüne ilişkin fotoğraflar

3. LABORATUVARLARIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

3.1. Ses Yalıtım Düzeyi Ölçüm Laboratuvarları

Ülkemizde yapı elemanlarının ses yalıtım düzeylerinin laboratuvarda ölçülmesiyle ilgili olarak uluslararası ISO standartlarından uyumlaştırılmış olan TS EN ISO 10140 [**1**] serisi standartlar uyarınca tarif edilen şartlara göre yapılmaktadır. Söz konusu laboratuvar yapısı için fiziki şartlar ve teçhizatla ilgili konuların yer aldığı TS EN ISO 10140-5 standardı uyarınca planlama ve imalatlar gerçekleştirilmiştir. Hava doğuşlu ses yalıtımı TS EN ISO 10140-2, darbe sesi yalıtımı ise TS EN ISO 10140-3 standartlarında aktarılan detaylar ve TS EN ISO 10140-4 standardında belirtilen prosedürlere uygun olarak ölçülmektedir.

Laboratuvar çalışma prensiplerinin ortaya çıkarıldığı ilk planlama aşamasında yalıtım ölçümleri için kullanılacak laboratuvarın düşey ve yatay yapı elemanları için bağımsız şekilde ölçüm yapılabilmesine olanak sağlamak üzere iki farklı yapı olarak kurgulanmasına karar verilmiştir. Buna göre düşey yapı elemanları ölçümlerinde kullanılan iki komşu çınlama odası olarak tarif edilen ilk oda çifti "LAB 01" koduyla adlandırılmıştır. Düşeyde komşu durumda ve biri diğerinin üzerinde çalışacak şekilde tasarlanan ikinci grup çınlama odaları çifti ise "LAB 02" koduyla adlandırılmış olup yatay yapı elemanlarının ölçümleri için tasarlanmıştır. Ses yalıtım düzeyi ölçümlerinin gerçekleştirildiği bu çift odalı düzeneklerin her ikisinde de Kaynak Odalar elektro-mekanik sistemlerle hareket eden yapılar olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir. LAB 01 ve LAB 02 düzeneklerinde Kaynak Odaları "A", Algılama Odaları "B" indisiyle gösterilmiştir. Odaların fonksiyon ve fiziksel özellikleri çizelge olarak aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 1: **Ses yalıtım laboratuvar yapıları teknik özellikleri**

Oda Kodu	Ölçüm Standartları	Düzeneğin Özelliği	Oda Özelliği	Hareket Özelliği	Hacim (m^3)	Bulunduğu Kot (m)
LAB-01 / A	TS EN ISO 10140-2	Çelik konstrüksiyon üzerine çift kabuklu çınlama odası	Kaynak Oda	Yatay Hareket	114,9	+0,00
LAB-01 / B	TS EN ISO 10140-2	Betonarme ve hafif kabuktan oluşan çınlama odası	Algılama Odası	Sabit	174,4	+0,00
LAB-02 / A	TS EN ISO 10140-2 ve TS EN ISO 10140-3	Çelik konstrüksiyon üzerine çift kabuklu, üst çınlama odası	Kaynak Oda	Düşey ve Yatay Hareket	74,1	+4,00
LAB-02 / B	TS EN ISO 10140-2 ve TS EN ISO 10140-3	Betonarme ve hafif kabuktan oluşan alt çınlama odası	Algılama Odası	Sabit	175,4	+0,00

Standart uyarınca oda hacimleri ve lineer boyutları farklı en az %10 fark olacak şekilde tasarlanmıştır. Algılama odaları dış kabukları betonarme olarak imal edilmiş ve iç kabuk betonarme döşemelerinin titreşim alıcı yaylar üzerinde yüzdürülmesi sağlanmıştır. Hareketli kaynak odalar ise betonarme taban üzerine çelik konstrüksiyon duvar ve tavan taşıyıcı sistem ile kurulmuş olan yapının dıştan taşyünü dolgulu sandviç panel ve içte ise titreşim alıcılar ile asılmış hafif konstrüksiyon duvar ve tavanlarla bitirilmesi sağlanmıştır.

Ses yalıtım laboratuvarlarının planlamasında klasik ve genel yaklaşım kaynak ve algılama odaları arasında standart uyarınca en az $10m^2$ açıklığa sahip deney duvarı açıklığının sağlanması ve odaların dolaylı ses iletim yollarını baskılayacak şekilde detaylandırılarak birbirinden ayrık bir şekilde imal edilmesidir. Bu tip yapılarda özellikle ıslak duvar veya şaplı döşeme imalatları gibi tekniklerin kullanıldığı durumlarda deneyi yapılacak detayın kuruması, kürlenmesi veya şartlanması için gereken süreler dikkate alındığında laboratuvarın bir yıl içerisinde yapabileceği toplam ölçüm sayılarında ciddi kısıtlamalar söz konusu olmaktadır. Bunu aşmak üzere TSE tarafından talep edilen şartlar uyarınca deney malzemelerinin laboratuvar odalarının dışında hazırlanıp şartlandırılmasına imkan sağlayan bağımsız deney çerçeveleri tasarlanmıştır. Yurtdışında bazı tanınmış akustik laboratuvarlarında, ülkemizde de FTI Akustik Laboratuvarlarında benzer yaklaşımla kullanılan hareketli deney duvarı prensibi bu çalışmaya konu laboratuvar yapısında da kullanılmıştır. Dışarıda hazırlanan deney çerçevelerinin kaynak ve algılama odaları arasına yerleştirilebilmesi için kaynak odaların hareketli olması planlanmıştır. Elektro-mekanik tahrik sistemleri yardımıyla sağlanan hareket uyarınca kaynak odanın açılması, deneye hazır bir çerçevenin yatay veya düşey yalıtım laboratuvarlarına holde bulunan köprü vinç yardımıyla uygun şekilde yerleştirilmesi ve son olarak kaynak odanın kapanarak sızdırmazlığın elde edilmesi sağlanmaktadır. Çerçeveler ile kaynak ve algılama odaları birleşim noktalarında sızdırmazlık için kademeli şekilde contalar kullanılmıştır. Ayrıca gerekli olduğu durumlarda ilave önlem olarak bu tip laboratuvarlarda kullanımı yaygın olan sertleşmeyen yoğun akustik macun (Perennator TX 2001 S) da tedarik edilmiştir.

Duvar tipi elemanlar, gürültü bariyerleri, kapılar, pencere tipi küçük elemanlar, yüzer döşeme malzemeleri ve asmolen tipi döşemeler için çerçeveler imal edilmiştir. Düşey tip elemanların ses yalıtım ölçümleri için 4 tip, yatay tip elemanların ses yalıtım ölçümleri için ise 3 tip çerçeve tasarlanmıştır. Tüm bu tiplerden farklı adetlerde, toplamda ise 15 adet çerçeve imal edilerek, laboratuvarın taleplere daha hızlı cevap verecek imkanlara sahip olması hedeflenmiştir. Düşey deney çerçevelerinde deney malzemesi açıklığı $12,42m^2$, cam ya da küçük yapı elemanı açıklığı standart uyarınca 1250x1500mm, yatay deney çerçevelerinde ise deney açıklığı $18,33m^2$ olacak şekilde tasarlanmıştır. Deney çerçeveleri laboratuvar odalarının bulunduğu holde ayrılan bir alanda üzerine deneye tabi tutulacak düşey yapı malzemelerinin uygulanması için özel tasarlanmış çelik raflara yerleştirilmiş olup, ayrıca düşey çerçeve saklama ünitesi ile şartlanmayı bekleyen ya da uygulama yapılmamış boş çerçevelerin saklanması sağlanmıştır. Yatay çerçevelerin saklanması ve hazırlanması için aynı alan kullanılmakta olup gerekli planlamaya göre yatay çerçeveler iki grup halinde üst üste yerleştirilerek saklanmaktadırlar.

Laboratuvar odalarının geometrik boyutlarının hesabında oda içi modları dikkate alınarak hesaplama ve planlamalar yapılmıştır. 100Hz altındaki düşük frekans bantlarında ölçümlerin daha sağlıklı yapılabilmesi ve tekrar edilebilirliğin sağlanabilmesi için oda içi hacimleri standartta belirtilen alt limit değeri olan $50m^3$'ün çok üzerinde planlanmıştır. Odaların içerisindeki dağınık ses alanının elde edilebilmesi için büyük alanlara sahip akrilik camdan ses saçıcı levhalar, standart uyarınca oda hacmine bağlı olarak verilen en yüksek çınlama düzeyi değerlerini elde etmek üzere her oda için ses yutucu panolar kullanılarak ölçüm çalışmaları için gerek şartların sağlanabildiği laboratuvar odaları ortaya çıkarılmıştır.

Ses yalıtım laboratuvarlarında ölçülebilir en yüksek yalıtım düzeyinin belirlenmesi için TS EN ISO 10140-5 standardı Ek.A'da belirtilen Tip.C Ağır Duvar detayı LAB 01'de, bunun yanı sıra Tip.C Ağır Döşeme detayı da LAB 02'de uygulanmıştır. Bu detaylara göre yapılan ses yalıtım düzeyi

ölçümlerinde LAB 01 için R'_{max}=74dB, LAB02 için ise R'_{max}=79dB olarak ölçülmüştür. Algılama odaları içerisindeki geri plan gürültü seviyeleri 50-5000Hz aralığında L_b=18dB düzeyinde ölçülmüştür.

Ölçüm sistemleri planlamasında ölçüm düzeneğinde işlemlerin olabildiğince hızlı ve bilgisayar kontrollü şekilde yürütülmesi hedefiyle uygulama gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar kontrollü analizörler, Tip.1 sınıfı mikrofon ve kalibratörler, döner mikrofon sehpaları, değişik ses nitelikte ses kaynakları ve bu kaynakları süren güç yükselticileri, darbe üreteci, haberleşme modülleri, dijital ses işlemci modülü gibi elemanlardan oluşan modern bir laboratuvar ölçüm sistemi kurgulanmış ve devreye alınmıştır. Ölçüm sistemlerinin bir parçası olan kaynak odaların içerisindeki ses kaynakları olarak orta ve yüksek frekans bantlarında ses yayınlayan çok-yönlü 12-yüzlü hoparlör (omni-directional), düşük frekans bandındaki yayın için ise büyük çaplı bas hoparlörler (subwoofer) kullanılmaktadır. TS EN ISO 10140-5 Ek.D'ye göre kaynak yeri doğrulama işlemleri gerçekleştirilmiş ve her iki kaynak odası içerisinde üçer adet ses kaynağı noktası belirlenerek özellikle düşük frekans bandındaki (50-100Hz) oda içi ses yayılımının kararlı ve yeterli ses düzeyinde olması sağlanmıştır.

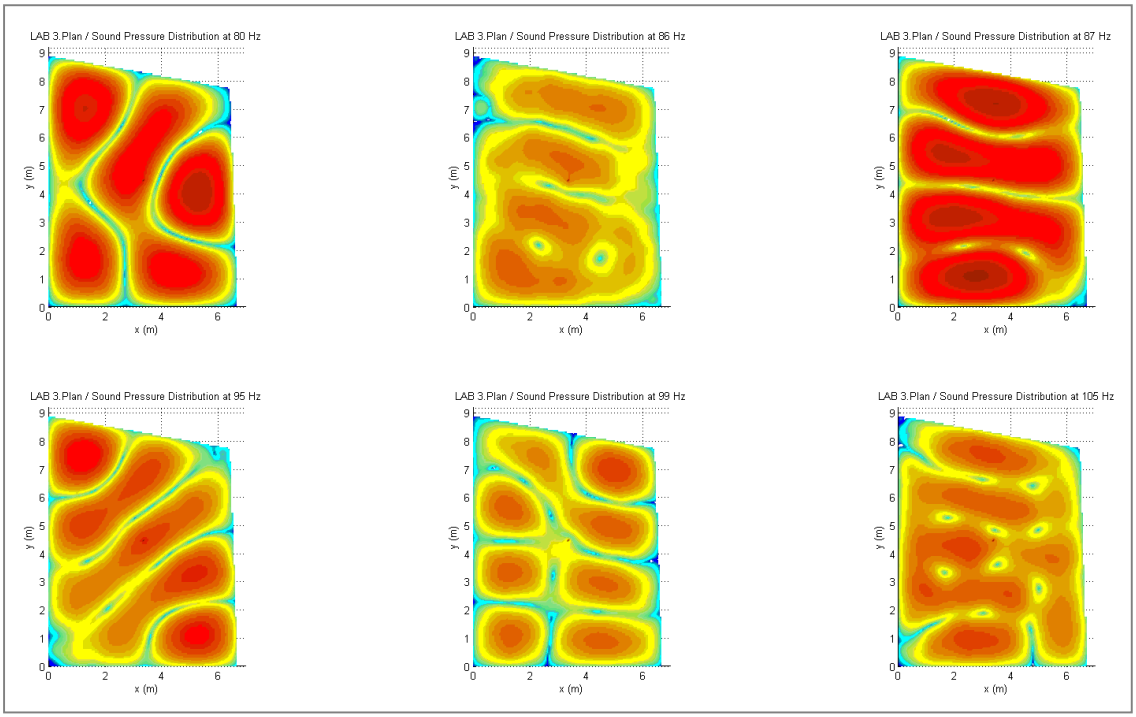
TSE Tuzla Akustik Laboratuvarları ölçüm kabiliyetleri içerisine akustik kamera sistemi de dahil edilmiştir. Akustik kamera sistemi çok sayıda dijital mikrofonun özel bir dizi olarak disk üzerine yerleştirilip, bu disk üzerine ulaşan seslerin yönlülük ve düzeyinin analizinde kullanılmasını içeren bir tekniktir. Ses yalıtım düzeyi ölçümlerinde uygulanan yöntem gereği kaynak oda ile algılama odası arasındaki toplam ses seviyelerinin hareketli döner mikrofonlar aracılığıyla alınan uzaysal ortalamaları arasındaki farkı ölçülmektedir. Ancak bu yöntem ile deneye tabi tutulan malzeme veya detayın ses yalıtımı açısından zayıf olduğu noktalarının tayini yapılamamaktadır. Daha önceleri ses yeğinliği probları ve iki kanallı ölçüm sistemleriyle görece daha uzun zamanda gerçekleştirilebilen bu analiz akustik kameranın algılama odası içerisine yerleştirilmesi ile ses yalıtım zayıflığı olan nokta veya bölgelerin tayini gerçek zamanlı bilgisayar analiz ve gösterimleriyle mümkün olabilmektedir. Bu bilginin özellikle ürün geliştirilmesi aşamasında üreticiler için çok değerli bilgiler sağlayacağı öngörülmüştür. Bu sistem ile deneye tabi tutulan bir kapı sisteminde zayıflık görülen bölgenin tayin edildiği örnek bir çalışmaya ait çıktı aşağıdaki şekilde sunulmuştur.



Şekil 3: Akustik kamera ile kapı sisteminin ses yalıtım zayıflıkları veya kaçak olan bölgelerin belirlenmesi

3.2. Ses Yutma Katsayısı ve Ses Gücü Düzeyi Ölçüm Laboratuvarları

Ses yutma katsayısı ve ses gücü düzeyi ölçüm talebini karşılamak üzere bir adet çınlama odası tasarlanmış ve imal edilmiştir. Bu deney odasının tasarımında uluslararası ISO standartlarından uyumlaştırılmış olan TS EN ISO 354, TS EN ISO 3741 ve TS EN ISO 3741 EK-A'da aktarılmış olan kriterler dikkate alınmıştır [**2,3**]. "LAB-03" olarak adlandırılan çınlama odası içerisinde 50Hz frekans bandına kadar ölçümler yapılabilmesi için ilgili standartlarda belirtilen kriterler olabildiğince dikkate alınmıştır. Düşük frekans bandında kabul edilebilir standart sapma aralıklarında ölçümler alınabilmesi yapılan planlama çalışmalarında öncelikli olarak oda modları analiz edilmiştir. Oda geometrisine göre iki boyutlu olarak incelenen oda modları, her bir düzlem için ayrı ayrı FDTD modelleriyle aracılığıyla düzgün dörtgen olmayan yapıda oda öz frekanslarının etkileşimleri incelenmiştir. Analizlerden bazı çıktılar aşağıdaki şekilde sunulmuştur.



Şekil 4: LAB03 plan düzleminde 80-105Hz aralığındaki oda modalarının simülasyon gösterimleri [**4**]

Çınlama odası içerisinde dağınık bir ses alanı sağlanabilmesi hedefiyle oda duvarlarının birbirlerine paralel olmaması sağlanmış ve oda içerisinde değişik ebatlarda saydam akrilik levhalardan oluşturulmuş saçıcı elemanlar kullanılmıştır. TS EN ISO 354 standardında belirtilen prosedür uyarınca yerleştirilen değişik ebatlardaki toplam 9 adet saçıcı elemanların her iki yüzeyi dikkate alınarak elde edilen toplam alan 69,5m^2 olarak hesaplanmıştır. Bu alan toplam oda yüzey alanı toplamının yaklaşık %25'ine karşılık gelmektedir. Ayrıca ses gücü düzeyi ölçümleri için gerekli ortam şartlarının sağlanabilmesi için oda iç duvarlarında kullanılmak üzere taşınabilir akustik yutucu paneller sağlanmıştır.

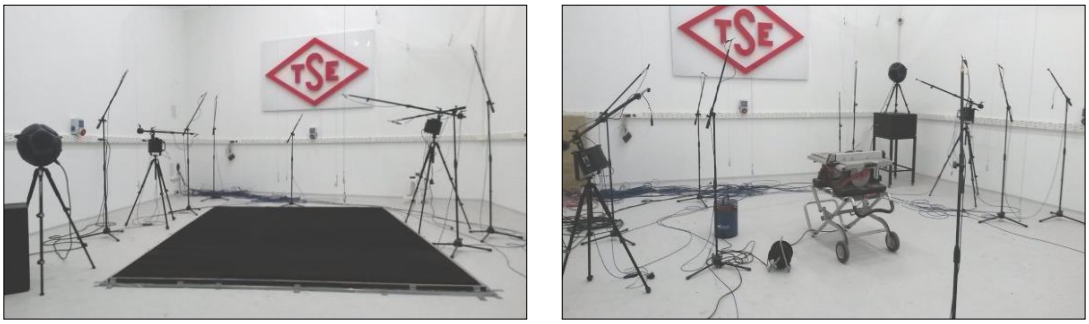
Çınlama odası çift kabuk yapısı prensibine göre imal edilmiş olup, iç betonarme kabuk yaylar üzerinde yüzdürülmüş bir betonarme döşeme ve bunun üzerine inşa edilmiş olan perde duvarlar ve

tavan döşemesi ile bitirilmiştir. Dış kabuk ise imal edilen betonarme karkas yapı arasında dolu briket elemanlar ile bitirilmiştir. Aradaki hava boşluğunda mineral yünü levhalarla yalıtım sağlanarak iki kabuk arasındaki rezonans etkisinin en düşük düzeye getirilmesi ve sistemin toplam yalıtım düzeyinin artırılması hedeflenmiştir. Böylece oda içerisindeki geri plan gürültü düzeyinin düşük seviyede kalması sağlanmıştır. Oda içerisindeki atmosferik şartların kontrol edilebilmesi amacıyla bir hassas klima cihazı kullanılmış ve bu cihaz ile oda arasında akustik yalıtımlı kanallar ve susturucular kullanılarak cihaz kaynaklı oda içi gürültü düzeyinin olabildiğince düşük düzeye getirilmesi hedeflenmiştir. Çınlama odası iç fiziki özellikleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 2. Çınlama odası karakteristik özellikleri

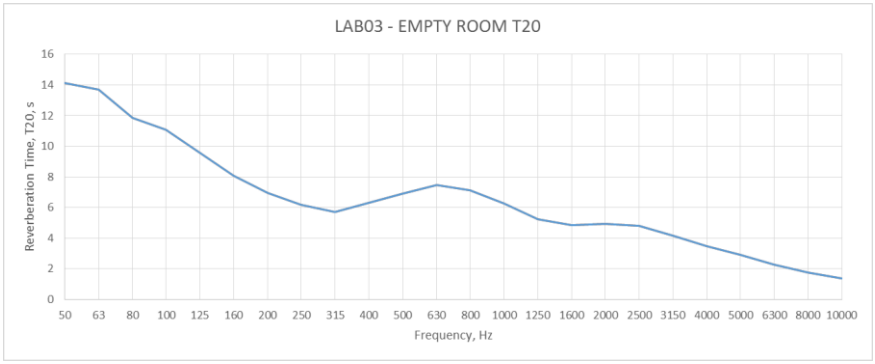
Oda Kodu	Ölçüm Standartları	Oda Özelliği	Hacim (m^3)	İç Yüzey Alanı (m^2)	Taban Alanı (m^2)	Yükseklik (m)	En Uzun Köşegen (m)
LAB-03	TS EN ISO 354 TSE EN ISO 3741	Çift betonarme kabuklu çınlama odası	298,5	274	55,5	5,38	12,42

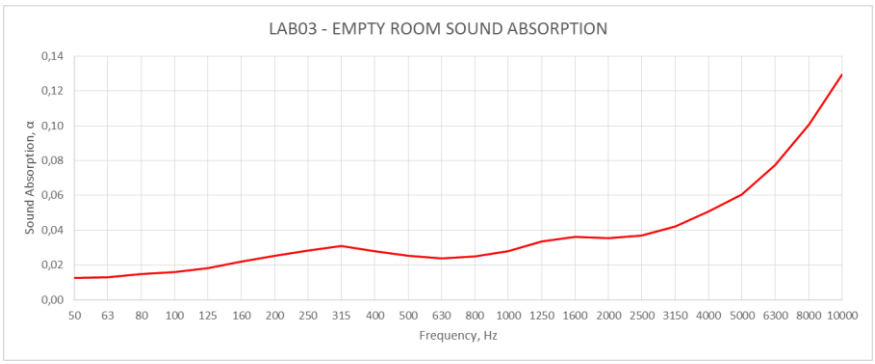
Ses yutma katsayısı ölçümleri için oda içerisinde en yüksek düzeyde yansıtıcılığa ve dolayısıyla yüksek çınlama süresine ihtiyaç bulunmaktadır. Bunun sağlanabilmesi adına deney odası iç yüzeylerinin betonarme imalatları sırasında pürüzsüz bir yüzey elde edilmesi sağlanmış ve daha sonra epoksi astar ve epoksi boya ile boyanarak yüzey yutum katsayısının standartta belirtilen oda içi limit eşdeğer toplam yutuculuk alanı (A_1) kriterine uygun olacak şekilde düşük düzeye indirilmesi sağlanmıştır. Ancak diğer yandan ses gücü düzeyi ölçümleri için oda içi çınlama süresinin görece daha düşük değerlere sahip belirli bir aralıkta kalması da gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi adına LAB-03 içerisinde duvarlarda kullanılmak üzere portatif akustik yutucu panolar öngörülmüş olup, ses gücü düzeyi ölçümleri için bunların odaya dahil edilmesi planlanmıştır. Çınlama odasının TS EN ISO 3741 EK-C'de belirtilen geniş bantlı ses kaynaklarına göre doğrulama prosedürünü karşılayacak şekilde tasarım ve imalatı yapılmıştır. Ses gücü ölçümlerinde referans ses kaynağı ile karşılaştırma metoduna göre ölçümler yapılmıştır.



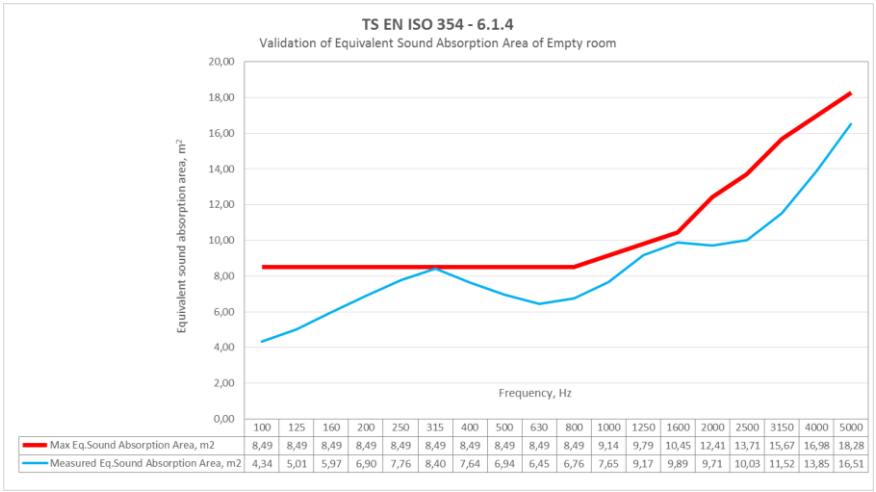
Şekil 5: Çınlama odasında gerçekleştirilen ses yutum katsayısı (sol) ve ses gücü düzeyi (sağ) ölçümlerine ilişkin fotoğraflar

Çınlama odasının boş durumdaki çınlama süresi değeriyle ilgili olarak TS EN ISO 3382 uyarınca yapılan çınlama süresi ölçümleri ve buradan yapılan hesaplamalara ilişkin sonuçlar TS EN ISO 354 ve TS EN ISO 3741 de aktarılmış olan sınır değerlerle karşılaştırılarak aşağıdaki şekillerde sunulmuştur.



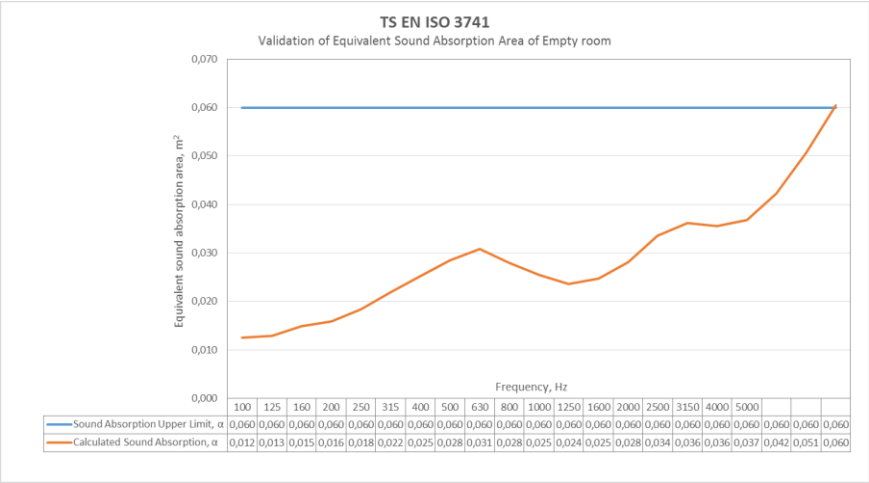


Şekil 6: LAB-03 Boş durumda çınlama süresi ölçümleri ve toplam oda içi yutuculuk düzeyi hesaplama sonuçları



	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Max Eq.Sound Absorption Area, m2	8,49	8,49	8,49	8,49	8,49	8,49	8,49	8,49	8,49	8,49	9,14	9,79	10,45	12,41	13,71	15,67	16,98	18,28
Measured Eq.Sound Absorption Area, m2	4,34	5,01	5,97	6,90	7,76	8,40	7,64	6,94	6,45	6,76	7,65	9,17	9,89	9,71	10,03	11,52	13,85	16,51

Şekil 7: LAB-03 Boş durumdaki yutuculuk değerlerinin TS EN ISO 354 Madde 6.1.4 ile doğrulama sonuçları



Şekil 8: LAB-03 ses gücü düzeyi ölçümleri için yerleştirilen ses yutucu panellerden sonra TS EN ISO 3741 uyarınca toplam yutucu yüzey doğrulaması

4. SONUÇ

TSE İstanbul Tuzla Aydınlı Yalıtım ve Akustik Laboratuvarları Merkezi bünyesinde tasarlanıp, imal edilip devreye alınan akustik test alanlarına ilişkin teknik detaylar sunulmuştur. Yapı malzemeleri imalatçılarının yanı sıra elektrik motoru, elektrikli ev aletleri, vb. ses gücü düzeyi ölçümlerine ihtiyaç duyan üreticilerin de faydalanabileceği bir yapı sağlanmıştır. Ülkemizde yapı akustiği alanındaki laboratuvar gereksinimlerini karşılamak ikinci akredite laboratuvar olması ve özellikle darbe sesi yalıtımının ölçülmesine imkan sağlayacak ilk laboratuvar olması bu yapıyı özellikli kılmaktadır. Bunlara ek olarak yapı akustiği laboratuvar ölçüm taleplerine hızlı cevap verilebilmesi hedefiyle hareketli odalar ve deney çerçeveleri prensibine göre tasarlanıp imal edilen bir laboratuvar yapısı ortaya çıkmıştır. Merkez bünyesinde yangına dayanım, yangına tepki ve ısı yalıtım gibi mevcut diğer bölümlerle beraber ar-ge çalışmalarının yanında ürün test ve belgelendirme hizmeti sunabilen, çoklu testi tek merkezde yapabilme imkanı sağlanan önemli bir yatırım gerçekleştirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Oda modlarının analizi amacıyla FDTD simülasyonları için yazılım kodunun oluşturulup koşulmasıyla ilgili desteğinden dolayı Sn.Onur Gülen'e teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

1. TS EN ISO 10140-1, -2, -3, -4, -5:2013 grubu yapı elemanlarında ses yalıtımının laboratuvar ölçümleri standart ailesi.
2. TS EN ISO 354:2007, Akustik - Çınlama odasında ses absorpsiyonunun ölçülmesi.
3. TS EN ISO 3741:2011, Akustik - Ses basıncı kullanılarak gürültü kaynaklarının ses güç seviyelerinin tayin edilmesi - Çınlama odaları için kesinlik metotları.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

LONDRA 2012 OLİMPİK BİNİCİLİK MÜSABAKA ALANI– ÇEVRESEL GÜRÜLTÜ DEĞERLENDİRMESİ

Y.Doç.Dr. Konca Şaher[a]
Kadir Has Üniversitesi
İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü
Cibali, İstanbul, 34083

ÖZET

Bu makalede Greenwich Park'ta gerçekleşmiş olan Londra 2012 Olimpik ve Paralimpik Binicilik ve Modern Pentatlon Oyunları için yapılmış olan imar planı başvurusunu destekleyen dökümanlar kapsamında hazırlanan çevresel beyanın bir alt bölümü olarak değerlendirilmiş olan çevresel gürültü etkileri tartışılmaktadır. Greenwich Park'ta yeralan bu geçici olimpik mekânın kullanım süresi boyunca başlıca akustik sorunlar, inşaaat faaliyetleri, müsabakalar ve demontaj aşamalarında parktan çevredeki konut ve gürültüye hassas yapılara yayılan gürültü olarak belirlenmiştir. Bu makalede özellikle inşaat faaliyetleri aşamasında parktan yayılacağı öngörülen gürültünün önceden hesaplanması ve değerlendirilmesi ele alınmaktadır. Bu makalede aynı zamanda çevresel gürültü etkilerini öngörmek/değerlendirmek için kullanılan ilgili standartlar, metodolojiler ve kılavuz dökümanlar ele alınmakta; daha sonra arazinin temel koşulları ve önerilen gürültü azaltım tedbirleri kısaca açıklanmaktadır. Bu makale geçici bir spor mekânına ait inşaat faaliyetlerden çevreye yayılan potansiyel gürültü etkilerini değerlendirmeye yönelik bir çerçeve sağlamaya çalışmaktadır.

Anahtar kelimeler: çevresel gürültü, inşaat gürültüsü, Londra 2012, Greenwich Park, olimpik binicilik

ABSTRACT

This article focuses on the Environmental Noise Impact Assessment of London 2012 Olympic and Paralympic Equestrian and Modern Pentathlon, which was held in Greenwich Park, as part of the Environmental Statement in support of the planning application. During the lifespan of the Olympic Temporary Venue at Greenwich Park, the main acoustic issues were the noise from the park during the construction, event and decommissioning phases breaking out to the neighboring residential and noise sensitive buildings. This article mainly deals with the prediction and assessment of noise break out from the site during the construction phase. This article also reviews the relevant standards, methodologies and guidance used to predict /assess the environmental noise impacts; describes the study area and baseline conditions and proposed mitigation measures. This article attempts to provide a framework to assess the potential noise impacts from construction activities of a temporary sporting venue to the environment.

Key words: environmental noise, construction noise, London 2012, Greenwich Park, Olympic equestrian

[a] e-posta adresi: konca.saher@khas.edu.tr

1. GİRİŞ

Greenwich Parkı 'Londra 2012 Olimpik ve Paralimpik Oyunları' sırasında binicilik ve modern pentatlon müsabakalarına ev sahipliği yapacak mekân olarak belirlenmiştir. Bu 74 hektarlık tarihi alan kraliyete ait Londra'daki en eski parklardan bir tanesidir ve Greenwich dünya miras alanının da bir parçasıdır. Bu alan aynı zamanda Londra'nın Greenwich bölgesinin sınırları içerisindedir. Greenwich Park'ta gerçekleşmiş olan olimpik ve paralimpik binicilik ve modern pentatlon müsabakalarına ilişkin tüm gerekliliklerin karşılanması Londra Olimpik ve Paralimpik Oyunlar Düzenleme Komitesi (LOCOG)'nin taahhüdünde bulunmaktadır. Bu müsabakaların gerçekleşmesi için gerekli olan mekânlar 23000 koltuk kapasiteli binicilik arenası, kır koşusu parkuru, yaklaşık 5000 koltuk içeren bir paralimpik binicilik arenası ve diğer servis mekânlarından oluşmaktadır. Greenwich Park'ta tüm bu sözü edilen mekânları içerecek geçici bir yapılaşma için imar izni başvurusu yapılmıştır. Müsabakalara ev sahipliği yapacak tüm tesisler ve yapılar geçici niteliktedir. Bu geçici yapılar ve bunlara dair inşaat faaliyetleri, müsabakalar ve demontaj aşamalarından hiçbirinin uzun vadeli olumsuz bir etki bırakmaması Londra Olimpik ve Paralimpik Oyunlar Düzenleme Komitesi (LOCOG)'nin sorumluluğunda yer almaktadır. Greenwich Park'ta gerçekleşmiş olan Londra 2012 olimpik ve paralimpik binicilik ve modern pentatlon oyunları için yapılmış olan imar izni başvurusunu destekleyen dökümanlar kapsamında bu geçici yapılaşma için yönetmeliklerle uyumlu olarak bir çevre etki değerlendirme raporu hazırlanmıştır. Bu çevre etki değerlendirme raporunun bir parçasını oluşturan çevresel gürültü etkisinin değerlendirilmesi ise bu makalenin ana konusunu oluşturmaktadır. Geliştirilen nihai çevresel etki değerlendirme raporu imar izni başvurusunu destekleyen dökümanlar kapsamında hazırlanan çevresel beyanın bir bölümünü oluşturmaktadır. Greenwich Park'ta yer alan bu geçici olimpik mekânın kullanım süresi boyunca başlıca akustik sorunlar, inşaat faaliyetleri, müsabakalar ve demontaj aşamalarında parktan çevredeki konut ve gürültüye hassas yapılara yayılan gürültü olarak belirlenmiştir.

Bu makalede öncelikle Greenwich Park'taki bu geçici olimpik yapının kullanım süreci boyunca meydana gelebilecek çevresel gürültü etkilerini değerlendirmek için kullanılan ilgili standartlar, metodolojiler ve kılavuz dökümanlar ele alınmaktadır. Gürültüye hassas alıcıların tanımlanmasından sonra, bir haftalık süre boyunca gündüz, akşam ve gece zaman dilimlerinde mevcut gürültü seviyelerini belirlemek amacıyla, çevresel gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çevresel gürültü ölçümlerinin sonuçları inşaat aşamasındaki gürültü seviyelerinin değerlendirilmesinde referans olarak kullanılmıştır. İnşaat aşamasındaki gürültü seviyeleri standartlarda belirlenmiş yöntemler doğrultusunda kullanılan ekipmanların kaynak gürültü seviyeleri de öngörülerek hesaplanmıştır. İnşaat faaliyetlerinden kaynaklanan gürültü emisyon değerlerini öngörmek/hesaplamak için üç boyutlu bir akustik modelleme yazılımı kullanılmıştır. Park çevresindeki gürültü emisyon değerleri hesaplandıktan sonra, gürültüye en hassas üç alıcıda inşaat boyunca en gürültülü faaliyetlerin yaratmış olduğu gürültü seviyeleri gösterilmiştir. Çevresel gürültü ölçümlerinden elde edilen referans değerler parkın çevresindeki gürültüye en hassas alıcılarda gürültünün etkisini tahmin etmek için akustik modelde hesaplanmış gürültü öngörüleri ile mukayese edilmiştir. İnşaat faaliyetlerinden kaynaklanan gürültü emisyonları değerlendirildikten sonra inşaat gürültüsünün etkilerini azaltmak için gürültü azaltım tedbirleri tavsiye edilmiştir.

2. METODOLOJİ

2.1. Mevzuat

Önerilen geçici yapılaşmanın çevresel etkilerini değerlendirmek için LOCOG tarafından bir çevre beyanı hazırlanmıştır. Bu çevre beyanının bir parçası olarak da önerilen geçici yapılaşmaya ilişkin bir çevresel etki değerlendirme raporu hazırlanmıştır. Çevresel etkinin değerlendirilmesi karar alma mercilerini bilgilendirmek ve yerel yönetimin çevrede meydana gelebilecek tüm önemli etkilere ilişkin bilgiler çerçevesinde karar almasını sağlamak için önerilen projenin çevresel etkileri hakkındaki bilgilerin toplandığı, değerlendirildiği ve kullanıldığı bir süreçtir.

Avrupa Topluluğu Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönergesi [1] kapsamında, çevresel etki değerlendirmesi raporu hazırlanması 'ilgili projeler', yani, kayda değer çevresel etkileri olması muhtemel projeler için zorunlu bir gerekliliktir. Önerilen geçici yapılaşma "ilgili" bir proje olarak tespit edilmiştir ve Greenwich yerel yönetimi tarafından da yönetmeliklerin gereklilikleri ile uyumlu olacak bir çevresel etki değerlendirme raporu hazırlanması gerektiği görüşü bildirilmiştir.

Çevresel etki değerlendirmesinin bir bölümü projenin çevredeki mevcut gürültü iklimi üzerinde oluşturabileceği potansiyel etkileri değerlendirmektedir. Bu değerlendirme mevcut çevresel gürültü seviyelerinin bir özetini, projenin yaşam döngüsü boyunca oluşabilecek gürültü emisyon seviyelerini ve uygun olan yerlerde gürültü azaltım tedbirlerinin belirlenmesini içermektedir. Başlıca çevresel gürültü etkilerinin inşaat ve demontaj faaliyetlerinden kaynaklandığı öngörülmüştür. Demontaj faaliyetlerinin inşaat faaliyetleri ile aynı konumlarda gerçekleşeceği varsayılmıştır, ancak inşaat faaliyetlerinden daha kısa bir sürede tamamlanacağı da öngörülmektedir. Bu nedenle demontaj aşaması ayrıntıları ile birlikte kapsama alınmamış, inşaat faaliyetleri ile aynı şekilde gerçekleşeceği kabul edilmiştir. İnşaat faaliyetleri terimi bu makalenin geri kalan kısmında aynı zamanda demontaj aşamasını da kapsayacaktır.

BS 5228:2009: 1 ve 2. bölümler "İnşaat ve Açık Sahalardaki Gürültü ve Titreşim Kontrolüne ilişkin Uygulama İlkeleri "nde [2] tarif edilen metodoloji inşaat gürültüsünü tahmin etmeye ilişkin niceliksel yöntemler kullanılarak ve ölçülen çevre gürültüsü seviyelerine referansla potansiyel gürültü etkilerini değerlendirmede rehberlik sağlamaktadır. BS 5288 [2] projenin uygulandığı dönemde Birleşik Krallık'ta inşaat kaynaklı gürültünün çevreye etkilerinin değerlendirilmesi için kılavuz niteliğinde bir yönetmelik ve standart olarak yer almaktadır.

Parkta arenanın ve diğer yapıların inşaa edilmesi ve demontajından kaynaklanan potansiyel gürültü etkileri BS 5228 Bölüm 1'de [2] tarif edilen yöntemler ve veriler kullanılarak hesaplanmıştır. BS 5288'de [2] tarif edilmiş hesaplama yöntemi kullanılarak inşaat faaaliyetleri süresince sahanın çevresinde farklı alıcılara dair olası en kötü-durum senaryoları belirlenmiş ve buna bağlı gürültü seviyelerini hesaplanmıştır. Bu standartta ayrıca inşaat faaliyetlerinden kaynaklanan gürültü seviyelerini hesaplamak ve mevcut gürültü seviyeleri ile bu hesaplanan gürültü seviyelerini karşılaştırmak için bir takım yöntemler tariflenmektedir. BS 5228:2009: 1. Bölüm, Ek E.3.2'deki [2] ABC yönteminde eşik gürültü seviyeleri tanımlanmaktadır ve aşağıda Çizelge 1'de gösterildiği gibi bu eşik seviyeleri kategorilere ayrılmıştır.

Çizelge 1. Konutlardaki Önemli Etkilerin Örnek Eşik Düzeyleri.(BS 5288:2009 [2])

Değerlendirme Kategorisi ve Eşik Değeri Değerlendirme Zaman Dilimi (LAeq dB)	**Kategori A**	**Kategori B**	**Kategori C**
Gece (23:00-07:00)	45	50	55
Akşam(19:00-23:00 hafta içi) ve hafta sonu (13:00-23:00 Cumartesi ve Pazar günleri 07:00-23:00)	55	60	65
Gündüz (07:00-19:00) ve Cumartesi (07:00-13:00)	65	70	75

ABC yöntemine dayalı olarak, inşaat gürültüsü dahil, eğer toplam LAeq gürültü seviyesi mevcut gürültü seviyesine uygun kategori için eşik seviyesini aşarsa, 'önemli' bir etkinin meydana geldiği kabul edilmiştir. Bu çalışmadaki hesaplamalarda bu ABC yöntemi uyarlanmıştır. İnşaat faaliyetlerinden kaynaklandığı öngörülen gürültü seviyeleri hesaplamalar sonrasında Çizelge 1'deki uygun değerlerle kıyaslanmıştır Parktaki inşaat faaliyetlerinin etkileri, "önemli" veya "önemsiz" olarak sınıflandırılmıştır.

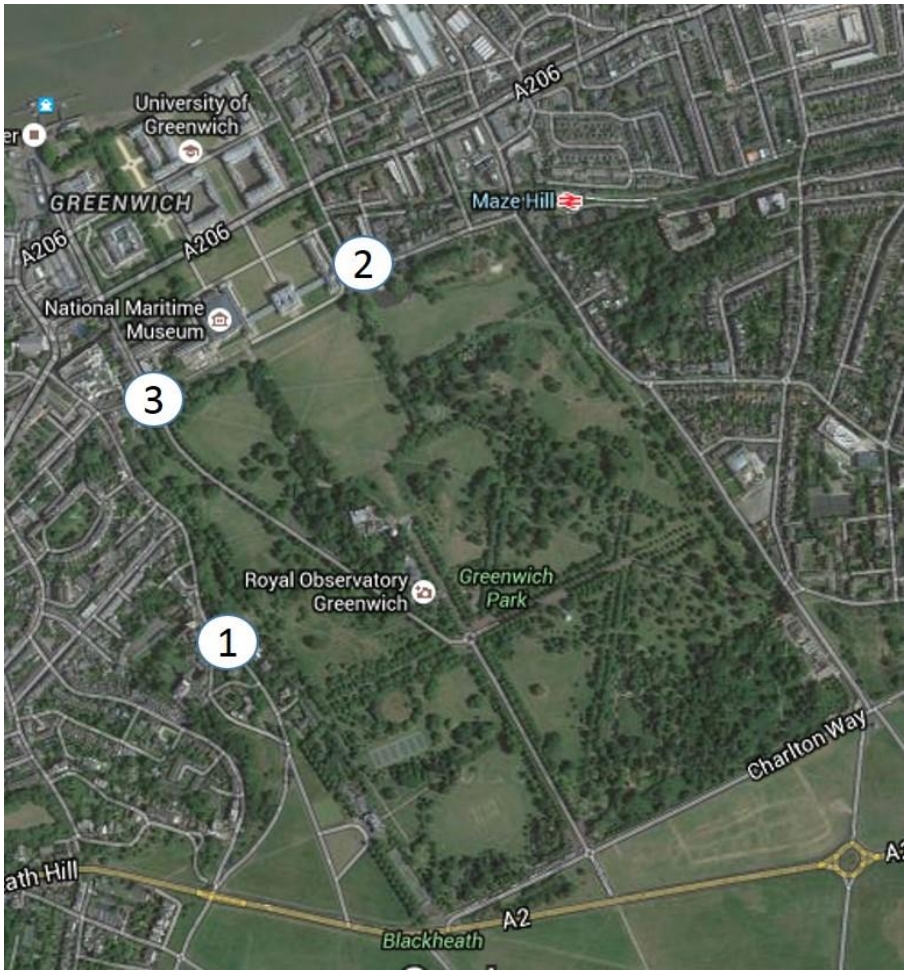
Parktaki inşaat faaliyetlerinden kaynaklanan gürültü etkileri ayrıca 'Institute of Acoustics (IOA)' ve 'Institute of Environmental Management and Asssessment (IEMA) tarafından geliştirilmekte olan 'Gürültü Etkisi Değerlendirme Kılavuz İlkeleri'[3] taslak kılavuzunda ifade edilen 'önemlilik' kriterlerine göre de kategorilere ayrılmıştır. Bu kategoriler gürültüdeki herhangi bir değişikliğin büyüklüğünü değerlendirmek için kullanılmıştır ve aşağıda gürültüdeki değişimin büyüklüğü ile beklenen etki arasındaki ilişki gösterilmektedir.

- 0dB değişim Önemsiz Etki;
- 0.1 – 2.9dB değişim Ufak Etki;
- 3 – 4.9dB değişim Orta Etki;
- 5 – 9.9dB değişim Büyük Etki.
- > 10dB değişim Aşırı Etki.

2.2. Çevresel Gürültü Ölçümleri

Mevcut çevresel gürültü seviyelerini belirlemek amacıyla bir haftalık süre boyunca gündüz ve gece zaman dilimlerinde çevresel gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerden eşdeğer sürekli gürültü seviyesi (dBL_{Aeq}) ve arka plan gürültü seviyesi (dBL_{A90}) değerleri hesaplanmıştır. Parkın etrafındaki mevcut gürültü seviyelerinin genel olarak yol, hava trafiği ve parkın kullanıcıları tarafından belirlendiği gözlemlenmiştir.

Ölçümler parkın sınırları etrafındaki 14 noktada yapılmıştır ancak, her bir zaman dilimi ve konum için çevresel gürültü ölçümlerinin sayısal sonuçları burada gösterilmemektedir. Bu makalede gürültüye en hassas üç alıcıdaki ölçüm sonuçları verilmektedir. (Çizelge 2) Gürültü seviyeleri hafta içi ve hafta sonu zaman dilimleri için gösterilmektedir ve gece zamanı gürültü seviyelerinin hafta içi ve hafta sonu için aynı olduğu varsayılmıştır. Bu üç alıcı; Croom's Hill (1), Park Vista (2) ve Nevada Street (3)'de yer almaktadır ve aşağıdaki planda gösterilmektedir. (Şekil 1)



Şekil 1: Parkın etrafında gürültüye en hassas üç alıcının konumları. (kaynak: Googlemaps)

Çizelge 2: Parkın etrafında gürültüye en hassas üç alıcı ölçülmüş çevresel gürültü seviyeleri.

Konum	**Arka Plan Gürültü Seviyesi dBL$_{A90}$**			**Eşdeğer Sürekli Gürültü Seviyesi dBL$_{Aeq}$**		
	Hafta içi	**Hafta sonu**	**Gece**	**Hafta içi**	**Hafta sonu**	**Gece**
Croom's Hill (1)	41	45	42	60	66	46
Park Vista (2)	47	50	43	58	67	45
Nevada St (3)	51	48	55	63	67	36

3. İNŞAAT GÜRÜLTÜSÜ

Çevresel gürültü etki değerlendirmesi önerilen geçici olimpik yapıların inşaat, müsabakalar ve demontaj aşamalarının her birisi sırasında oluşan gürültüden etkilenebilecek tüm konut ve gürültüye hassas yapıları incelemiştir. Ancak, bu çalışmada, en yüksek ve uzun etkiyi yaratacağı öngörülen inşaat ve demontaj aşamalarından kaynaklanan gürültü emisyon seviyelerinin hesaplanılması odakele alınmıştır. Çevresel gürültü etki değerlendirmesinin bir parçası olan müsabakalar sırasında oluşabilecek gürültü seviyelerinin hesaplanması bu makalenin kapsamı dışında bırakılmıştır.

İnşaat gürültüsünün hesaplanması amacıyla, çeşitli inşaat faaliyetlerinin konumlarından en az 500m mesafedeki uzaklıktaki bir alanı kapsayacak şekilde gürültü haritaları oluşturulmuştur. Bu gürültü haritalarının en yakın gürültüye hassas alıcılardaki gürültü etkisinin boyutunu göstermek için yeterli olacağı varsayılmıştır. İnşaat gürültüsü hesaplamaları BS 5228'de [2] tarif edilen yöntemleri baz alan gürültü modelleme yazılımı, Noisemap SE [4] kullanılarak yapılmıştır. Bu gürültü haritalarına ek olarak, gürültüye maruz kalma riskini en çok taşıyan ve gürültüye en hassas alıcılar olarak kabul edilen, üç konumda gürültü hesaplamaları yapılmıştır. Bu konumlar Croom's Hill (1), Park Vista (2) ve Nevada Street (3)'te yer almaktadır ve yukarıda Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu makale gürültü harita modellemesini ve oluşturulan gürültü haritalarını ayrıntılı şekilde ele almamaktadır, ancak, bu üç gürültüye hassas alıcıda yapılmış gürültü hesaplamalarına odaklanmaktadır.

Hesaplamalar BS5288'de [2] tarif edilen yöntemler baz alınarak yapılmıştır. BS 5228 [2] gürültü hesaplama yönteminin temel unsurları aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- İnşaatin farklı safhalarında çeşitli inşaat faaliyetleri için kullanılacak alet ve ekipmanların tipik ses gücü seviyelerinin bu ekipmanlarla ilgili veri tabanından veya imalatçıların verilerinden seçilmesi;
- Alıcıya olan mesafenin etkileri, zemin emilimi, ve kullanılacak alet ve ekipmanın faaliyette olacağı muhtemel süreye yönelik düzeltmelerin gerçekleştirilmesi;
- Eş zamanlı olarak faaliyette olması muhtemel çeşitli alet ve ekipmanlar için gürültü seviyelerinin kümülatif etkilerinin hesaplanması.

Yüklenicinin sağlamış olduğu zaman çizelgesi baz alınarak, inşaat faaliyetleri 1'den 6'ya kadar, aşamalara bölünmüştür. Bu aşamalar genellikle bir kaç gün süreyle gerçekleşmesi beklenen işler içermektedir. Bu aşamalar arenanın inşaasının yanı sıra, eğitim alanları, yayın alanları ve müsabakalar için gerekli diğer geçici yapılar için olan inşaat faaliyetlerini de kapsamaktadır. İnşaat faaliyetlerinin sadece gündüz saatleri esnasında yürütüleceği ve pazar günleri veya resmi tatillerde yürütülmeyeceği varsayılmıştır. Tanımlanan her bir inşaat aşamasına ait alet ve ekipman listesi yüklenici tarafından sağlanmıştır. Bu alet ve ekipmanların bazıları; vinçler, kamyonlar, traktörler, ekskavatörler, silindirler, buldozerler ve kırıcılardır. Bu alet ve ekipmanlardan kaynaklanan ve (dBL_{Aeq}) olarak tekabül eden eşdeğer sürekli ses seviyeleri BS 5288'ye [2] göre belirlenmiştir. Kullanılan her bir alet ve ekipmanın inşaat sırasında faaliyet halinde olacağı süre değerlendirilmiş ve hesaplamalar için bu alet ve ekipmanların çalışma süreleri yüzde olarak belirlenmiştir. Alet ve ekipmanların çalışma sürelerinin yüzde olarak

belirlenmesi yüklenici tarafından sağlanan inşaat faaliyetleriyle ilgili detaylar temel alınarak ve yüklenici ile tartışılarak belirlenmiştir.

Gürültü hesaplamaları BS5228'de tarif edilmiş olan [2] hesaplama yöntemini baz alan Noisemap SE, gürültü modelleme yazılımı kullanılarak yapılmıştır. İnşaat işlerinden kaynaklanan gürültü değerleri (dBL_{Aeq}) göstergesi baz alınarak hesaplanmıştır. Yüklenici tarafından sağlanan zaman çizelgesi kullanılarak belirli bir tarihte, tipik bir saatte ve olabilecek en kötü durum senaryolarındaki gürültü seviyeleri hesaplanmıştır. Bu gürültü öngörüleri aşağıda belirtilen iki tür hesaplamada kullanılmıştır:

- En gürültülü zaman dilimlerine ait gürültü eşyükselti (kontur) haritalarının oluşturulması;
- Croom's Hil, Park Vista ve Nevada Street'te üç gürültüye hassas alıcıda (konutta) gürültü seviyelerinin hesaplaması.

Bu üç konuttaki hesaplamalar konutların her bir katı için yapılmıştır. En kötü durum senaryo sonuçları aşağıdaki Çizelge 3'te gösterilmiştir. Ayrıca Çizelge 3'te gürültü modelleme yazılımı kullanılarak yapılan inşaattan kaynaklanan gürültü seviyesi değerleri tahminleri / hesaplamaları yukarıda Çizelge 1'de verilen kriterler ile karşılaştırılmıştır ve etki değerlendirmesi yapılmıştır. İnşaat faaliyetlerinden kaynaklanan gürültü seviyeleri arazideki mevcut gürültü seviyeleri ile birleştirildiğinde Çizelge 1'de vurgulanan uygun kategori değerlerini aşıyorsa o zaman 'önemli' bir etki meydana gelmiş sayılır.

Çizelge 3: Croom's Hil, Park Vista ve Nevada Street'te bulunan üç gürültüye hassas alıcıda (konutta) inşaat gürültüsü hesaplamalarının mevcut gürültü seviyeleri ile karşılaştırılması ve etki değerlendirmesi.

Mülk	Ölçülen Hafta İçi L_{Aeq} (dB)	En Yüksek Tahmin Edilen Gürültü Seviyesi L_{Aeq} (dB)	Birleşik Gürültü Seviyesi L_{Aeq} (dB)	BS5228 ABC Hafta İçi Kriterleri (dB)	BS5228 Etkisi	Etkinin Büyüklüğü IOA&IEMA
Croom's Hill	60	56	61	65 (A)	Önemsiz	Önemsiz Etki
Park Vista – En Kötü Durum (2 gün)	58	66	67	65 (A)	Önemli	Büyük Etki
Park Vista –Tipik Durum (20 gün)	58	61	63	65 (A)	Önemsiz	Orta Etki
Nevada St (5 gün)	63	65	67	70 (B)	Önemsiz	Ufak Etki

Çizelge 3, BS5228 [2] ABC Kriterlerini kullanarak, Croom's Hill'deki gürültü seviyelerinin A Kategorisini aşmasının beklenmediğini göstermektedir ve bu nedenle, gürültüdeki bu değişim 'önemli' bir etki olarak düşünülmemektedir. Ayrıca Nevada Street üzerindeki konutların da 'önemli' bir gürültü etkisine maruz kalacağı öngörülmemiştir. Ancak, Park Vista'daki konutların 'önemli' bir gürültü etkisine maruz kalacağı öngörülmüştür. Fakat bunun sadece iki gün süreceği beklenmektedir. İnşaat faaliyetlerini hafifletmek veya alternatif yöntemler kullanmak suretiyle gürültüyü azaltmanın mümkün olabileceği öngörülmüştür. Bu inşaat faaliyetlerinin dikkatlice

planlanması ve yüklenicinin faaliyet saatlerini sınırlandırması ve/veya uygulanması makul olduğu sürece inşaat faaliyetlerine ilişkin alternatif yöntemleri kullanması tavsiye edilmiştir. Bu tür inşaat faaliyetlerinin potansiyel etkisini azaltmaya yönelik proaktif (ön etkin) yaklaşım, inşaat faaliyetlerinin niteliği, ne zaman meydana geleceği ve kamuoyunun ve yakındaki gürültüye hassas mekânlarda yaşayan kişilerin rahatsız olduklarında kiminle irtibat kuracaklarına dair tam olarak bilgilendirilmelerini sağlamaktır. Tüm diğer gürültüye hassas alıcılar için inşaat faaliyetlerinin etkisi 'önemsiz' olarak değerlendirilebilir.

Bu hesaplama sonuçlarına dayanarak ve iyi uygulama kodu doğrultusunda inşaat faaliyetleri sırasında yerinde gürültü izleme tavsiye edilmiştir. İnşaat faaliyetleri sırasında yapılacak gürültü izleme, alet ve ekipmanların izlenmesi (kullanıma yönelik uygunluk için) ve bakım gereksinimlerinin kontrolünü içermektedir. Gürültü izlemenin gürültüye hassas alıcıların bulunduğu noktalarda gerçekleşmesi ve gürültü izlemeyi yapan kişinin gürültülü faaliyetleri durdurma yetkisinin olması da tavsiye edilmiştir. Ancak çevresel gürültü izlemeye yönelik gerekliliklerin uygun kanuni mercilerle ile kararlaştırılması ve nihai izleme yönteminin risk değerlendirmelerinin de yapılmasıyla sahada son halini alması gerekmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu makalede, Greenwich Park'ta gerçekleştirilmiş Londra 2012 olimpik ve paralimpik binicilik ve modern pentatlon oyunları için önerilmiş olan geçici yapılara ait inşaattan (ve demontaj çalışmalarından) kaynaklanan çevresel gürültü etkileri değerlendirilmiştir. Bu çalışmada açıklanan gürültü etki değerlendirmesi imar izni başvurusuna destek olarak hazırlanan çevresel beyanın da bir parçasıdır. Mevcut gürültü seviyelerini belirlemek için parkın çevresinde çevresel gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. İnşaat gürültüsünün etkisi göz önünde bulundurulduğunda, faaliyetlerin asıl niteliği, inşaatın safhaları, kullanılan alet ve ekipmanların türleri, gürültüye hassas alıcılar ve faaliyetler arasındaki mesafe ve çalışma saatleri özel önem arz etmektedir. Bu bilgilerin büyük bir kısmı yükleniciden temin edilmiştir. Parkın etrafında inşaat gürültüsü değerleri hesaplanmıştır ve gürültüye en hassas alıcıların üçünde inşaat gürültüsü değerleri tartışılmıştır. Bu değerler ölçümlerden gelen çevresel gürültü değerleri ile karşılaştırılmıştır. İnşaat programı, kullanılan ekipmanların türü, ilgili gürültü seviyeleri ve ekipmanların kullanım sürelerine dayalı olarak yapılan hesaplamalar gürültüye hassas alıcılarda gürültü seviyelerinin sadece Park Vista'da yer alan konutlarda 2 gün boyunca aşılacağını göstermiştir. Bu 2 günlük inşaat süresi için alternatif yöntemler kullanılması veya hafifletme tedbirlerinin alınması tavsiye edilmiştir. Ayrıca inşaat aşaması için kısa ve uzun süreli yerinde gürültü izleme tavsiye edilmiştir. Bu makalede geçici bir spor mekânına ait inşaat faaliyetlerden çevreye yayılan potansiyel gürültü etkilerini değerlendirmeye yönelik bir çerçeve sağlanmaya çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

1. "Council Directive on the Assessment of the Effects of Certain Public and Private Projects on the Environment". (85/387/EEC) (27 June 1985). *Official Journal of the European Communities*. (amended by Directive 97/11/EEC and 2005/35/EEC)
2. BS 5228:2009 Parts 1 & 2 "Code of Practice for Noise and Vibration Control on Construction and Open Sites". 2009.
3. "Guidelines for Noise Impact Assessment". (2002) Institute of Acoustics/Institute of Environmental Management and Assessment (draft guidance document)
4. http://www.noisemap.ltd.uk/about%20us/about%20us.html (accessed 10th February)

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE AKUSTİK:BİR OTEL ÖRNEĞİ

Mimar Gizem Yazıcı [a]
Prof. Dr. Sevtap Yılmaz Demirkale [b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Sürdürülebilir, yeşil bina stratejilerinde ana hedef , çevreye duyarlı olduğu kadar kullanıcılarına konforlu ve sağlıklı bir ortam yaratan yapılar tasarlamaktır. Bu binalarda aranılan koşullar bazı sertifikasyon sistemleri ile belli standartlar doğrultusunda kredilendirilmektedir. Yapılması düşünülen bir yeşil bina için birçok değerlendirme sistemi mevcuttur. Bu uygulamalardan en öne çıkan sertifika sistemleri, İngiltere'de Yapı Araştırma Kurumu (BRE) tarafından 1990 yılında uygulamaya geçirilmiş olan BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), 2000 yılında Birleşik Devletler Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından oluşturulmuş olan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ve 2007 yılında Almanya'da oluşturulmuş bir yeşil bina sertifikasyon sistemi olan DGNB (De utshe Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.),dir .Çalışma, bu sertifikasyon sitemlerini, iç ortam kalitesi veya ses kontrolü gibi başlıkların altında geçen paremetrelerden biri olan, 'akustik' konusunu incelemekte, kredi bazında karşılaştırmakta ve örnek bir otel projesi üzerinde sonuçları, BREEAM kapsamında değerlendirilmektedir.

Anahtar sözcükler: Sürdürülebilirlik, Yeşil Bina, Akustik

ABSTRACT

The main purpose of sustainable green building strategies is to design buildings in which occupiers will find a comfortable and healthy environment that is also as equally eco-friendly. The requirements for these buildings will be credited according to certain standards through some certification systems. There are multiple assessment systems for a contemplated green building. The prominent of these certification systems are; BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) implemented by Building Research Establishment in England in 1990, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) constituted by The United States Green Building Council in 2000 and DNGB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V) created in 2007 in Germany. This study examines these certification systems and 'the acoustics', one of the parameters that is mentioned under the headline of Indoor Environmental Quality (IEQ) or Noise Control and compares them based on their credits. The results are assessed within BREEAM using the sample of a hotel project.
Key words: Sustainability, Green Building, Acoustics

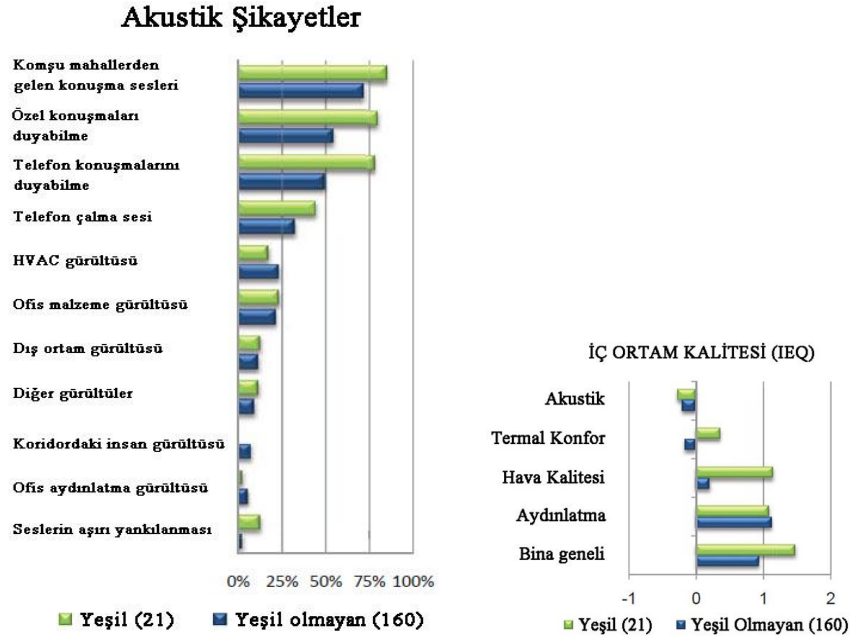
[a] e-posta adresi: gizemyazici.arch@gmail.com
[b] e-posta adresi: demirkale@itu.edu.tr

1.GİRİŞ

Sürdürülebilirlik kelime anlamı olarak; çeşitlilik ve üretkenliğin devamlılığı sağlanırken, daimi olabilme yeteneğini korumak olarak tanımlanır. Hepimizin hayatı doğal kaynaklara bağlıdır ve bu doğal kaynaklar sonsuz değildir; bu aşamada sürdürülebilirlik kavramı devreye girer. Dünyada küresel ısınmanın artmasının, iklim değişikliklerinin yaşanmasının ve enerji kaynaklarının tükenmeye başlamasının en önemli nedenlerinden biri de geleneksel bina yapım teknolojisi ile üretilen binalardır. Bu duruma alternatif olarak geliştirilen yeşil binalar, binaların çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini azaltan ve göz önünde bulunduran ileri teknoloji yapılardır.
Bugün yenilikçi bir çözüm olarak kabul edilen yeşil binalar ile ilgili standartlaşma ve sertifikalandırma çalışmaları yapılmaktadır. Bu binalar da aranılan koşullar farklı sertifikasyon sistemleri ile puanlanmaktadır. Genellikle iç ortam kalitesi gibi başlıkların altında derecelendirilen akustik konusu bazı sistemlerde hiç kredilendirilmemişken bazılarında detaylı olarak incelenmektedir.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIMLARDA AKUSTİK ZORLUKLAR

Geçmişten bu yana akustik konusuna olan ilginin az olması, sürdürülebilir alanların genel performansına zarar vermiştir. University of California Center for the Built Environment tarafından yapılan yerleşim sonrası değerlendirmeleri, yeşil bina akustiğinin genelde geleneksel emsallerinden daha kötü olduğunu göstermiştir. Yerleşimciler, kendi konuşma mahremiyetleri ile ilgili memnuniyetsiz olmanın yanında, insanların açık alanlarda, çalışma alanlarında ve telefonda yaptıkları konuşmalarında birbirlerini duyulabiliyor olmaktan da rahatsızlardır. Çalan telefonlar, mekanik ekipmanlar, trafik gürültüsü ve insanların koridorlarda konuşması diğer rahatsız edici faktörler arasındadır **[1].** Benzer şekilde, okullarda da öğretmen ve öğrencilerin konsantrasyonunu etkileyen en büyük etkenlerden biri olumsuz akustik koşullardır. İç akustik konfor çalışanların performansını da ciddi oranda etkilemektedir.



Şekil 1: Berkeley Üniversitesi CBE (Center for the Built Environment) Araştırma Merkezi anket sonuçları [2]

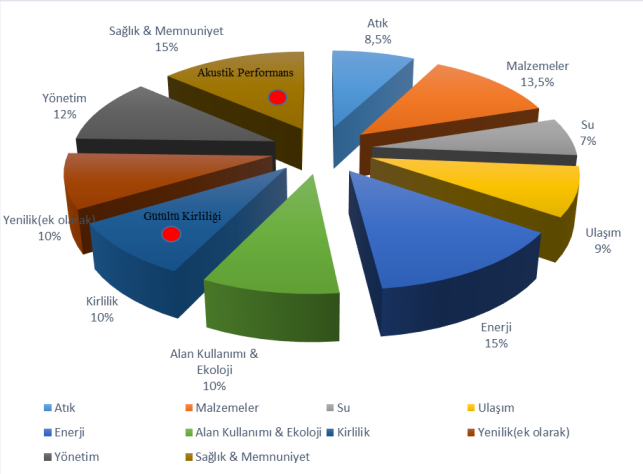
Yeşil bina stratejilerinde temel amaç; 'konforlu' ve 'sağlıklı' bir çevresel ortam yaratan binalar tasarlamaktır. Son yıllarda yapılan anketlere göre Yeşil binalarda kullanıcıların iç ortam konforu başlığı altındaki diğer parametrelerden daha fazla memnuniyet yaşadığı, ancak akustik açıdan binanın "yeşil" olmasının bir avantaj sağlamadığını ortaya çıkarmıştır (**Şekil 1**) **[2]**.
Bu durum akıllara şu soruyu getiriyor: akustik olarak rahat olmayan ve dolayısıyla amacına uygun olmayan bir bina, yerleşimcileri için gerçekten sürdürülebilir bir bina mıdır? Bu kapsamda yeşil bina olmaya aday bir otel projesi ele alınmış ve akustik kriterinin ne kadar göz önünde bulundurulduğu incelenmiştir.

3. SERTİFİKASYON SİSTEMLERİ

Bu bildiride, uluslararası alanda sıklıkla kabul gören ve kendi ölçütleri ile binaları değerlendiren, sertifikasyon sistemlerinden BREEAM, LEED ve DGNB özetlenmiş ve çoğunlukla iç ortam kalitesi başlığı altında konu edilmiş akustik kriterler karşılaştırılmıştır. Sertifikasyon sistemleri, binaların yeşil olma gerekliliklerini, çeşitli kategorilerde incelemeden önce binaları durumlarına ve tiplerine göre sınıflandırmaktadır. Böylece farklı koşullarda ve farklı amaçlara hitap eden binaların değerlendirmesi ayrı ayrı yapılmakta, dolayısıyla daha sağlıklı sonuçlara ulaşılmaktadır. Binalar öncelikle, "mevcut yapı, yeni inşaat, renovasyon ve bakım-onarım" gibi başlıklar altında bir sınıflandırmasıyla değerlendirilmekte, daha sonra, kullanım amaçlarına göre, tiplerine bağlı olarak bölümlere ayrılmaktadır.

3.1. BREEAM

BREEAM: İngiltere'de Yapı Araştırma Kurumu (BRE) tarafından geliştirilerek, 1990 yılında uygulamaya geçirilen Yapı Araştırma Kurumu Çevresel Değerlendirme Metodu (BREEAM-Building Research Establishment Environmental Assessment Method), yeşil bina değerleme sistemlerinin ilkidir **[3]**. **Şekil 2**'de BREEAM Uluslararası NC(Yeni Yapılar) performans kategori yüzdeleri ve akustiğin yeri gösterilmektedir.



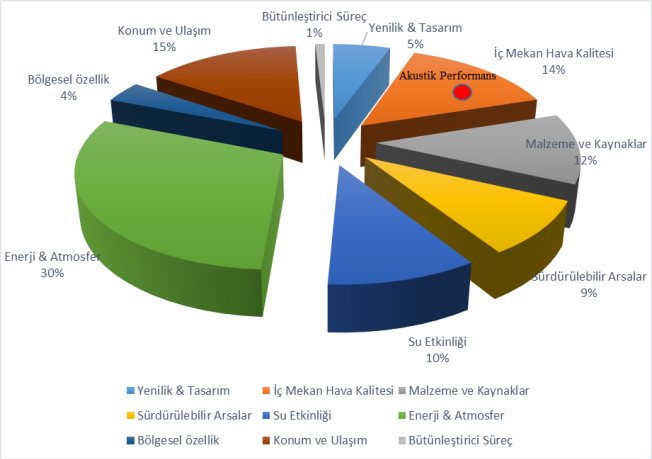
Geçer	≥30
İyi	≥45
Çok iyi	≥55
Mükemmel	≥70
Seçkin	≥85

BREEAM		PERFORMANS KATEGORİLERİ	
Maksimum toplam kredi 100		Yönetim	12
		Enerji	15
		Ulaşım	9
		Su	7
		Malzemeler	13,5
		Atık	8,5
		Arazi(Alan) kullanımı ve Ekoloji	10
		Sağlık&Memnuniyet	Kirlilik
		15	10
Derecelendirme		Akustik performans	Gürültü kirliliği
BİNA TİPLERİ	Mahkemeler	3	1
	Okullar	3	1
	Sağlık	3	1
	Endüstriyel	2	1
	Ofisler	3	1
	Hapishaneler	2	1
	Alışveriş merkezleri	2	1
	Multi-konutlu binalar ve diğer konut tipli konutlar	4	1
	Evler(UK-home quality mark)	(iç-dış gürültü) 4-(ses yalıtımı) 8	-

Şekil 2: BREEAM UK(Birleşik Krallık) NC(Yeni Yapılar) performans kategori yüzdeleri ve akustiğin yeri**[4]**

3.2. LEED

LEED: Yeşil binaların gelişimi ve üretiminin hızını artırmak ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla, Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından 2000 yılında geliştirilmiştir **[4]**. **Şekil 3**'te LEED NC(Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar) kategori yüzdeleri ve akustiğin yeri gösterilmektedir.



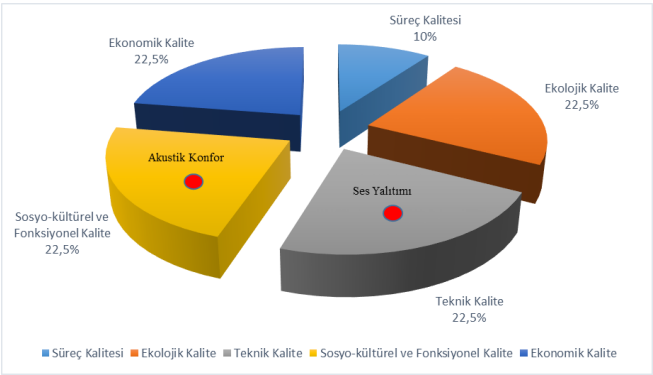
Sertifikalı	40-49
Gümüş	50-59
Altın	60-79
Platin	≥80

LEED	PERFORMANS KATEGORİLERİ	
Maksimum toplam kredi 110	Sürdürülebilir arsalar	10
	Enerji ve Atmosfer	33
	Suyun Etkin Kullanımı	11
	Tasarımda yenilik	6
	Bölgesel özellik	4
	Konum ve ulaşım	16
	Malzeme ve Kaynaklar	13
	Bütünleştirici süreç	1
	İç mekan hava kalitesi	16
Derecelendirme		Akustik performans
BİNA TİPLERİ	Okullar	(zorunlu önkoşullu)1
	Turizm merkezleri	1
	Depo ve Dağıtım Merkezleri	1
	İç Mekan Tasarımı	2(turizm merkezleri)
	Veri merkezleri	1
	Sağlık binaları	1-2
	Yeni inşaalar	1

Şekil 3: LEED NC(Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar) kategori yüzdeleri ve akustiğin yeri **[4]**.

3.3. DGNB

DGNB: Bina planlamasında ve değerlendirmesinde 2007 yılında Alman Yeşil Bina Konseyi Ulaşım, İnşaat ve Kentsel İlişkiler Birleşmiş Bakanlığı ortaklığında oluşturulmuş bir sertifikasyon sistemidir **[5]**. **Şekil 4**'te DGNB kategori yüzdeleri ve akustiğin yeri gösterilmektedir.



Bronz	%35≥-≥%
Gümüş	%35≥-%50
Altın	%50≥-%65
Pilatin	%65≥-%80

Şekil 4: DGNB kategori yüzdeleri ve akustiğin yeri **[5]**

DGNB		PERFORMANS KATEGORİLERİ	
		Süreç kalitesi	230
		Alan kalitesi	130
		Ekolojik kalite	200
		Ekonomik Kalite	50
		Sosyo-kültürel ve Fonksiyonel kalite	Teknik kalite
		280	100
Derecelendirme		Akustik konfor	İç mekan akustiği ve ses yalıtımı
BİNA TİPLERİ	Sağlık binaları	10	20
	Ofis ve yönetim binaları	10	20
	Alış-veriş merkezleri	10	20
	Endüstriyel	10	20
	Hapishaneler	10	20
	Konutlar	10	20
	Oteller	10	20
	Kongre merkezleri	10	20
	Laboratuarlar	10	20
	Geçici inşaalar	10	20
	İç mekanlar	10	20
	Altyapı tesisleri	10	20
	Spor Kompleksleri	10	20
	Hava alanları	10	20

3.4. Sertifikasyon Sistemlerinin Akustik Anlamda Yapı Değerlendirme Ölçütleri

Sertifikasyon sistemlerinde akustik değerlendirmeler:

- arka plan gürültü düzeyi,
- ses yalıtımı,
- çınlama süresi ve
- çevre gürültüsü

başlıkları altında incelenmektedir. Sertifikasyon sistemleri binaları değerlendirirken önce onları türlere ayırmakta, daha sonra kendi içinde bir takım standartlara yönlendirmektedir. Bazı durumlarda da sağlanması istenen değerler sertifikasyon sisteminin kendi içerisinde verilmektedir. Akustik konusunda, incelenen yeşil bina sertifika sistemlerinin dayandığı standartlar Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1: Sertifikasyon sistemlerinde akustik konusu için baz alınan standartlar

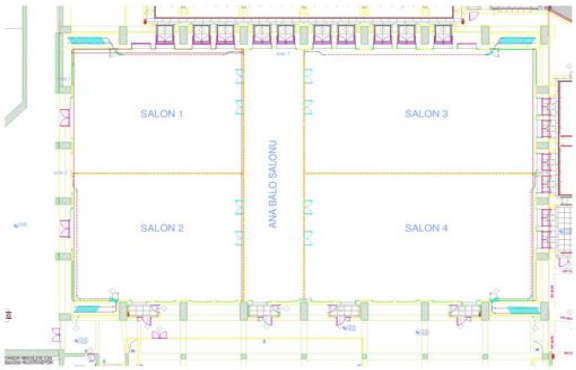
Sertifika		LEED [4]			BREEAM[3]					DGNB[5]
Bina Tipi		Okullar (Schools)	Sağlık Hizmetleri	Yeni yapılar, veri,depolama/dağıtım ve turizm merkezleri	Sağlık (Healthcare)	Mahkeme Binaları	Ofisler (Offices) ,Ticari (Retail), Endüstriyel (Industrial) , Mahkeme binaları (Courts), Hapishaneler (Prisons)	Eğitim (Education)	Multi konutlu binalar ve diğer kont tipleri(Multi-residentials)	-
STANDART	Çevre Gürültüsü	-	2010 FGI yada 2010 SV		POL 05/ISO 1996/BS7445	POL 05/ISO 1996/BS 7445	POL 05/ISO 1996/BS 7445	POL 05/ISO 1996/BS 7445	POL 05/ISO 1996/BS 7445	CR.48 Yapım Gürültüsü
	Arka Plan Gürültüsü	ANSI S12.60-2010	2010 FGI	ASHRAE 2011 CHAPTER 48	Health Technical Memorandum 08-01	CSDG HMCS:2010	BS 8233:1999	BB93	-	DIN 18041: 2004-05
	Çınlama Süresi	ANSI S12.60-2010 veya NRC-CNRC	2010 FGI		Health Technical Memorandum 08-01	CSDG HMCS:2010	BS 8233:1999	BB93	-	DIN 18041: 2004-05
	Ses Yalıtımı	ANSI S12.60-2010	2010 FGI		Health Technical Memorandum 08-01	CSDG HMCS:2010	BS 8233:1999	BB93	Building Regulations/ Approved Document E	DIN 4109 EK 2

4. ÖRNEK BİR PROJEDE BREEAM UYGUNLUĞUNUN İNCELENMESİ

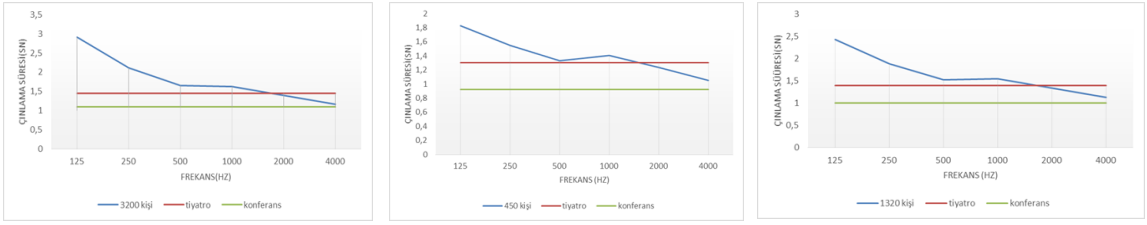
Şişli'nin Bomonti semtinde yer alan 829 Odalı bu İstanbul oteli, tarihi Bomonti bira fabrikasının hemen yanındadır. 34 katlı bina 12.000m^2 etkinlik alanına ve 3.300 m^2 Spa&Fitness alanına sahiptir. Bu etkinlik alanında 32 adet toplantı odası ve 2.500 ila 800 kişi kapasiteli 2 adet balo salonu bulunmaktadır. İstanbul'un en büyük konferans salonuna sahip olan 35 katlı otelin 34. katında ise 3 adet bar ve restoran, ilk 4 katında da özel ofisler yer almaktadır. Bu bildiri kapsamında örnek proje üstünde standart yatak katlarında ki odaların birbirleri ve çevre ile ilişkileri incelenmiş, alt-üst kat darbe doğuşlu ses incelenmiştir. Etkinlik alanında ki çok amaçlı(balo salonları) salonun birçok varyasyonla hesaplamaları yapılmış olup sonuçlar BREEAM sertifikasyon sistemi kapsamında değerlendirilmektedir.

4.1. Çok Amaçlı Salon (Ana Balo Salonu)

3200 kişilik, tavan yüksekliği 9m olan 2.815m^2 alana sahip ana balo salonu tek başına kullanılabileceği gibi, hareketli bölücü panellerle ayrılabilen, 4 ayrı salona da dönüşebilmektedir**(Şekil 5).** Bu salonlar tiyatro, sınıf ve yemek salonu olarak kullanılabilirler. Çeşitli varyasyonları yapılan ana balo salonunun çınlama süreleri hesaplanmış**[6]**, ve sonuçlar **Çizelge 2** de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir**.** Karşılaştırmalar BREEAM de geçen m^{3}lerden fazla büyük olduğu için, uygun çınlama süreleri BREEAM de söylendiği gibi akustik uzman tarafından belirlenmiş ve bu değerlere uyum göstermediği görülmüştür.



Şekil 5: Çok amaçlı salaon(ana balo salonu) ve bölümleri planı



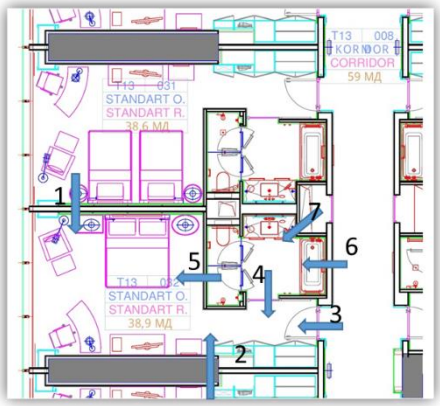
Şekil 6: Salonun 3200,1320 ve 450 kişilik durumlarında ki çınlama süreleri ve istenen değerlerin karşılaştırmalı grafikleri

Çizelge 2: Çok amaçlı salon için karşılaştırmalı sonuçlar

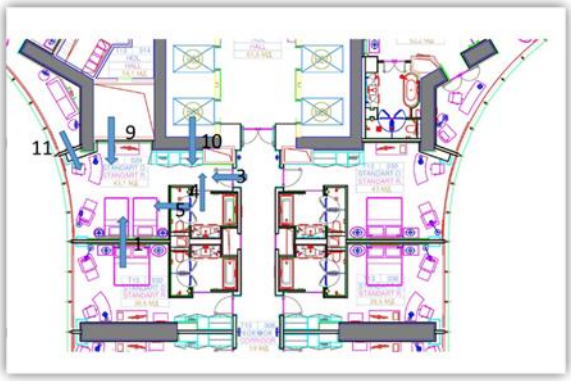
Çok Amaçlı Salon(Ana balo salonu) kişi sayısı	Salon Kombinasyonları	Hacim(m3)	Hesaplanan 500Hz çınlama süreleri(sabin)	Konuşma(konferans) için olması gereken çınlama süreleri T*s (500Hz)	Tiyatro için olması gereken çınlama süreleri T*s (500Hz)
3200 kişi(boş)	salon1 + salon2 + salon3 + salon4	25.335	1.65	1.1	1.45
1320 kişi(boş)	salon 3 + salon4	10.017	1.53	1	1.4
900 kişi(boş)	salon 1 + salon2	7974	1.41	0.98	1.36
660 kişi(boş)	salon 3 veya salon 4	5445	1.41	0.92	1.3
450 kişi(boş)	salon 1 veya salon 2	3969	1.33	0.92	1.3

4.2. Oda Tipleri

Toplam 829 odası (delüks, iki yatak odalı süit, junior süit, executive süit ve kral dairesi tiplerinde) bulunan otelde çalışmada incelenecek örnek odalar etrafı ile ilişkisi göz önüne alınarak seçilmiştir. Ses kaynağı olan mekanların otel odalarına etkisi incelenmiş, örneğin şaft yanı, mekanik daire, elektrik odası ya da servis odası yanı odalar seçilmiştir ve duvar tipleri çıkartılıp, hava doğuşlu ses yalıtımları hesaplanmıştır. Üst katında bar ya da mekanik kat bulunan odaların darbe yalıtımlı ses yalıtımları belirlenmiştir. Örnek seçilen odalardan bazıları Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10'da ele alınan yapı elemanlarının numaraları ile birlikte gösterilmiştir.



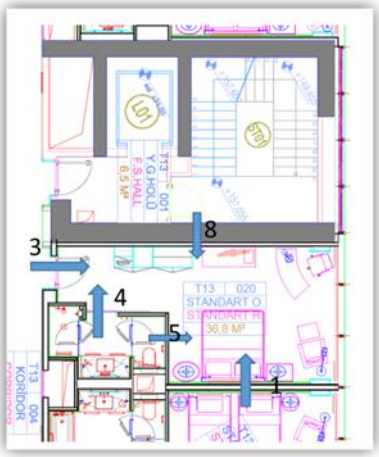
Şekil 7: Standart örnek oda(yatak odası yanı)



Şekil 8: Standart oda(banyo ve şaft yanı)



Şekil 9: Standart oda(servis ve şaft yanı)



Şekil 10: Standart oda(merdiven, asansör ve şaft)

4.2. Örnek Projenin Akustik Açısından İncelenmesi

Bildiri için örnek seçilen odada (**Şekil 7**), yatak odası alıcı oda alarak seçilmiş, etrafında ki bütün mekanlara kaynak oda olarak değerlendirilmiştir. **Çizelge 3**'de gösterilen ses seviyeleri kaynak odalar için baz alınmıştır. Alıcı oda olarak seçilen örnek oda için ayırıcı duvarlar **Şekil 7** ve **Çizelge 3**'de gösterilmiştir.

Odalar dışında, karayolu çevresel gürültü haritası çıkarılmış, dış gürültü düzeyleri belirlenmiş ve cephenin ses yalıtım değeri hesaplanmıştır**[6]**. Otelin giydirme cephe sistemi 6mm cam + 6mm cam(lamine) + 16mm boşluk + 8mm cam(tek)'ten oluşmaktadır. Dış gürültünün odaya etkisinin hesaplanmış sonuçları frekanslara bağlı olarak **Çizelge 4**'te gösterilmiştir.

Çizelge 3: Örnek oda 1 için kabul edilen kaynak gürültü düzeyleri

Kaynak oda	Ayırıcı duvar no	Frekansa (Hz) bağlı kaynak gürültü düzeyi						
		63	125	250	500	1000	2000	4000
Yatak o.	1, 2	58	60	75	78	75	65	55
Banyo	4, 5	60	68	59	62	59	60	62
Koridor	3	48	66	69	73	79	73	73

Çizelge 4: Örnek oda için hesaplanan ses seviyeleri

Frekans (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
Ldış(Gündüz)	-	46	50,6	53,5	56,3	52,2	43,4
Ldış(Akşam)	-	46	50,6	53,5	56,3	52,2	43,4
Ldış(Gece)	-	42,1	46,6	49,5	52,3	48,3	39,4
CEPHE (TL)	22,66	28,61	45,03	63,09	81,15	40,58	45,18
Alıcı Odaya Dışardan gelen ses (gündüz)		17,39	5,57	-9,59	-24,85	11,62	-1,78
Alıcı Odaya Dışardan gelen ses (akşam)		17,39	5,57	-9,59	-24,85	11,62	-1,78
Alıcı Odaya Dışardan gelen ses (gece)		13,49	1,57	-13,59	-28,85	7,72	-5,78

Çizelge 5'te örnek odada ayırıcı duvarların hesaplanan hava doğuşlu ses yalıtım değerleri verilmektedir. Seçilen oda için iç mekan ses seviyesi, çevre gürültüsü dikkate alınarak ve işaretli duvarların hesaplanan yalıtım değerleri göz önünde bulundurularak **Çizelge 6** da gündüz için olan değerler gösterilmiştir.Gece için yapılan hesaplamalarda**[7]** da 50,67 dB LAeq bulunmuştur.. **Çizelge 7**'de örnek oda için hesaplanan**[7]** ses seviyeleri ve istenen BREEAM değerlerinin karşılaştırılması gösterilmiştir. Bu karşılaştırmaya göre iç mekan ses seviyesi BREEAM'de istenen düzey aralığının çok üzerine çıkarak sağlamamaktadır.

Çizelge 5: Örnek oda içindeki ayırıcı duvarların hesaplanan hava doğuşlu ses yalıtım değerleri

Frekans (Hz)	TL (1 nolu duvar) (dB)	TL (2 nolu duvar) (dB)	TL (3 nolu duvar) (dB)	TL (4 nolu duvar) (dB)	TL (5 nolu duvar) (dB)
63	20,82	24,91	20,73	22,04	18,92
125	38,63	42,88	25,46	25,7	24,77
250	56,69	60,93	34,88	42,2	42,79
500	41,13	45,39	21,9	24,62	27,73
1000	61,44	65,69	32,5	36,67	55,73
2000	81,44	85,69	42,5	46,7	69,74
4000	101,29	105,54	52,51	56,72	89,59

Çizelge 6: Alıcı odaya(örnek oda) gelen ses düzeyleri(gündüz)

Frekans (Hz)	Alıcı odaya dışardan gelen ses (gündüz)	Alıcı odaya 1 nolu duvardan gelen ses	Alıcı odaya 2 nolu duvardan gelen ses	Alıcı odaya 3 nolu duvardan gelen ses	Alıcı odaya 4 nolu duvardan gelen ses	Alıcı odaya 5 nolu duvardan gelen ses	İçerdeki Toplam Ses Düzeyi(dB)	dBA
63	0	37,18	33,08865327	27,26627208	37,95696392	41,08	44,2916928	18,09169
125	17,39	21,37	17,11484589	40,53762236	42,29875203	43,23	46,95276082	30,85276
250	5,57	18,31	14,0704266	34,11286931	16,79394159	16,21	34,41617007	25,81617
500	0	36,87	32,61031672	51,09236098	37,37826165	34,27	51,56632838	48,36633
1000	0	13,56	9,300313025	46,49960199	22,32081633	3,27	46,51939034	46,51939
2000	11,62	0	0	30,49343208	13,29519201	0	30,6415836	31,84158
4000	0	0	0	20,48978341	5,279984487	0	20,7302537	21,73025
							dB Laeq gündüz	50,67

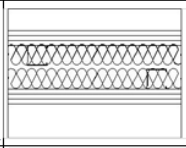
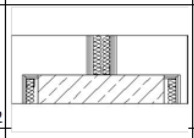
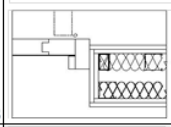
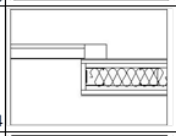
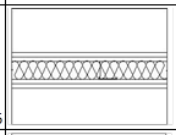
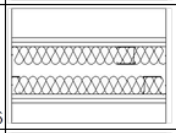
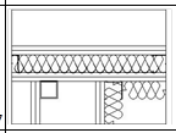
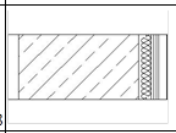
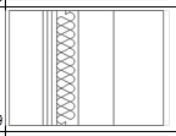
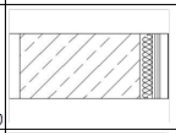
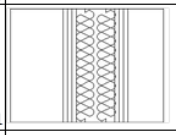
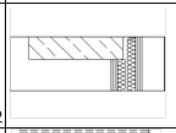
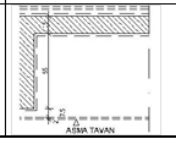
Çizelge 7: Örnek oda için hesaplanan ses seviyeleri ve istenen BREEAM değerleri

Periyot	**BREEAM İstenen Ses Seviyleri**	Projede Hesaplanan Ses Seviyleri
Gündüz (07:00 – 23:00 hrs)	30 – 40 dB LAeq,1hour	50,67 dB Laeq
Gece (23:00 – 07:00 hrs)	25 – 35 dB LAeq,1hour	50,67 dB Laeq
Gece (23.00 – 07.00 hrs)	45 – 55 dB LAmax	50,67 dB Laeq

Örnek oda ve diğer oda tipleri için döşemelerin darbe yalıtım değerleri hesaplanmaya devam etmektedir.

Çizelge 8'de projede seçilen örnek odalarda ki duvar tipleri çıkartılıp yalıtım değerleri manuel olarak hesaplanmıştır**[7]** ve Rw olarak hesaplanan değerler D_{nTw} çevrilmiştir**[8]**.BREEAM kapsamında ki yalıtım değerleri ile dönüştürülen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çoğu duvar tipinin performans anlamında yetersiz kaldığı gözükmektedir.

Çizelge 8: Duvar tipleri için hesaplanan hava doğuşlu ses yalıtım değerleri ve istenen BREEAM değeleri

Duvar No	Duvar Detayı	Duvar Katmanları	Ayırdığı Mekanlar	Varolan DnTw,Ctr	Olması gereken BREEAM değerleri
1		3.75cm alçıpan+11cm boşluk+ 3.75 alçıpan	Yatak Odası-Yatak Odası	Rw(C,Ctr)=51(-2,-4) DnTw=44,43 DnTw+Ctr=40,43	DnTw+Ctr=43
2		3.75cm alçıpan+11cm boşluk+ 3.75 alçıpan ve 2.5cm alçıpan+7.5cm boşluk+70cm beton+7.5cm boşluk+ 2.5cm alçıpan	Yatak Odası-Yatak Odası	Rw(C,Ctr)=55(-2,-4) DnTw=48,74 DnTw+Ctr=44,74	DnTw+Ctr=43
3		2.5cm alçıpan+13.5cm boşluk+ 2.5cm alçıpan ve 1m*2.20m ahşap kapı	Yatak Odası-Koridor	Rw(C,Ctr)=30(-1,-2) DnTw=27,40 DnTw+Ctr=25,40	DnTw+Ctr=43
4		2.5cm alçıpan+5 cm boşluk+ 2.5cm alçıpan ve 90cm*2.20m cam kapı	Yatak Odası-Banyo	Rw(C,Ctr)=34(-2,-3) DnTw=28,84 DnTw+Ctr=25,84	DnTw+Ctr=43
5		2.5cm alçıpan+5 cm boşluk+ 2.5cm alçıpan	Yatak Odası-Banyo	Rw(C,Ctr)=37(-2,-3) DnTw=32,94 DnTw+Ctr=29,94	DnTw+Ctr=43
6		2.5cm alçıpan+13,5 cm boşluk+ 2.5cm alçıpan	Koridor-Banyo	Rw(C,Ctr)=39(-2,-2) DnTw=30,84 DnTw+Ctr=28,84	DnTw=45
7		2.5cm alçıpan+5 cm boşluk+ 4 cm alçıpan	Banyo-Şaft	Rw(C,Ctr)=40(-1,-3) DnTw=29,95 DnTw+Ctr=26,95	verilmemiş
8		60cm Beton +7.5 cm boşluk+ 2.5 cm alçıpan	Merdiven&Asansör Kovası-Yatak Odası	Rw(C,Ctr)=83(-5,-12) DnTw=77,09 DnTw+Ctr=65,09	DnTw=60
9		10cm Tuğla +7.5 cm boşluk+ 2.5 cm alçıpan	Yatak Odası-Tesisat	Rw(C,Ctr)=61(0,-3) DnTw=60,02 DnTw+Ctr=57,02	DnTw=60
10		60cm beton+7.5 cm boşluk+ 2.5 cm alçıpan(yapı elemanı uzunluğu 8 nolu duvardan farklıdır)	Yatak Odası-Tesisat	Rw(C,Ctr)=83(-5,-12) DnTw=83,01 DnTw+Ctr=71,01	DnTw=60
11		3.75cm alçıpan+11 cm boşluk+ 3.75 cm alçıpan	Yatak Odası-Yatak Odası	Rw(C,Ctr)=51(-2,-4) DnTw=50,87 DnTw+Ctr=46,87	DnTw+Ctr=43
12		2.5cm Alçıpan +7.5 cm boşluk+ 60 cm Beton ve 3.75cm Alçıpan+11cm boşluk+3.75cm Alçıpan	Yatak Odası-Tesisat&Yatak odası-Mutfak	Rw(C,Ctr)=59(-2,-4) DnTw=54,08 DnTw+Ctr=50,08	DnTw=60
Döşeme		15cm beton+72,5cmboşluk+2cm alçıpan	Bar-Yatak Odası&Mekanik Kat-Yatak Odası	Rw(C,Ctr)=68(-2,-3) DnTw=61,31 DnTw+Ctr=58,31	DnTw=60

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, öncelikli olarak sertifikasyon sistemleri içinde akustik performansa dikkat çeken başlıkların kredilendirme ölçütü ve dayandığı temel prensipler karşılaştırılmıştır. Örnek bir sertifika almaya aday otel projesi üstünde gereken hesaplamalar ; arka plan gürültüsü; bitişik mahaller ve dışarıdan gelen gürültüye karşı ses yalıtımı (hava ve strüktür doğuşlu) ve çok amaçlı salon için çınlama süresi hesapları yapılmıştır. Manual hesaplama sonuçları gösteriyor ki: otel deki çoğu ayırıcı duvar(1,3,4,5,6,12) istenilen yalıtım standartlarını sağlamamakta dolayısı ile iç ortam gürültü seviyelerini de istenilen koşullara getirememektedir. Aynı şekilde çok amaçlı salonda da istenilen değerlerin altında kalınmıştır.

Binalar yeşil bina olma yolunda sertifikalandırılmak istenirken, sistemlerin kredi bazında akustik başlığına yeteri kadar önem vermemesi, çoğu zaman akustik konusunu göz ardı edilmesine neden olmaktadır. Akustikten almayı hedefledikleri sayıca az olan krediyi başka başlıklardan telafi etme yoluna gitmektedirler. Sürdürülebilir tasarım uygulamaları, akustik tasarım üzerinde bir etkiye sahiptir fakat genellikle akustik konusu sürdürülebilir bina tasarım kriterleri içinde sağlanabilen başlıklardan biri olmayı başaramamıştır. Yapılan örnek çalışmanın, sürdürülebilir bina tasarımlarındaki iyi akustik tasarım uygulamalarının önemi konusunda farkındalık yaratması, sertifika programlarının akustik konusunu daha ağırlıklı olarak ele alması, akustiğin konfora etkisinin önemini değerlendirerek, kredilendirmede daha fazla puan vermesi gerektiğini göstermesi hedeflemektedir.

KAYNAKLAR

1. Chris Field, Ph.D, “Acoustic Design in Green Buildings ”, 2008, ASHRAE Journal

2. Muehleisen, Ralph T., “Acoustics of Green Buildings”, InformeDesign, Vol. 08 , 2010,University of Minnesota.

3. http://www.breeam.com/

4. http://www.usgbc.org/leed

5. http://www.dgnb.de/de/

6. Barron R.F., Industrial Noise Control and Acoustics, Marcel Dekker, Lousiana, 2003, U.S.A

7. Demirkale S.Y.,Cevre ve Yapi Akustigi,Birsen Yayin Evi, 2007,Istanbul

8. Department of Health, “ Health Technical Memorandum 08-01:Acoustics ”,2013,pp7.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

KİREÇ ESASLI SIVALARDA KARIŞIM ORANLARININ GÖZENEK YAPISI VE SES YUTMA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Işın Meriç Nursal[a], Doç. Dr. Ayşe Tavukçuoğlu[b]
ODTÜ Mimarlık Bölümü, Ankara, 06800
Prof. Dr. Mehmet Çalışkan[c]
ODTÜ Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara, 06800

ÖZET

Sıvaların fiziksel, fiziko-mekanik ve kimyasal özellikleri hem iç ortam konfor şartlarını, hem de bağlı bulunduğu yapı elemanının performans özelliklerini etkilemektedir. Sıvalarda su buharı geçirimliliği, su geçirimsizliği, kılcal su emme kapasitesi, ses yutma katsayısı gibi performans özellikleri, malzemenin gözenek yapısı ile doğrudan ilgilidir. Bu çalışma ile bağlayıcısı kireç olan sıvalarda bağlayıcı-agrega oranı ve agrega boyutu dağılımı gibi karışım özelliklerinin malzemenin gözenek yapısına etkisinin araştırılması ve gözenek yapısı ile bağlantılı olarak ses yutma özelliklerindeki farklılıkların belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada üç bağlayıcı-agrega oranı ve üç agrega boyutu dağılımı ile toplamda dokuz farklı sıva karışımı hazırlanmıştır. Hazırlanan sıva örneklerinin temel fiziksel ve fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiş, ses yutma kapasiteleri ölçülmüş, gözenek boyutu dağılımı ve gözenek şekilleri analiz edilmiştir. Agrega boyu dağılımının belirli frekanslarda yükselme gösteren ses yutma katsayısı değerine etki ettiği; bağlayıcı-agrega oranının ise ses yutma katsayılarında belirgin bir farklılığa sebep olmadığı anlaşılmıştır. Kısaca, aynı bağlayıcı-agrega oranına sahip örneklerde agrega boyu dağılımındaki farklılıkların gözenek yapısını etkilediği gözlenmiştir. Ayrıca kireç sıvanın, karbonatlaşma sürecinde malzemenin gözenek yapısında olan değişimler ses yutma kapasitesi ölçümleri ile fark edilebilmektedir.

Anahtar sözcükler: Kireç esaslı sıvalar, Gözenek yapısı, Ses yutma katsayısı, Bileşim özellikleri

ABSTRACT

The physical, physico-mechanical and chemical properties of plaster layers affect both interior comfort conditions and performance of building component in which plaster layer(s) are used in conjuction. The performance features such as water vapor diffusion, water impermeability, capillary water absorption, sound absorption are directly related to the pore structure of plasters. The aim of study is to observe the effect of compositional properties on pore structure and the change in sound absorption characteristics in relation to the pore structure of lime plasters. The study was conducted on nine different lime plaster samples prepared in the laboratory with three sets of aggregate size distribution and three binder-aggregate ratios. Basic physical and physico-mechanical properties of the samples, their sound absorption coefficients as well as their pore size and distribution were measured. The results show that aggregate size distribution has an effect on sound absorption at certain frequencies where peak absorption values occur. No significant relation is observed between binder-aggregate ratio and sound absorption performance. In short, aggregate size distribution seemed to effect pore structure of the samples having the same binder-agregate ratio. The changes in pore structure of lime-based plasters during carbonatation process seemed to be followed by sound absorption coefficient measurements.

Key words: Lime based plasters, Pore structure, Sound absorption coefficient, Compositional features

[a] e-posta adresi: isin.meric@gmail.com
[b] e-posta adresi: aysetavukcuoglu@yahoo.com
[c] e-posta adresi: caliskan@metu.edu.tr

1.GİRİŞ

Yapı malzemelerinin su buharı geçirimliliği, su geçirimsizliği, kılcal su emme kapasitesi, ısı iletkenlik değeri, ses yutma değerleri gibi performans özellikleri, malzemelerin gözenek yapısı ile yakından ilgilidir. Toplam açık gözeneklilik, gözenek boyutları ve dağılımı gibi gözenek yapısını tanımlayan gözeneklilik özellikleri, malzemelerin temel performans özelliklerini şekillendirmekte; malzemelerin temel performans özellikleri de iç ortam konfor koşullarını doğrudan etkilemektedir. Yapıda son kat malzemesi olarak uygulanan kireç esaslı sıvalar, günümüz ince çimento sıvalarla karşılaştırıldığında daha yüksek açık gözeneklilik oranına sahip, nefes alan sıvalardır. Bu özelliği sebebiyle, araştırmada kireç esaslı sıvalarda ses yutma özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bildiride, bağlayıcısı kireç olan farklı bağlayıcı-agrega oranı (B/A) ve farklı agrega boyutu dağılımı (AD) kullanılarak hazırlanmış sıvalarda oluşan gözenek yapısı ve gözenek yapısı ile doğrudan etkilenen malzeme ses yutma özellikleri arasındaki ilişkiler tartışılmıştır.

2. MALZEME VE METODLAR

Araştırmalar için, laboratuvar ortamında ağırlıkça üç farklı bağlayıcı-agrega oranına ve üç farklı agrega boyutu dağılımına sahip dokuz farklı sıva karışımı hazırlanmıştır **(Çizelge 1).** Bu karışımlarda CL-90 sınıfındaki %90 saflıkta sönmüş kireç bağlayıcı ve tane boyutu 2mm altında olan silis kum agrega kullanılmıştır.

Çizelge 1: Sıva karışımlarında kullanılan bağlayıcı-agrega oranı (ağırlıkça) ve agrega boyu dağılım grupları

Örnek kodu	Ağırlıkça bağlayıcı-agrega oranı (B/A)	Agrega boyu dağılım grubu (AD)	Agrega boyu dağılım oranları (ağırlıkça %)				
			<2-1 mm	<1-0,5 mm	<0,5-0,25 mm	<0,25-0,125 mm	<0,125 mm
S1	1/1,5	A	35	25	20	10	10
S2	1/1	A	35	25	20	10	10
S3	1/0,4	A	35	25	20	10	10
S4	1/1,5	B	25	35	20	10	10
S5	1/1	B	25	35	20	10	10
S6	1/0,4	B	25	35	20	10	10
S7	1/1,5	C	10	25	35	20	10
S8	1/1	C	10	25	35	20	10
S9	1/0,4	C	10	25	35	20	10

Karışımlar hazırlanmadan önce sönmüş toz haldeki kireç ağırlıkça 1/1 oranında damıtık su ile karıştırılarak en az 2 gün kapalı bir kapta kıvama gelmesi için bekletilmiştir. Karışım oranlarına uygun olarak su ile önceden karıştırılmış kireç ile agregalar, yayılma değeri yaklaşık 180mm olacak şekilde ve gerektiği durumda karışıma ilave damıtık su eklenerek karıştırılmış; bu sayede kıvamın tüm örneklerde benzer olması sağlanmıştır [**1**]. Hazırlanan karışımlar 21mm derinliğinde 100mm ve 28mm çapında silindirik kalıplar ile 40x40x40mm boyutlarında küp kalıplara dökülerek, 20°C ±2 derece ve %70 nemli kapalı bir ortamda bekletilmiştir. Farklı karışıma sahip

her örnek grubundan üç tane paralel örnek hazırlanmış; bu paralel örneklerden elde edilen verilerin ortalaması, örnek grubunu temsil eden veri olarak kabul edilmiştir.

Sıva örneklerinin ses yutma katsayıları sıva döküldükten 40 gün sonra empedans tüpü kullanılarak ISO 10534-2:1998 standardına uygun olarak 1/3 oktav bantlarında ölçülmüş [**2**], her ölçüm en az üç sefer tekrarlanmıştır. Kullanılan ölçüm seti, farklı frekans aralıklarında örneklerin test edildiği iki tüpten oluşmaktadır. Zaman içerisinde kireç sıvalarında gözlemlenen karbonatlaşma sürecinin devam etmesi beklendiğinden, yani kalsiyum hidroksitin ($Ca(OH)_2$) kalsiyum karbonata ($CaCO_3$) dönüşümü süreci devam edebileceğinden ses yutma katsayıları ölçümleri devam ettirilmektedir. Bu amaçla sıva örneklerin döküm tarihinden 40 gün ve 228 gün sonraki ses yutma katsayıları birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Örneklerin birim hacim ağırlık ($g.cm^{-3}$), açık gözeneklilik oranı (hacimce %) ve su emme kapasiteleri (ağırlıkça %), RILEM (1980) standardına uygun olarak suya daldırma yöntemi ile belirlenmiştir [**3**]. Hazırlanan sıva örneklerin ultrases geçiş hızları PUNDIT Plus ultrases üreteci ile 220kHz verici ve alıcı uçlar kullanılarak ölçülmüş, homojenlikleri bu veriler ile değerlendirilmiştir. Elde edilen ultrases geçiş hızları ve birim hacim ağırlık değerleri kullanılarak dinamik elastisite modülü dolaylı yoldan hesaplanmıştır [**3,4**]. Örneklerde gözenek boyutu ve yapısının tayini için düşük vizkoziteli ve "methylene blue" toz boyası ile renklendirilmiş epoksi emdirilerek hazırlanan örneklerden kalın kesitler alınarak, bu kesitlerin mikroskop altı görüntüleri Adobe Photosohop CC görsel işleme programı kullanılarak görüntü analizleri yapılmıştır. B/A oranı 1/1 ve 1/0,4 olan sıva örneklerinde homojen bir epoksi emdirme işlemi sağlanamamış, epoksinin malzemenin içerisindeki gözeneklere nüfus etmediği alanlar oluşmuştur. Bu sebeple görüntü analizleri sadece B/A oranı 1/1,5 olan farklı agrega boyutu dağılımlarına sahip S1:A, S4:B ve S7:C örnekleri üzerinde yapılmıştır. Bu analizler ile 40 günlük kireç bağlayıcılı sıva örneklerin gözenek boyutları ve dağılımı incelenmiştir.

3. BULGULAR

Çalışmada hazırlanan sıva örneklerinin ölçülen temel fiziksel ve fiziko-mekanik özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Elde edilen birim hacim ağırlığı, gözeneklilik oranı, ultrases geçiş hızı değerleri (UPV) ve elastisite modülü, örneklerin dökümünden en az 40 gün sonra alınan ölçümlerdir.

Örneklerin birim hacim ağırlıkları 1,06 g/cm^3 ile 1,45g/cm^3 arasında, açık gözeneklilik değerleri %34,6 ile %42,8 arasındadır. B/A oranı yükseldikçe, yani bağlayıcı miktarı agrega miktarına göre arttıkça sıva örneklerin birim hacim ağırlıkları düşmekte, açık gözeneklilik değerleri ise yükselmektedir. Aynı örneklerin agrega boyutu dağılımları ile temel fiziksel özellikleri arasında belirgin bir ilişki gözlenmemiştir.

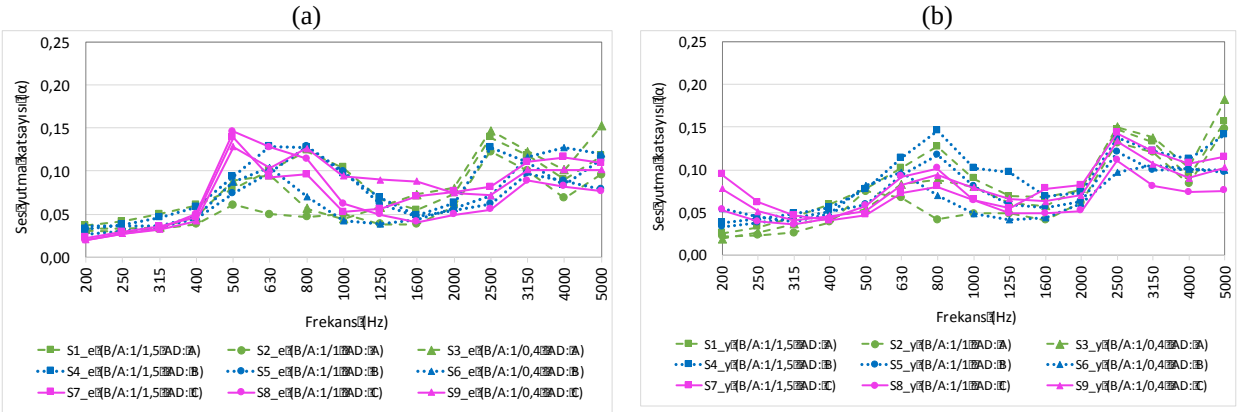
Örneklerin ultrases geçiş hızı değerleri, 1126m/s ile 1263m/s arasında ölçülmüştür. S2 numaralı örnek dışında, tüm örnek gruplarının 100mm ve 28mm çaplarındaki numunelerine ait ultrases geçiş hızları birbirine benzerdir; kısaca farklı boyutlarda hazırlanan aynı karışımdaki sıva örnekler birbirlerine denktir, çatlak veya boşluk gibi gözenek yapısını değiştirecek bir süreksizlik içermemektedir. Örneklerin hesaplanan elastisite modülü değerleri, 1,39GPa ile 1,82GPa arasında

değişmektedir. Çıkan sonuçlar, tarihi binalardan alınan ve yeterli dayanıma sahip kireç esaslı sıva örnekleri ile benzer değerlere sahiptir [**5, 6**].

Çizelge 2: Sıva örnekleri temel fiziksel ve fiziko-mekanik özellikleri

Örnek numarası	Açık gözeneklilik (%)	Birim hacim ağırlık (g/cm3)	UPV- 100mm çaplı örnekler (m/s)	UPV- 28mm çaplı örnekler (m/s)	UPV (m/s) Ortalama	Elastisite Modülü – MoE (GPa)
S1	36,9 ± 0,23	1,45 ± 0,01	1136	1159	1148 ± 11	1,75
S2	37,7 ± 0,63	1,41 ± 0,01	1090	1285	1187 ± 98	1,83
S3	39,9 ± 1,02	1,19 ± 0,06	1241	1286	1263 ± 23	1,76
S4	34,6 ± 0,77	1,30 ± 0,02	1123	1164	1143 ± 21	1,56
S5	37,0 ± 0,18	1,29 ± 0,01	1158	1126	1142 ± 16	1,54
S6	40,5 ± 0,61	1,07 ± 0,02	1194	1183	1189 ± 6	1,39
S7	34,8 ± 0,77	1,33 ± 0,00	1215	1187	1201 ± 14	1,77
S8	36,7 ± 0,41	1,21 ± 0,00	1220	1251	1236 ± 15	1,7
S9	42,8 ± 0,83	1,06 ± 0,01	1217	1287	1252 ± 35	1,53

Kireç sıva örneklerinin döküldükten 40 gün sonra ve 228 gün sonra elde edilen ses yutma katsayısı eğrileri **Şekil 1**'de verilmiştir. Aynı örnek üzerinden yapılan ve en az üç kere tekrarlanan ölçümlerde standart sapma değeri 0,01 üzerinde olan değerlerin gözlendiği 200Hz altı frekanslar değerlendirme dışında tutulmuştur. Tüm sıva örneklerinin değerlerinin gözlenebildiği bu grafikte, örneklerin ses yutma katsayısı değerlerinin genel olarak 0,15 ve altında olduğu görülebilmektedir.



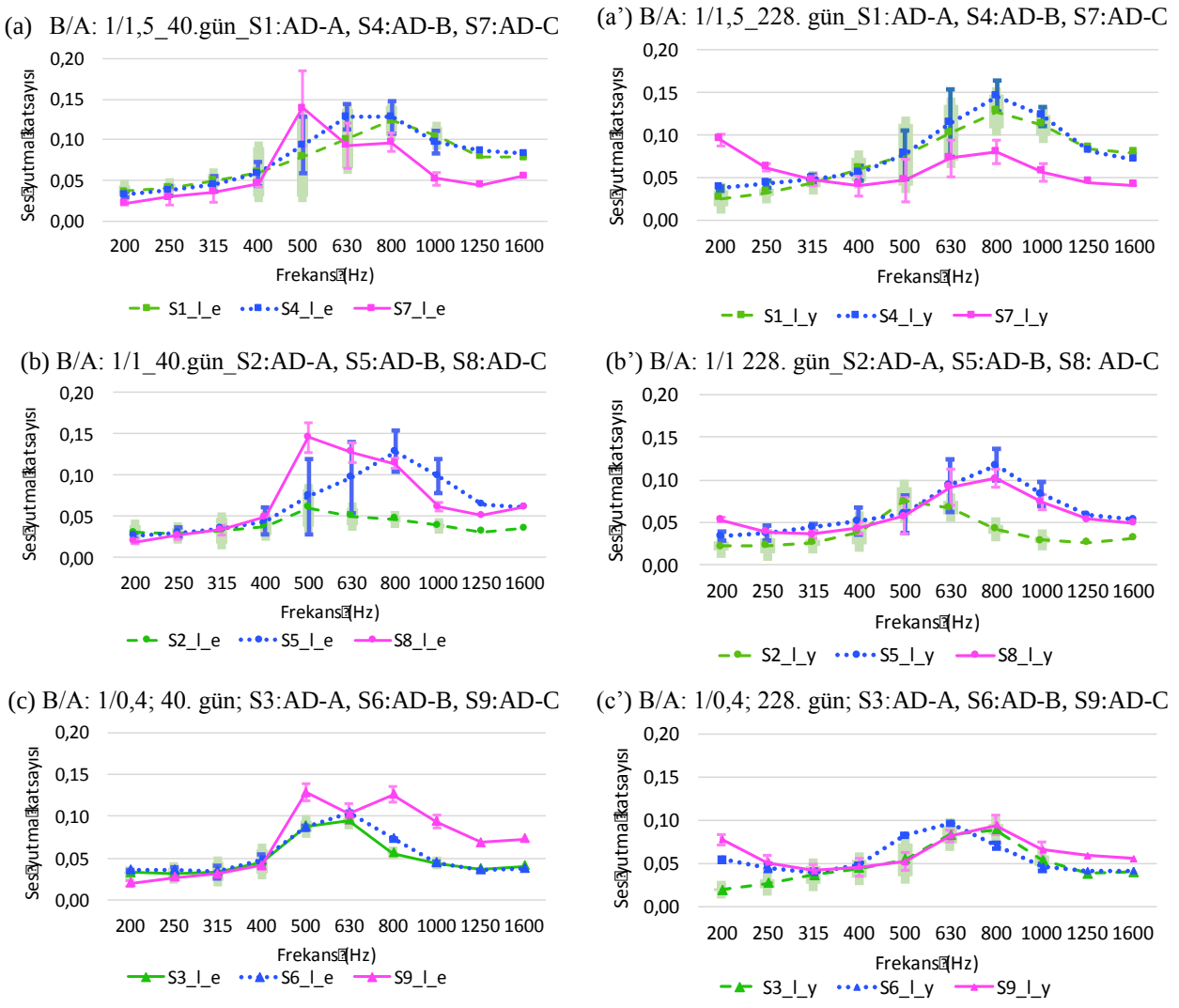
Şekil 1: Örneklerin, dökümden 40 gün sonra (a) ve 228 gün sonra (b) ölçülen ses yutma katsayısı eğrileri

Çizelge 3: Sıva örneklerinin NRC değerleri

Örnek kodu	**S1**	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S7**	**S8**	**S9**
Bağlayıcı-agrega oranı	1/1,5	1/1	1/0,4	1/1,5	1/1	1/0,4	1/1,5	1/1	1/0,4
Agrega boyu dağılım grubu	A	A	A	B	B	B	C	C	C
40 günlük - NRC	0,08	0,05	0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07
128 günlük - NRC	0,08	0,05	0,07	0,08	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07

Genel değerlendirmede ses yutma katsayılarını tek sayı değeri olarak ifade etmekte kullanılan ve 250Hz, 500Hz, 1000Hz ve 2000Hz frekanslarındaki ses yutma katsayılarının ortalamasının alınmasıyla hesaplanan NRC (Noise reduction coefficient) değerleri ayrıca incelenmiştir **(Çizelge 3)**. Bu incelemeye göre NRC değerleri 0,1'in altında ve anlamlı bir karşılaştırma yapmaya imkan veremeyecek şekilde birbirine oldukça yakındır.

Farklı karışım oranlarına sahip sıva örnekleri arasındaki frekans bazında ses yutma katsayılarındaki olası farklılıkların daha ayrıntılı incelemesi amacıyla sonuçlar, farklı bağlayıcı-agrega oranı ve farklı agrega boyu dağılımlarına göre gruplandırılarak karşılaştırılmıştır. **Şekil 2**'de aynı bağlayıcı-agrega oranına (B/A) sahip örneklerin verileri gruplandırılmış, 40. ve 228. günde düşük frekans aralığında (200Hz- 1600Hz) ölçüm yapan tüpten elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Aynı örnek grupları için yüksek frekans aralığında (1000Hz-5000Hz) ölçüm yapan tüpten elde edilen veriler de **Şekil 3**'te özetlenmiştir. Paralel örneklerdeki standart

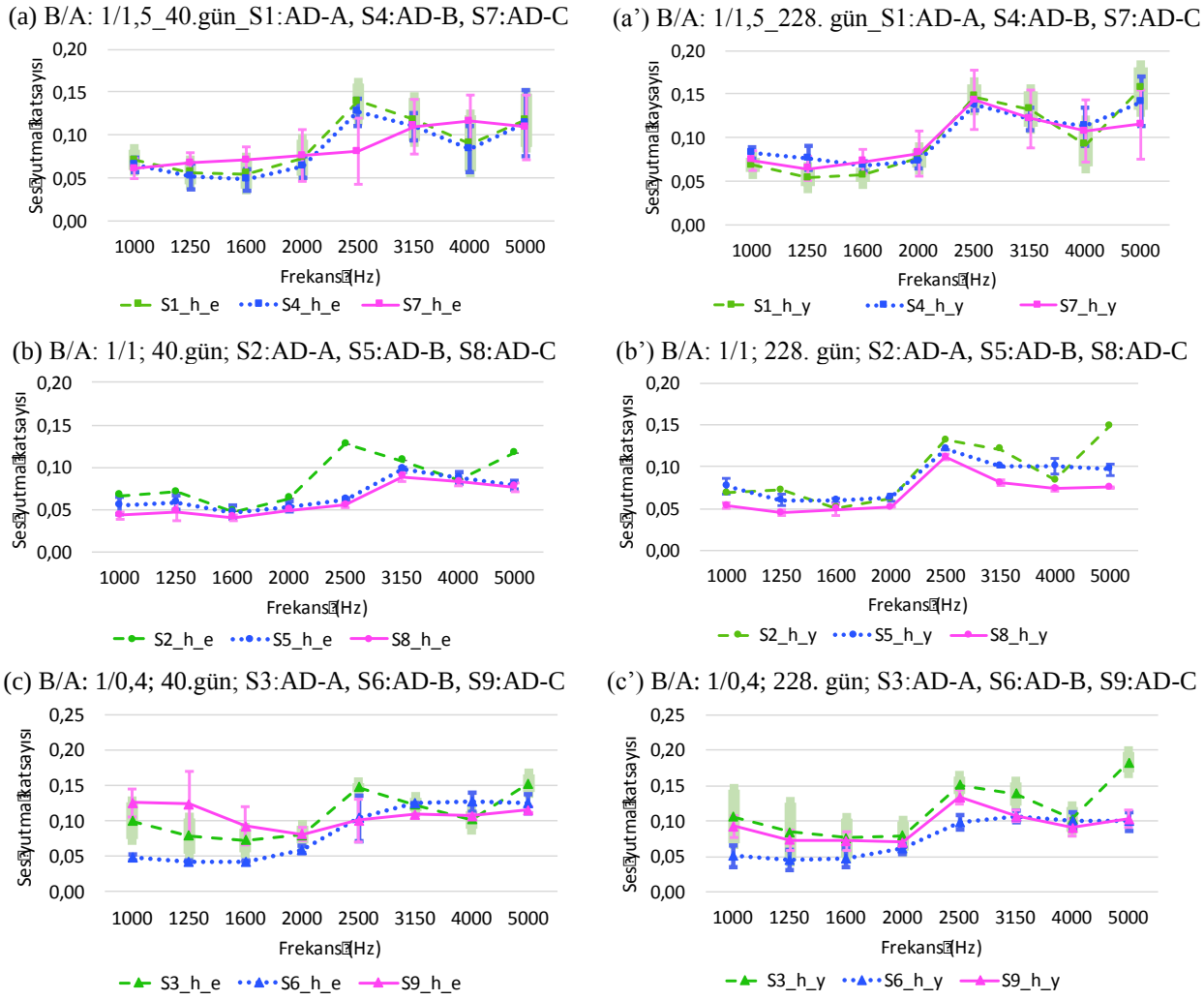


Şekil 2: Farklı bağlayıcı-agrega oranına (B/A) sahip örneklerin 200Hz-1600Hz frekanslarındaki ses yutma katsayılarını gösteren eğriler

sapmalar bu sayede daha iyi gözlenebilmiş, farklı frekans aralıklarında ölçüm yapan iki ayrı tüpten alınan sonuçlar ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir. S2 numaralı sıva çeşidine ait paralel örneklerden ikisinde dökümden sonra çatlama oluşması nedeniyle, bu gruptan sadece tek örnek üzerinden ses yutma katsayıları elde edilmiştir. Bu sebeple bu örnek için bir standart sapma değeri bulunmamaktadır.

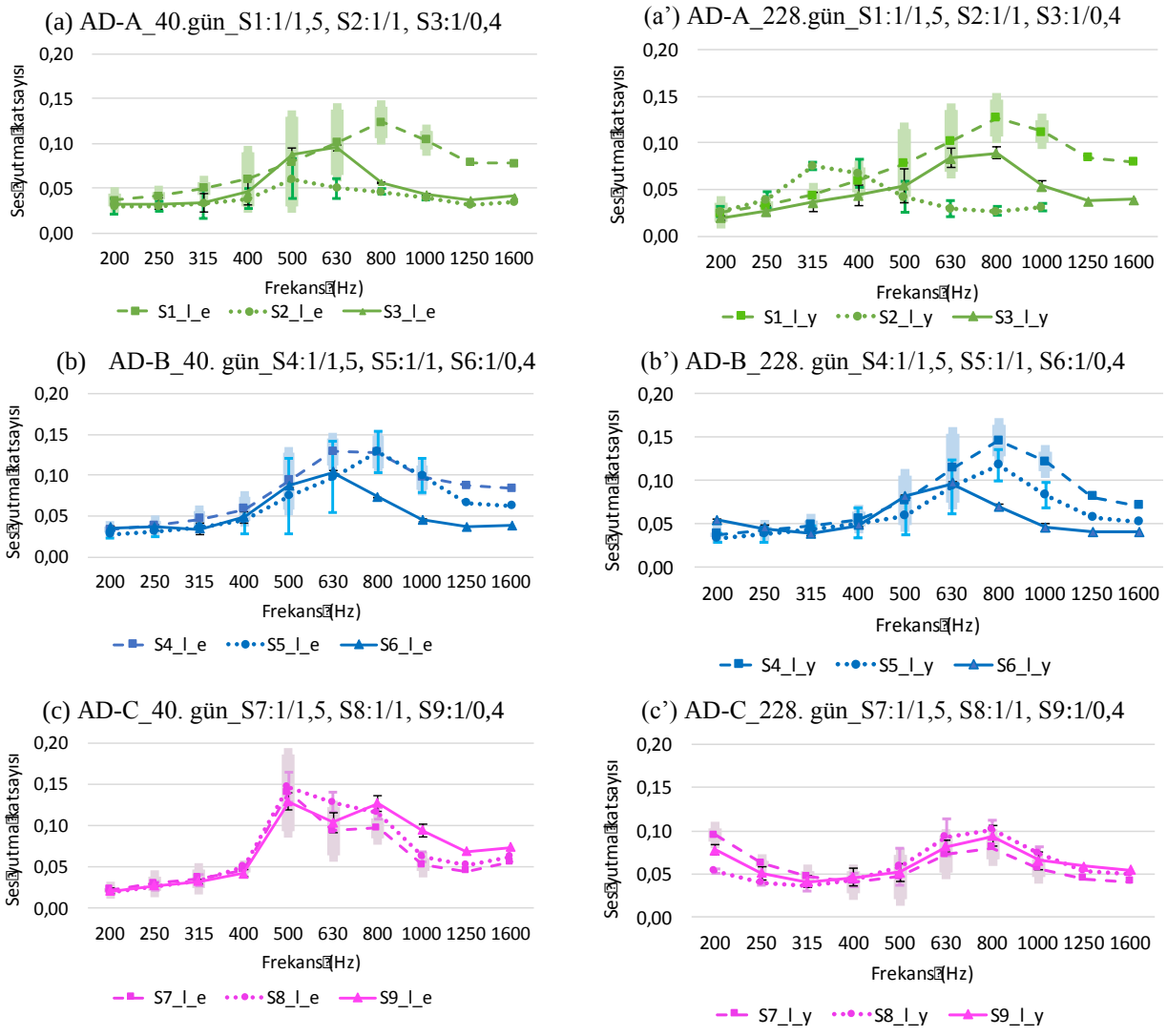
Elde edilen veriler aşağıda özetlenmiştir:

– 100mm çapında numunelerle ölçüm yapılan düşük frekans tüpünden elde edilen verilere göre bağlayıcı-agrega oranı 1/1,5 ve 1/1 olan örneklerde ses yutma katsayıları ölçümlerinde yüksek düzeyde bir standart sapma saptanmıştır **(Şekil 2)**. Bağlayıcı-agrega oranı 1/0,4 olan örneklerde (S3:A, S6:B, S9:C) standart sapmanın daha düşük olması, ve bu farklılığun ultrases geçiş hızı ölçümlerinde farkedilmemiş ancak empedans tüpü ölçümlerinde farkedilebilmiş olması dikkat çekicidir. Bu örnekler farklı agrega dağılımlarına sahip oldukları halde yüksek bağlayıcı oranının sahiptirler; bu durumun iç yapının homojenliğine etkisi incelenmelidir.



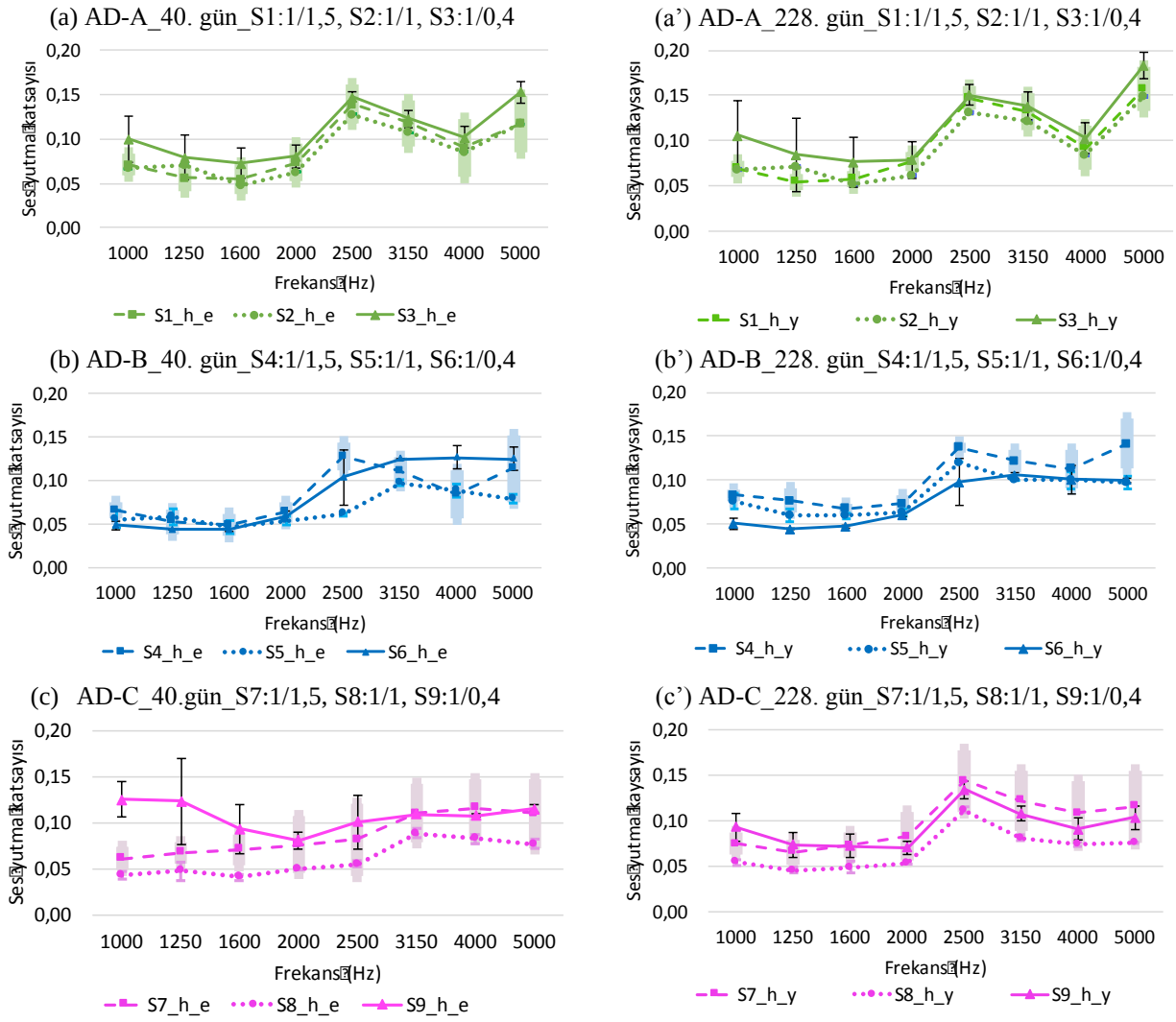
Şekil 3: Farklı bağlayıcı-agrega oranına (B/A) sahip örneklerin 1000Hz-5000Hz frekanslarındaki ses yutma katsayılarını gösteren eğriler.

– İlk ölçümlerde bağlayıcı-agrega oranı 1/1 olan S5:AD-B ve S8:AD-C numaralı örneklerde görülen yüksek standart sapma değerleri son ölçümlerde belirgin bir düşüş göstermiştir **(Şekil 2b, 2b')**. Standart sapma değerlerinde görülen bu azalma, paralel sıva örneklerinin mikro yapıları arasındaki farklılıkların karbonatlaşma sürecinde azaldığını düşündürtmektedir.
– 315Hz-1600Hz frekans aralığı incelendiğinde, agrega boyu dağılımında küçük boyutta agregaların ağırlıkça daha yüksek oranda olduğu (AD-C), farklı bağlayıcı-agrega oranına sahip S7:1/1,5, S8:1/1 ve S9:1/0,4 numaralı örneklerin ses yutma katsayısının tepe yaptığı frekansın 500Hz'ten 800Hz'e kaydığı ve tepe değerininde 0,05 civarında düştüğü görülmüştür **(Şekil 2)**. 1000Hz ile 5000Hz frekans aralığında aynı örneklerde (S7:1/1,5, S8:1/1 ve S9:1/0,4), ilk ölçümde elde edilen eğriler belirgin bir tepe değerine sahip değildir **(Şekil 3)**. Ancak son ölçümlerde 2500Hz'de 0,11-0,15 arasında tepe değerleri belirginleşmiştir.



Şekil 4: Farklı agrega boyu dağılım oranına (AD) sahip örneklerin 200Hz-1600Hz frekanslarındaki ses yutma katsayılarını gösteren eğriler

- Bağlayıcı-agrega oranı 1/0,4 ve büyük boyutta agregaların ağırlıkça daha yüksek oranda olduğu (AD-A) S3 numaralı örneğin ilk ve son ölçümleri arasında benzer bir değişim gözlemlenmiş; tepe yaptığı frekansın 500Hz'ten 800Hz'e kaydığı ancak tepe değerininde değişmediği görülmüştür **(Şekil 2c, 2c')**. Agrega dağılımı farklı olan diğer örneklerde zamana bağlı olarak ses yutmada belirgin bir performans azalması oluşmamıştır.
- Farklı frekanslarda ses yutma katsayısını gösteren eğrilerde farkedilen bu değişimler, karbonatlaşma sürecinde sözkonusu örneklerin mikro yapılarında değişimlerin olduğunu göstermektedir.



Şekil 5: Farklı agrega boyu dağılım oranına (AD) sahip örneklerin 1000Hz-5000Hz frekanslarındaki ses yutma katsayılarını gösteren eğriler

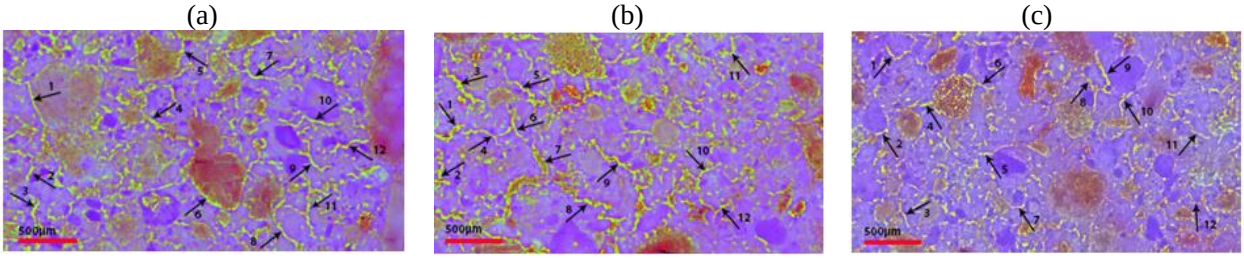
Farklı bağlayıcı-agrega oranlarının ses yutma özelliklerine etkisini daha iyi inceleyebilmek amacıyla, aynı agrega boyu dağılımlarına sahip olan sıva örnekleri gruplandırılmış; 40. ve 228. günde 315Hz-1600Hz frekans aralığında ve 1000Hz-5000Hz frekans aralığında ölçüm yapan

tüplerden elde edilen veriler sırasıyla **Şekil 4** ve **Şekil 5**'de özetlenmiştir. Veriler, ses yutma katsayısının tepe yaptığı değerler ile bağlayıcı-agrega oranı arasında bir ilişki göstermemiştir. 315Hz-1600Hz frekans aralığında, S3, S7, S8 ve S9 numaralı örneklerin zaman içerisinde ses yutma katsayısının tepe yaptığı değerin yüksek frekanslara kayması, aynı zamanda S7, S8 ve S9 numaralı örneklerde yüksek frekanslara kayan tepe noktası değerinin düşmesi **Şekil 4 (a-a')** ve **Şekil 4(c-c')**'da daha açık bir şekilde görülmektedir.

Açık gözeneklilik oranı, bağlayıcı-agrega oranı arttıkça yükselmektedir. Bu ilişki göz önüne alınarak **Şekil 4 ve 5**'deki verilen karşılaştırmalarda, açık gözeneklilik oranı ile ses yutma katsayıları arasında bir ilişki gözlenememektedir.

Bağlayıcı-agrega oranı 1/1,5 olan farklı agrega boyutu dağılımına sahip sıva örneklerinin optik mikroskop ile görüntü analizleri **Şekil 6**'de özetlenmiştir. Burada verilen görüntüler, incelenen sıva örneklerinin gözenek boyutu analizi için temsili olarak belirlenen alanları göstermektedir. Görüntülerde gözenekler sarı renk ile işaretlenmiştir. Elde edilen veriler ve değerlendirmeler aşağıda özetlenmiştir:

- Bu görüntülerde rastgele seçilen 12 gözeneğin çapı ölçülerek, ortalama gözenek çapı hesaplanmıştır. S1, S4 ve S7 örnekleri için ortalama gözenek çapı sırasıyla 17µm±3,3; 24µm ±11,9 ve 20µm±5,4 olarak hesaplanmıştır
- Bu verilere dayanarak örneklerin makro boyutta kapiler gözenekler içeren bir gözenek ağına sahip olduğu söylenebilir.
- Örneklerin gözenek yapıları karşılaştırıldığında, küçük boyutta agregaların ağırlıkça daha yüksek oranda bulunduğu S7:C numaralı sıva örnek, diğer örneklere kıyasla, agregaların etrafında (agrega ile bağlayıcı ara yüzünde) daha az sayıda gözenek içermektedir. Aynı örnekte görülebilen gözeneklerin uzunluğu diğer örneklerdekilere kıyasla daha kısadır.
- S7 numaralı örneğin ultrases geçiş hızı diğer ikisinden biraz daha yüksektir **(Çizelge 2).**



Şekil 6: Gözenek yapısı analizlerinde incelenen malzeme kesiti mikroskop görüntüleri, (a) S1:1/1,5:AD-A, (b) S4:1/1,5:AD-B ve (c) S7:1/1,5:AD-C

4. SONUÇLAR

Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki maddeler ile özetlenebilir:

- Açık gözeneklilik oranı, bağlayıcı-agrega oranı arttıkça azalmaktadır. Agrega dağılımı açık gözeneklilik oranını belirgin bir biçimde etkilememektedir. Açık gözeneklilik oranı, bir malzemenin ses yutma özelliğinin az ya da çok olduğunu gösteren bir parametre olmadığı,

dolayısıyla ses yutma özelliğinin tanımlanmasında tek başına yeterli bir parametre olmadığı görülmüştür.

- Bağlayıcı-agrega oranı ile sıva örneklerinin ses yutma katsayısı değerleri arasında belirgin bir ilişki bulunmamıştır. Agrega boyu dağılımında ise, sadece, tane boyutu 0,5-0,25mm olan küçük boyutta agregaların ağırlıkça daha yüksek oranda kullanıldığı örneklerde, daha büyük boyutta agregaları yüksek oranda içeren diğer örneklere kıyasla belli frekanslarda ses yutma katsayılarında farklılıklar ve zamana bağlı olarak değerlerde değişim net bir şekilde gözlenmiştir. Ses yutma katsayısı değerlerinde diğer örneklere kıyasla gözlenen farklar, mikroskop görüntülerinde de gözlenen örneğe özgü gözenek yapısı ile açıklanabilir.
- 228.gün ölçümlerinde görülen ses yutma katsayısındaki farklılıkların, gözenek yapısında ne tür değişimlerden kaynaklandığının anlaşılabilmesi için, bu örneklerin temel fiziksel ve fizikomekank özelliklerinin de takibi gerekmektedir.
- Empedans tüpü ileyapılan ses yutma katsayısı ölçümlerinin, ultrases geçiş hızı ölçümlerinin iç yapı ile ilgli gösteremeği farklılıkları farkettirebilecek bir hassasiyete sahip olduğu görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Sunulan çalışmalar ODTÜ Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü tarafından desteklenen BAP-02-01-2015-001 no'lu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada örneklerin hazırlanmasında ve analizlerde katkısı bulunan Ali Özgü NURSAL, Meltem ERDİL ve ODTÜ Malzeme Koruma Laboratuvarı çalışanlarına, ayrıca ses yutma katsayısı ölçümlerinde ölçüm sistemi desteğiyle yardımcı olan Mezzo Stüdyo Ltd. Şti.'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. ASTM C1437-07, Standard test method for flow of hydraulic cement mortar. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

2. ISO 10534-2:1998, Acoustics - Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes-Part 2-Transfer Function Method, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

3. RILEM, "Tentative Recommendations, Comission-25-PEM, Recommended test to measure the deterioration of stone and to access the effectiveness of treatment methods", *Materiaux and Construction*, 13(73), (1980), pp:173-253.

4. ASTM Standard D 2845-08 – Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Constants of Rock. American Society for Testing and Materials, Philadelphia.

5. Caner, E, (2003), *Archaeometrical investigation of some Seljuk plasters*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Arkeometri Lisansütü Programı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

6. Uğurlu, E, (2005), *Characterization of horasan plasters from some Ottoman baths in İzmir*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Restorasyon Programı, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

KENTSEL MEKANLARDA SES KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Derya ÇAKIR AYDIN[a]
Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Diyarbakır
Sevtap YILMAZ[b]
İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul

ÖZET

Bu çalışmada, sesin insan algısıyla direkt ilişkili olduğu ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin birlikte kullanılarak kentsel mekanlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyini tahmin etmek amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışma alanı olarak seçilen Diyarbakır'ın Suriçi bölgesinde çift kulaklı (binaural) ses kayıtları yapılıp, bu kayıtlara ait gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin nicel verileri elde edilmiştir. Her üç metriğin farklı nicel değerlerini içeren ses klipleri oluşturulmuş ve katılımcılara laboratuvar ortamında ses klipleri dinletilerek jüri testi uygulanmıştır. Jüri testinden elde edilen sonuçlar ile ses kliplerine ait nicel veriler Regresyon Analizi yöntemiyle değerlendirilip kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini tahmin etmek için Ses Kalitesi İndeksi (SQI) oluşturulmuştur. Modelin doğruluğunu test etmek için çalışma alanında anketler uygulanmış ve anketlerle eş zamanlı olarak da ses kayıtları yapılmıştır. Ses kayıtlarından elde edilen nicel veriler, ses kalitesi indeksi ile değerlendirilip kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi tahmin edilmiştir. Çalışma alanında uygulanan anketlerden edinilen sonuçlar ile SQI'den tahmin edinilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar sözcükler: Ses Kalitesi, Metrikler, Jüri Testi

EVALUATION OF SOUND QUALITY IN URBAN AREAS

ABSTRACT

This study aimed to estimate the users' sound environment pleasantness in urban areas by using sound quality metrics (loudness, sharpness, roughness). For this purpose, binaural sound recordings were made in Diyarbakir Suriçi area and sound quality of these records are determined. Sound clips that contain different quantitative data for each three metrics were created. In a laboratory, the jury test was applied to the participants with sound clips. The Sound Quality Index (SQI) is generated by performing Regression Analysis with quantitative data and jury test results. At the end of the study, the results of sound environment pleasantness from field survey and the SQI were compared.

Key words: Sound Quality, Metrics, Jury Test

[a] e-posta adresi: dcaydin@dicle.edu.tr
[b] e-posta adresi: demirkale@itu.edu.tr

1.GİRİŞ

Akustik konforun sağlanmasının öncelikli koşulu, insanların içinde bulundukları ortamların rahatsızlık verici olan seslerden arındırılmasıdır. Rahatsızlık verici ses olarak nitelendirilen gürültü, günümüzde yasal uygulamalarda yalnızca toplamsal düzeye bağlı olarak tanımlanmaktadır. Son yıllarda yapılan pek çok çalışmada Avrupa Birliği çevresel gürültü politikasının **[1]** amaçladığı ses düzeyi azalımının kullanıcıların akustik konforunu geliştirmede yeterli olamadığı vurgulanmaktadır. Bu nedenle de kentsel akustik konforda "soundscape-işitsel peyzaj" yaklaşımı ortaya çıkmıştır.

Pijanowski vd. çalışmalarında "Soundscape" teriminin ilk olarak kent plancısı Southworth tarafından 1969 yılında şehirlerin akustik özelliklerini belirtmek için kullanıldığını ve Schafer'ın ise 1977 yılında bu terimi "peyzajın işitsel özellikleri" olarak somutlaştırdığını belirtmişlerdir **[2].** İşitsel peyzaj aracılığı ile gürültüden kaynaklanan rahatsızlıkla birlikte değerlendirilen alanın özgün seslerinin etkileri de dikkate alınabilmektedir. İşitsel peyzaj ile ilgili çalışmalarda kentsel mekanların ses çevreleri nesnel olarak ölçülebilmekte, aynı zamanda kullanıcıların bulundukları alanlarla ilgili öznel verileri de değerlendirilebilmektedir.

Rychtarikova ve Vermeir işitsel peyzaj çalışmalarında ses basınç düzeyi (SPL) gibi standart akustik nicelikler dışında, sesin insan algısıyla direkt ilişkili olduğu psikoakustik parametrelerin (ses kalitesi metrikleri) de değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır **[3].** Ses kalitesi ile ilgili yapılan çalışmalarda özellikle gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin sıklıkla incelendiği görülmektedir **[3-6]**. Bu çalışmada da ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metrikleriyle ses çevresi memnuniyet düzeyini tahmin etmek için SQI elde edilmeye çalışılmıştır.

2. SES KAYITLARI VE LABORATUVAR ÇALIŞMASI

Yapılan çalışmada ses kalitesi metrikleri ile kullanıcıların kentsel mekanlarda ses çevresi memnuniyet düzeylerini belirleyebilmek için regresyon modeli oluşturulmuştur. Model için gerekli olan ses kalitesi metriklerine ait nicel değerleri elde etmek için çalışma alanında ses kayıtlarına ihtiyaç duyulmuştur. Bu kayıtlardan ses klipleri oluşturulmuştur. Laboratuvar ortamında ses klipleri katılımcılara dinletilerek jüri testi uygulanmış ve öznel anket sonuçları ile nesnel ses kalitesi metrikleri arasında regresyon modeli oluşturularak SQI elde edilmiştir.

2.1. Ses Kayıtları

Çalışmada katılımcılara anket uygularken dinletmek ve çalışma alanına ait ses kalitesi metriklerinin nicel verilerini elde etmek için ses kayıtları yapılmıştır. İlk olarak kayıtların yapılacağı alan seçilmiştir. Bu çalışmada ses kayıtları için Diyarbakır'ın Suriçi bölgesi seçilmiştir **(Resim 1).** Semidor'un **[7]** uyguladığı ses kayıt yöntemiyle çalışma alanında kayıt rotaları belirlenmiş, alana ait ses kayıtları gerçekleştirilmiştir. Kaydedilen seslerin bölgenin genel ses çevresi ile ilgili detaylı verileri verebilmesi için, ses kayıtları tek bir defa değil, hafta içi (5 gün) ve hafta sonu (cumartesi) sabah 07.30-09.00, öğle 12.00-13.30 ve akşam 17.00-18.30 saatleri arasında yapılmıştır. Ses kayıtlarının laboratuvar ortamında katılımcılara dinletileceği düşünüldüğünden, kayıtların gerçek ses ortamını yansıtabileceği binaural şeklinde yapılması

uygun görülmüştür. Kayıtlar, el tipi çift kanallı ses ölçüm cihazına bağlanan binaural mikrofon seti kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Resim 1: Diyarbakır Suriçi bölgesi

2.2. Ses Klipleri

Çalışma alanında yapılan binaural ses kayıtları bilgisayara aktarılıp, duyulması istenilen ses kaynaklarına ait ses kayıtları belirlenmiştir. Ses kayıtlarından, ses kalitesi yazılımı PULSE Reflex kullanılarak 30 sn. süreli ses klipleri hazırlanmıştır. Ses kliplerine ait gürlük, keskinlik ve kabalık ses kalitesi metrikleri PULSE Reflex ile hesaplanmıştır. Ses kliplerinde, ses kalitesi metriklerinin nicel değerlerinin çeşitliliğine dikkat edilmiş ve farklı ses kalitesi nicel verilerine sahip 27 adet ses klipi oluşturulmuştur ve jüri testi aşamasına geçilmiştir.

2.3. Jüri Testi ve Ses Kalitesi Metrikleri

Ses kalitesi metriklerinin nicel değerleriyle Sound Quality Index (SQI) oluşturabilmek için çalışmanın bu aşamasında laboratuvar ortamında jüri testine ihtiyaç duyulmaktadır. Jüri testi için katılımcıların dinledikleri 27 farklı ses klipine ait memnuniyet düzeylerini 1 ile 5 arasında (1-memnuniyet verici değil; 5-memnuniyet verici) tercih etmeleri istenmiştir. Jüri testi, işitme problemi olmayan 20-40 yaşları arasında 53 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Her bir katılımcının ankete başlamadan bilgilendirilmeleri, 27 farklı ses klipini dinlemeleri ve her bir kaydı dinledikten sonra anketi cevaplamaları yaklaşık 20 dakika sürmüştür. Katılımcıların ses klipleri ile ilgili memnuniyet düzeylerine ait verileri bilgisayara aktarılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Jüri testinden elde edilen veriler ile ses kliplerine ait ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerine ait nicel verilerin analizleri yapılmıştır.

Bayazıt **[8]**, iki ya da daha fazla rastgele değişken arasındaki istatistik ilişkinin matematiksel ifadesini belirlemek için regresyon analizinin yapılabileceğini belirtmektedir. Bu çalışmada da kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyini ses kalitesi metriklerinin bilinen değerlerine bağlı olarak tahmin etmek için regresyon analizi yapılmıştır. Çalışmada jüri testlerinin sonuçları ve ses kliplerine ait ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerine ait nicel verileri kullanılarak çoklu regresyon yöntemi kullanılmış, **Çizelge 1**'deki verilerle Ses Kalitesi İndeksi (SQI) oluşturulmuştur.

Çizelge 1: Çoklu regresyon denklemi tablosu

Independent variables	Coefficient	Std. Error	t	P
(Constant)	7,2936			
gürlük	-0,05851	0,002522	-23,196	<0,0001
kabalık	-0,3723	0,0425	-8,760	<0,0001
keskinlik	-0,7792	0,05078	-15,346	<0,0001

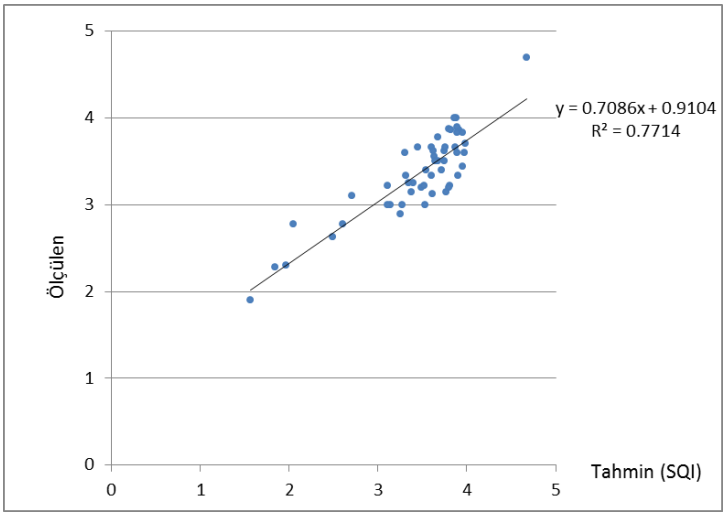
$$SQI = 7{,}2936 - (0{,}05851 * X_1) - (0{,}7792 * X_2) - (0{,}3723 * X_3) \quad (1)$$

X_1 : gürlük
X_2 : keskinlik
X_3 : kabalık

3. ALAN ÇALIŞMASI

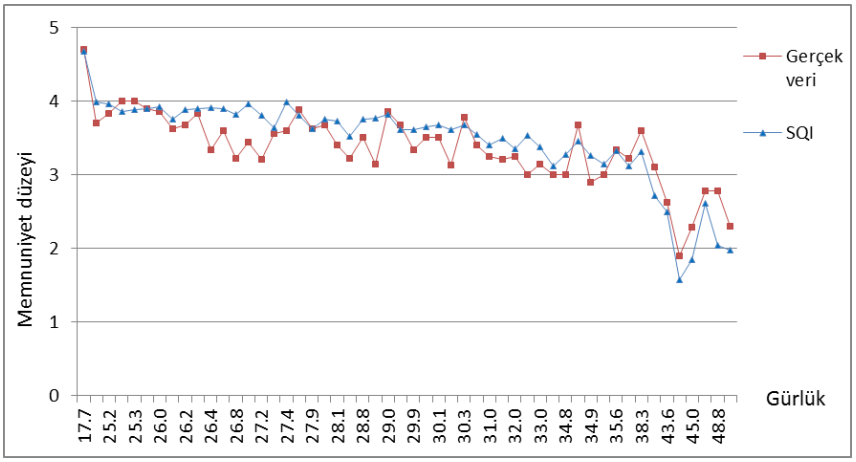
Laboratuvar çalışmasında oluşturulan SQI ile elde edilen verilerin doğruluğunu test edebilmek için Diyarbakır Suriçi bölgesinde kullanıcılara, bulundukları bölgenin ses çevresi memnuniyet düzeyi ile ilgili anket uygulanmıştır. Katılımcılardan ses çevresi ile ilgili memnuniyet düzeyleri (1-memnuniyet verici değil, 5-memnuniyet verici), demografik özellikleri ve ses çevresi ile ilgili memnuniyet düzeylerini etkileyen faktörlerin sıralanması istenmiştir.

Çalışmada ses kalitesi metriklerinin nicel verileriyle kullanıcıların öznel değerlendirmeleri test edileceğinden anket çalışmasıyla birlikte ses kayıt çalışması eş zamanlı yürütülmüştür. Ses kayıtlarına ait ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık metriklerinin nicel verileri hesaplanmıştır. Alanda yapılan anket çalışması işitme problemi olmayan 392 katılımcıyla gerçekleştirilmiştir. Ses kayıtlarından edinilen nicel verilerin SQI ile hesaplanmasıyla, ses çevresi memnuniyet düzeyi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Alanda yapılan anketlerden elde edilen öznel veriler ile SQI'den tahmin edilen veriler karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, SQI ile tahmin edilen, kullanıcıların ses çevreleriyle ilgili memnuniyet düzeyleri ile alanda yapılan anket çalışmasından elde edilen veriler arasında %88'lik korelasyon sağlanmıştır. Şekil 1'de görüldüğü üzere $R^2 = 0{,}7714$ güvenilirlik seviyesinde elde edilmiştir.

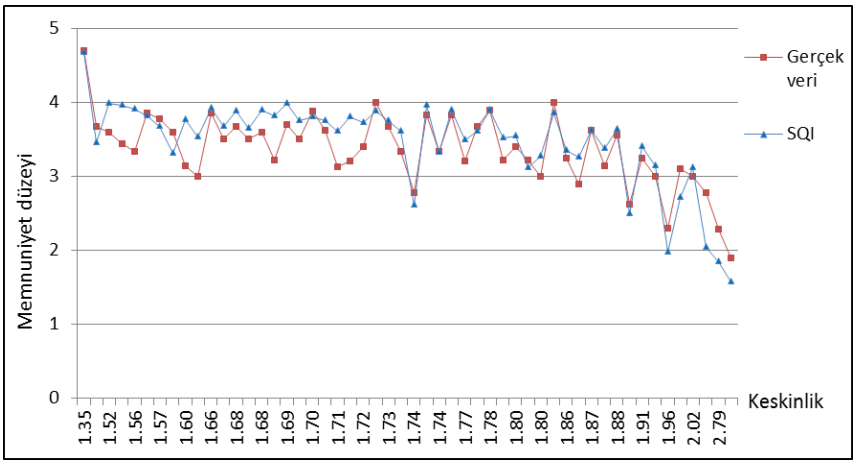


Şekil 1: SQI ile gerçek veriler arasındaki ilişki

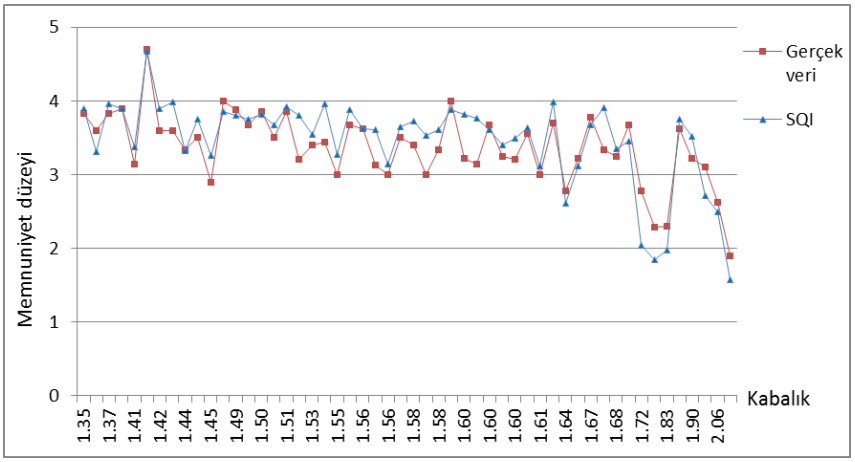
Ses kalitesi metriklerinin her biri ile SQI ve gerçek veriler arasındaki ilişki ayrı ayrı incelendiğinde, gürlük metriği için ses çevresi memnuniyet düzeyinde SQI'den elde edilen veriler ile alandan elde edilen gerçek veriler arasında negatif yönde %95'lik bir korelasyon görülmektedir **(Şekil 2)**. Keskinlik metriği için ses çevresi memnuniyet düzeyinde SQI'den elde edilen veriler ile alandan elde edilen gerçek veriler arasında negatif yönde %82'lik korelasyon görülmektedir **(Şekil 3)**. Kabalık metriği için ses çevresi memnuniyet düzeyinde SQI'den elde edilen veriler ile alandan elde edilen gerçek veriler arasında negatif yönde %67'lik korelasyon görülmektedir **(Şekil 4)**.



Şekil 2: Gürlük metriği ile memnuniyet düzeyi ilişkisi



Şekil 3: Keskinlik metriği ile memnuniyet düzeyi ilişkisi



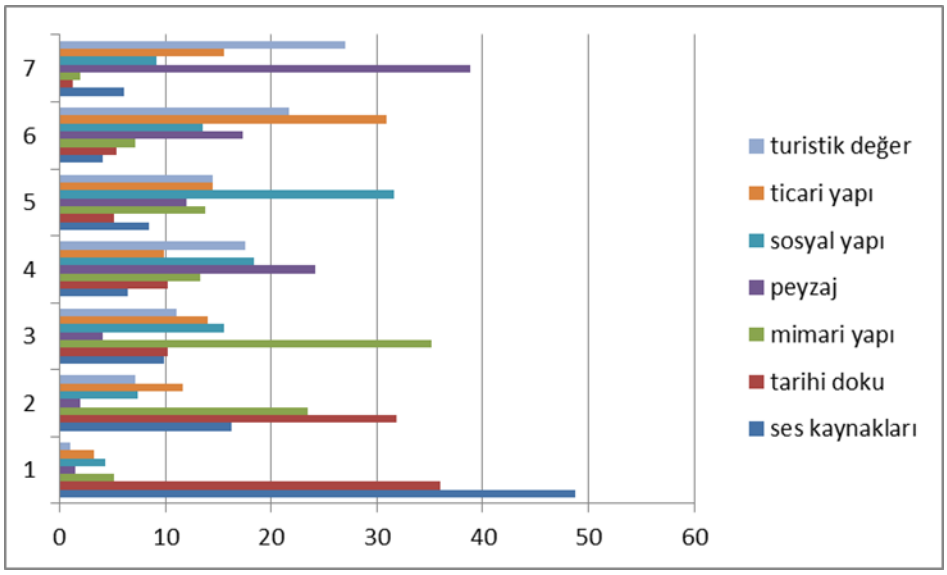
Şekil 4: Kabalık metriği ile memnuniyet düzeyi ilişkisi

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada elde edilen SQI ile gerçek veriler arasında yaklaşık %77'lik bir güvenilirlik seviyesi elde edilmiştir. Bunun dışında kalan yaklaşık %23'ü etkileyen parametreleri belirlemek için alanda yapılan anket sonuçları irdelenmiştir. Çalışmada, katılımcıların ses çevresinden duydukları memnuniyet düzeylerini etkileyen faktörleri belirleyebilmek için ankette, tercihlerini etkileyebilecek etkenler sorulup sıralama yapmaları istenmiştir. Ses çevresi memnuniyetinde ses kaynakları dışında birçok etken tercihleri etkileyebileceğinden bölgenin özellikleri de düşünülerek bazı faktörler sıralanmıştır. Diyarbakır Suriçi bölgesi tarihi bir bölge özelliği taşıdığından faktörler arasında ses kaynaklarıyla birlikte tarihi doku özelliği, turistik değeri, karakteristik mimari dokusundan dolayı mimari yapı özellikleri, kentin sosyal ve ticari merkezi olma özelliğinden sosyal ve ticari yapısına yer verilmiştir. Ayrıca son yıllarda yapılan

rehabilitasyon çalışmaları sonucunda sur çevrelerinde oluşturulan parkların da bir etken olabileceği düşüncesiyle peyzaj da etkenler arasında düşünülmüştür. Kullanıcılardan, ses çevresi memnuniyet düzeylerini etkileyebilecek etkenleri 1'den 7'ye kadar sıralamaları istenmiştir.

Şekil 2 incelendiğinde, katılımcıların her bir etken için yaptıkları sıralamada ses kaynakları dışında da ses çevresi memnuniyetini belirleyen faktörlerin önemli etkiye sahip olabileceği görülmüştür. Katılımcıların %48,7'si ses kaynaklarını etkenler içerisinde birinci sırada belirtirken, %36'sı ise tarihi dokuyu birinci etken olarak belirtmiştir. Bunlar dışında, bulunulan alanın mimari yapısı da önemli bulunmuş ve katılımcıların %35,2'si mimari yapıyı üçüncü sırada etkili bir faktör olarak belirtmişlerdir. Sosyal yapı (%31,6) beşinci olarak değerlendirilirken, ticari yapı ise katılımcıların %30,9'u tarafından altıncı sırada yer almıştır. Peyzaj ve turistik değerin etkinliği diğerlerine göre daha düşük bulunmuş ve %27'lik bir çoğunluk turistik değeri yedinci sıraya, %38,8'lik bir çoğunluk ise peyzajı yedinci sıraya yerleştirmiştir.



Şekil 5: Katılımcıların ses çevresi memnuniyet düzeyini etkileyen faktörleri sıralama tercihleri

Yapılan çalışmada, kentsel alanlarda kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyleri, ses kalitesi metriklerinden gürlük, keskinlik ve kabalık ile oluşturulan SQI ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma alanından elde edilen gerçek veriler ile SQI'den edinilen verilerin karşılaştırmaları yapıldığında, kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi tahmini SQI ile R^2=0,77 güvenilirlikte elde edilmiştir. Kullanıcıların ses çevresi ile ilgili memnuniyet düzeylerini etkileyebilecek diğer etkenler incelendiğinde, kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeylerini etkileyen faktörler arasında bulundukları bölgenin özellikleri önemli bir yer tutmaktadır. Alanda yer alan ses kaynakları dışında tarihi doku özelliğine sahip olması memnuniyet düzeyini etkileyen çok önemli bir faktördür. Bulunulan alanın mimari özellikleri kullanıcıların ses çevresi memnuniyet düzeyi üzerinde oldukça etkilidir. Kentsel mekanların sosyal yapısının da kullanıcılarda etkili olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. EU Parliament and Council (The European Parliament and The Council of The European Union), Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25, (2002).
2. B.C. Pijanowski, A. Farina, S.H. Gage, S.L. Dumyahn, B.L. Krause, "What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science," *Landscape Ecology*, 26, (2011), pp: 1213-1232.
3. M. Rychtarikova, G. Vermeir, "Soundscape categorization on the basis of objective acoustical parameters," *Applied Acoustics*, 74, (2013), pp: 240-247.
4. A. Özçevik, "İşitsel peyzaj–soundscape kavramı ile kentsel akustik konforun irdelenmesinde yeni bir yaklaşım," Yayımlanmamış doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, (2012).
5. P.N. Dökmeci, J. Kang, "Objective parameters for acoustic comfort in enclosed spaces," *20th International Congress on Acoustics*, Sydney, Australia, (2010).
6. D. Botteldooren, B. Coensel, T. De Muer, "The temporal structure of urban soundscapes," *Journal of Sound and Vibration*, 292, (2006), pp: 105-123.
7. C. Semidor, "Listening to a city with the soundwalk method," *Acta Acustica United with Acustica*, 92, (2006), pp: 959-964.
8. M. Bayazıt, "İnşaat mühendisliğinde olasılık yöntemleri," İstanbul: İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Basımevi, (1996).

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

AÇIK PLANLI OFİSLERDE HACİM AKUSTİĞİ KOŞULLARINI İYİLEŞTİRME ANALİZİ

Y. İç Mimar Dilara Kelle[a]
Prof. Dr. Sevtap Yılmaz[b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Açık planlı ofis tasarımlarında izlenilen modern tasarım dili, brüt bırakılan hacimler, bütüncül çözülen plan şemaları nedeniyle gürültü, konsantrasyon sorunları, düşük performans gibi pek çok akustik konforsuzluğun getirdiği olumsuz koşullar oluşmaktadır. Günümüzde LEED sertifikalı ofislerde dahi iç mekan kalitesi analizi, anketler yoluyla irdelendiğinde akustik konfor olarak olumsuz koşullar görülmektedir. Tasarım aşamasında yapılan simülasyon çalışmaları, hesaplama yöntemleri ile bu konuda oluşabilecek elverişsiz koşulların analizi yapılarak akustik kusurlar tasarımın el verdiği ölçüde azaltılabilir ya da engellenebilir. Çalışmada, günümüz ofis koşullarına uygun, 3D ortamda tasarlanmış farklı plan şemalarına ve yüzey özelliklerine sahip ofis ortamı, ODOEN 10.0 simülasyon programı kullanılarak, parametrik verileri analiz edilmiş; malzeme, plan yerleşimi, hareketli elemanlar gibi çeşitli tasarım elemanlarıyla açık planlı ofislerin getirdiği maksimum iletişim, gün ışığı kullanımı gibi olumlu özellikler de göz önünde bulundurularak ortamın akustik iyileştirilmeleri yapılmıştır. Çalışmada ölçüm hatları, standartta (ISO3382-3) belirtilen STI, D2,S-mekansal azalım eğrisi, Lp,A,S,4 m-ses basınç düzeyi, rD-dikkat dağılımı mesafesi, rP-mahremiyet mesafesi parametreleri üzerinden karşılaştırmalar yapılarak değerlendirilmiş, veriler ISO standartlarında ve literatürde verilen optimum değerlerle karşılaştırılarak yapılan iyileştirmelerin etkinliği analiz edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Açık planlı ofisler, akustik tasarım, konuşma mahremiyeti, ses geçiş indeksi

ABSTRACT

Modern design language followed in an open plan office with gross wolume, integrated plan schemes are causing noise and concetration problems which has many adverse effects created by the poor performance of acoustic conditions. Today when the indoor environment quality is analyzed through surveys in many LEED certificated offices, the acoustic comfort conditions are seen as the most unfavourable conditions. Simulation studies conducted during design phase, disadvanteges can be prevented or reduced by making analyse of adverse conditions that may arise in this regard. The study presents an open plan office, designed due to the contemporary design needs, in 3D environment with different plan schemes and surface material properties. The acoustical conditions are analyzed through ODEON 10.0 simulation program in order to evaluate the improvemnts such as absorptive surfaces, plan schemes, seperators, hanging baffles with the regard of maximum daylight entry and visual - audial communication. The working lines are analyzed through parameters which are newly described in ISO 3382-3, such as STI – sound transmission index, D2,S-spatial decay rate, Lp,A,S,4 m-sound pressure level, rD-distraction distance and rP-privacy distance. The results are compared with ISO and optimum values stated in litreature, in order to evaluate the efficiency of improvements.

Key words: Open plan office, acoustical design, speech privacy, sound transmission index

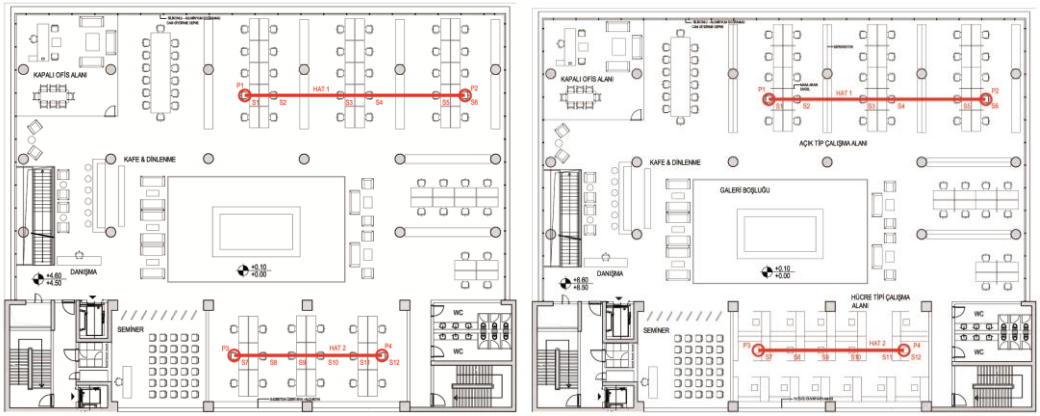
[a] dilarateke@gmail.com
[b] demirkale@itu.edu.tr

1.GİRİŞ

Günümüzde modern ofis tasarımlarında, etkin gün ışığı kullanımı, görsel-işitsel etkileşim ve disiplinler arası iletişimin yanı sıra ekonomik kısıtlamalar, mimarları ve kullanıcıları açık planlı ofis tasarımına yönlendirmektedir, fakat çeşitli avantajlarına rağmen konsantrasyon bozuklukları, mahremiyet zafiyeti, aşırı gürültü, çalışma performansını etkileme gibi sorunlara da yol açabilmektedir **[1].** ISO 3382-3'te tanımlanan, konuşmanın mekansal düşme hızı (D2,S), 4m'de konuşmanın A-ağırlıklı ses basınç düzeyi (Lp,A,S,4 m), ses geçiş indeksi (STI), dikkat dağılımı mesafesi (rD), mahremiyet mesafesi (rP) parametreleri gibi yeni parametreler yardımıyla açık planlı ofisler objektif olarak akustik açıdan değerlendirilebilir **[2].** Simulasyon programı dışında açık planlı ofislerin değerlendirilmesi konusunda kullanılabilecek çeşitli matematik modeller de geliştirilmektedir, fakat henüz bu çalışmaların kesinlik değerleri ±2-3dB arası değişmektedir **[3].**

2. METODOLOJİ

Çalışma için kullanılacak senrayoda, binanın her katı bir şirketin farklı departmanları ya da alt markaları tarafından kiralanacak şekilde tasarlanmış, bu tasarımda her kat kendi içerisinde giriş alanı, sekreteryası, kafe alanı, seminer alanı, oturma, çalışma alanları olacak şekilde zonlanmıştır. 4 katlı olarak tasarlanan ofis binasında her kat alanı 1470m² ve kat yüksekliği 3,4m olarak belirlenmiş, her iki tarafta bulunan çekirdekte yangın merdiveni, teknik hacimler ve ıslak hacimler toplanmıştır. Ayrıca orta alanda tasarlanan galeri boşluğu ile görsel ve hacimsel bağlantı sağlanmakta, böylece galeri boşluğunun da oluşturabileceği akustik kusurlar analiz edilebilmektedir. Özellikle günümüz tasarımlarına uygun olarak tasarlanan ve mevcut durum olarak adlandırılan tasarımda brüt beton yüzeyler, seperasyon olmadan tasarlanan çalışma alanları, sesi yansıtan parlak zemin kaplaması kullanılmıştır. Sonrasında ODEON 10.0 simulasyon çalışması ile bu tasarım dilinin oluşturabileceği akustik koşullar analiz edilerek, sorunlar ISO 3382-3'te tanımlanan değerler ile karşılaştırılarak tespit edilmiş, sonrasında bazı yüzey kaplaması, plan şeması ve de hareketli elemanlar ile iyileştirmeler yapılmıştır. **Şekil 1-a**'da tasarlanan ofis planı ve **Şekil 1-b**'de iyileştirme sonrası oluşturulan plan şeması verilmektedir. Kırmızı hatlar, standartta hat uzunluğu minimum 2m, maksimum 16m olarak verilen, alıcıların değerlendirildiği ölçüm hatlarıdır**[2].** Çalışmada belirlenen hatların uzunlukları Hat1-16m ve Hat2-12m olmakla beraber hat içerisinde zemin – tavan kaplaması veya çalışma düzeninde bir değişiklik olmamıştır.



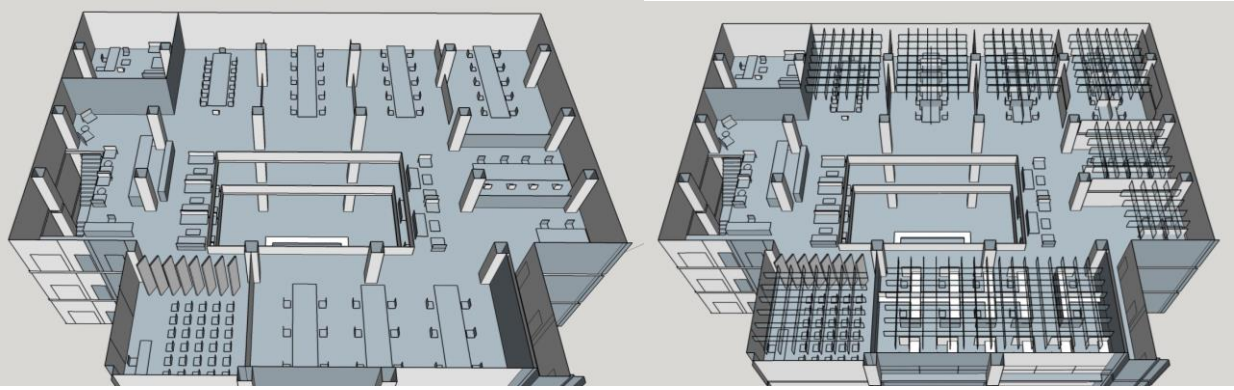
(a) (b)

Şekil 1: Mevcut durum ve iyileştirme yapılan açık planlı ofis yerleşimi, engeller ve hücre tipi çalışma alanları

Arka plan gürültü düzeyi her oktav bantta 3 dBA azalacak şekilde, 38dBA olarak alınmıştır. Aynı zamanda kaynak tipi olarak yine standartta tanımlandığı gibi konuşma frekans spektrumunda noktasal (omni directional) yayılım yapan bir kaynak kullanılmıştır **[4].** Konuşmada, ölçüm ya da hesaplama yöntemlerinde karmaşaya sebep olduğu ve de ofis çalışanlarının her yöne konuşma yapabilme olasılığı nedeniyle, yönlülük özelliği kullanılmamaktadır.

2.1. Akustik Önlemler

Yapılan ses iletim yolları analizleri sonrasında, çınlama süresi kontrolü ve yüksek yanal yansımaları azaltmak amaçlı, alçak raf sistemleri seperatörler, hareketli askı sistemleri, duvar giydirmeleri, püskürtme tavan kaplaması, masa arası engeller ve hücre tipi çalışma üniteleri tasarlanmıştır. **Şekil 2**'de iyileştirme öncesi ve sonrası hacmin odeon simulasyon çalışması için hazırlanan 3D model görünüşleri verilmektedir.



Şekil 2: 3D ortamda ortamların tasarımı – iyileştirme senaryosunda kullanılan tavan elemanları ve masa arası bölücü elemanlar

2.2. Malzeme Analizi

Cephede bulunan giydirme cam cephe sistem, vinil kaplı zemin ve hareketli mobilya sistemleri her iki durumda da değişmemektedir. Açık planlı ofislerde tavan yüksekliği kadar bitiş malzemesi de yansımaların iletilmesi açısından önemlidir. Yüksek tavanlı ofislerde yansıma yolu uzayacağından ve iletim sırasında enerji kaybına uğrayacağından daha düşük yutucu tavan malzemeleri seçilebilmektedir, fakat maksimum mahremiyet ancak panel yutucu sistemler ile sağlanabilmektedir. Mineral yüzeyler orta derecede bir mahremiyet sağlarken çıplak yüzeyler ile mahremiyet sağlanması mümkün değildir **[5].** İyileştirme sonrasında mevcut tavan kotu düşürülmeden, çeşitli yutucu elemanların asılması ile ortam yutuculuğu artırılmış, ek olarak brüt bırakılan tavan yüzeyinde mineral püskürtme sistem kullanılmıştır. Yanal iletimde engellerin yanısıra yakın duvar yüzeylerinin de yutucu tasarlanması gerekmektedir **[6].** Bu nedenle duvar yüzeyleri ahşap akustik paneller ile giydirilerek, yanal yüzeylerden gelen yansımaların parametreler açısından etkisi analiz edilmiştir. **Çizelge 1**'de kullanılan malzemeler ve 1/1 oktav bantta yutuculuk değerleri verilmiştir. İyileştirme yapılan öneride, masa arası engellerle beraber, çalışma grubu tipinin analizi için de 'hücre tipi' çalışma grubu önerilerek açık ya da hücre tip çalışma alanı tasarımının akustik koşullarda yarattığı farklılıklar gözlemlenmiştir. Masa arası engel yüksekliği 1.5m olarak tasarlanmış, raf sistemlerinin olduğu alanlarda bulunan seperasyon yükseklikleri ise 2.4m olarak alınmıştır.

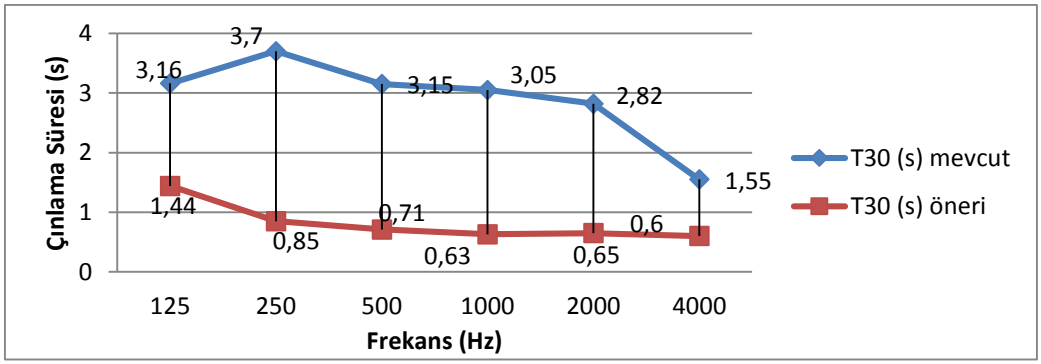
Çizelge 1: Tasarımda kullanılan malzeme listesi ve frekansa bağlı yutuculuk katsayıları

Yüzey Adı	Mevcut (M) İyileştirme (I)	Malzeme Tanımı	Yutuculuk Katsayısı (α)						
			63 Hz	125 Hz	250Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Zemin kaplaması	M/I	Betonarme döşeme üzeri mantar + vinil kaplama	0,02	0,02	0,02	0,04	0,05	0,05	0,01
Kolon	M/I	Brüt betonarme kaplamasız	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,05
Tavan kaplaması	M	Brüt betonarme tavan kaplamasız	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,05
Tavan kaplaması	I	Betonarme tavan üzeri mineral püskürme 25mm	0,16	0,16	0,45	0,7	0,9	0,9	0,85
Askı yutucu elemanlar	I	Taş yünü üzeri kumaş kaplama	0,15	0,15	0,5	0,95	1	0,95	0,85
Hareketli bölme panel	M/I	16mm delikli ahşap panel, 25mm konstrüksiyon arası taş yünü 50kg(m³	0,03	0,03	0,46	0,87	0,7	0,54	0,42
Giydirme cam cephe	M/I	5+5+12+8 çift cam	0,1	0,1	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02
Duvar yüzeyi	M/I	50mm boşluklu taşyünü dolgulu galvaniz konstrüksüyon, 2*13mm alçıplak üzeri sıva ve su bazlı boya	0,15	0,15	0,15	0,1	0,06	0,04	0,05
Ahşap kapı	M/I	Mdf üzeri laminat kaplama kapı	0,14	0,14	0,1	0,06	0,08	0,1	0,1
Merdiven kaplaması	M/I	Çelik konstrüksiyon, masif ahşap basamak	0,3	0,3	0,2	0,15	0,13	0,1	0,08
Korkuluk	M/I	6+6 lamine cam korkuluk	0,18	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Cam doğrama sistemi	M/I	5+5 akustik lamine cam	0,18	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Masa üniteleri	M/I	Mdf üzeri laminat kaplama	0,3	0,3	0,2	0,15	0,13	0,1	0,08
Masa arası seperatörler	I	Taş yünü üzeri kumaş kaplama	0,15	0,15	0,5	0,95	1	0,95	0,85
Raf ve depolama sistemleri	M/I	Mdf üzeri laminat kaplama	0,3	0,3	0,2	0,15	0,13	0,1	0,08
Koltuk	M/I	Sünger üzeri polyester kumaş kaplama	0,49	0,49	0,66	0,8	0,88	0,82	0,7
Çalışma sandalyeleri	M/I	Poliüretan üzeri polyester keten kaplama	0,44	0,44	0,56	0,67	0,74	0,83	0,87

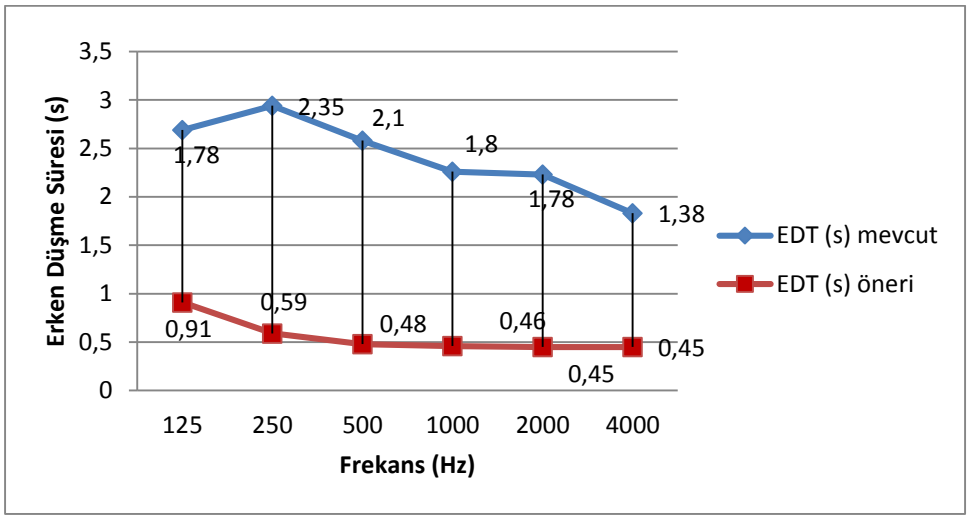
3. ODEON SİMULASYON ÇALIŞMASI VE DEĞERLENDİRME

3.1. Çınlama Süresi (T30) ve Erken Düşme Süresi (EDT)

Gürültü kaynağının ses basınç düzeyi (SPL), konuşmanın anlaşılabilirliği, algılanan mahremiyet, algılanan ses ortamı hacimdeki çınlama süresine bağlıdır. ISO 3382-2'de T30 -5 ve -25dB arasındaki ses azalım eğrisi olarak tanımlanır ve aynı zamanda T30'un hesaplanması hacimdeki yutuculuğun belirlenmesi için de önemlidir**[9].** İlişkili diğer parametre ise erken düşme süresidir ve -0 ve -10 dB arasındaki azalım eğrisi alınır. T30 önceleri baskın parametre olsa da sonraları yapılan araştırmalar ile yetersiz kaldığı anlaşılmıştır. Bir çalışma hücresindeki zamana bağlı eğriyi hesaplayıp, lokal olarak eko analizini ortaya koysa da farklı noktalardaki alıcı noktalarında mesafeye bağlı SPL azalımı tanımlamamaktadır. **Şekil 3**'te iyileştirme öncesi ve sonrası T30 değerlerinin karşılaştırmaları verilmiştir ve hacimde artırılan yutuculuk ile istenilen seviyelere indirilmiştir. Erken düşme süresi, ses geçş ideksi olan STI parametresini belirlemede etkin parametre olmakla beraber özellikle düşey düzlemlerdeki yansımalarda da ilgili olduğundan, cam cephe olan ofis tasarımında yanal iletim yeteri kadar düşürülememese de iyileştirme sonrası bu alandaki EDT 1.4s'den 0,8s'lere düşürülmüştür **(Şekil 4).** Duvarların yutucu olduğu ve hücre tipi çalışma gruplarının olduğu Hat 2 alanında ise EDT 0,5s ile 0,7s arası değişmektedir. Tasarımda cephede kullanılan cam doğrama sistemler özellikle yanal yansımalarda çok etkin olması sebebiyle ses geçiş indeksini yükseltmektedir. Burada kullanılan akustik elemanlarla çınlama süresi kontrolü yeterli seviyelere çekilse de ses geçiş indeksi – STI 0,5 seviyelerinde kalmıştır. Hücre sistemleri ve duvar yutuculuğunun olduğu alanda ise çalışma gruplarında STI değeri 0,2'lere inmiştir.



Şekil 3. Mevcut hacimde ve iyileştirilmiş hacimde çınlama sürelerinin frekans bazında karşılaştırmaları

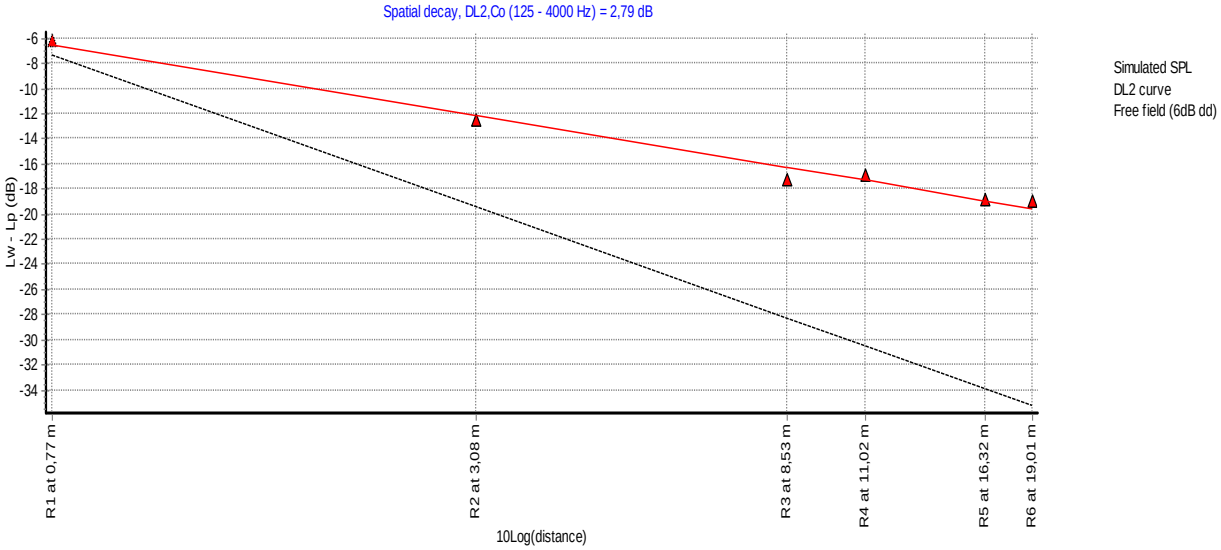


Şekil 4. Mevcut hacimde ve iyileştirilmiş hacimde erken düşme sürelerinin frekans bazında karşılaştırmaları

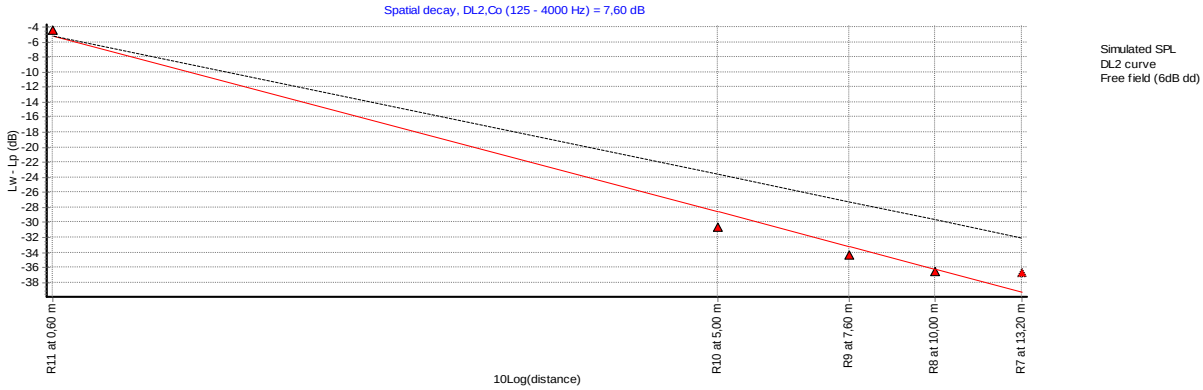
Yutucu bir ortamda T30 ve EDT'nin benzer değerleri alması beklenirken, erken yansımalar alıcı noktaları arasında tavan elemanları, engeller, seperasyonlar ile istenilen düzeyde sönümlenmesine rağmen, galeri boşluğu ile hacmin büyümesi, T30 – çınlama süresini yükseltmektedir.

3.2. Mekansal Azalım Oranı (D2,S)

ISO 3382-3'te özellikle açık planlı ofisler için tanımlanan, hat üzerinde kaynaktan uzaklaştıkça alıcı noktalarında mesafeye bağlı olarak ve yansımalardan oluşan ses basınç düzeyi azalım eğrisini gösteren yeni parametredir. Mekansal düşme hızı (D,2,S), yutuculuğun artması ve engel-seperasyonlar ile sesin diğer alıcılara iletilirken sönümlenmesi ile artmış, 2,79dB olan düşme hızı 7,6dB'ye çıkmıştır **(Şekil 5-6)**. Böylece konuşmalar çalışma gruplarına rahatsızlık vermeden sönümlenmiştir.



Şekil 5. Mevcut hacimde ölçüm hattı 1 – P1 aktifken mekansal azalım hızı



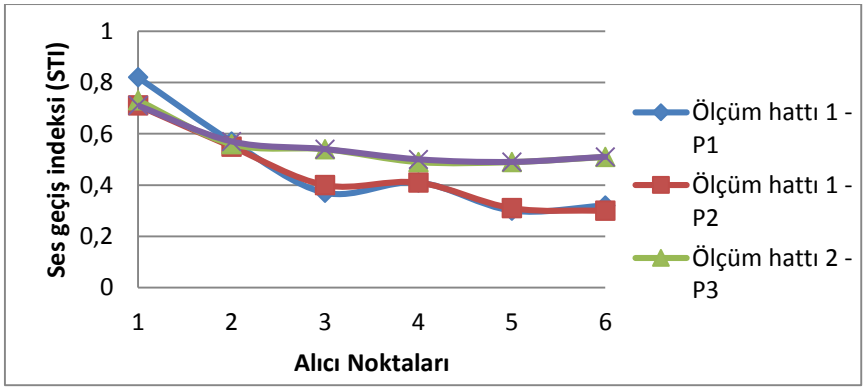
Şekil 6. Öneri hacimde ölçüm hattı 2 – P4 aktifken alıcı noktalarında mekansal azalım

3.3. Ses Geçiş indeksi (STI)

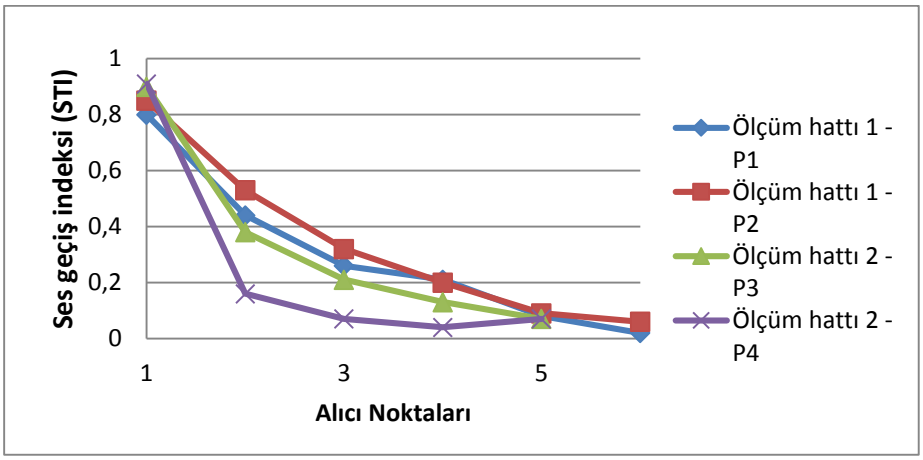
IEC 60268-16:2011'de tanımlanan, anlaşılabilirliğe bağlı nicel veri, hacimlerde konuşma iletim indeksinin (STI - Speech Transmission Index) ölçümleri tarafından objektif olarak konuşma anlaşılabilirliğinin değerlendirilmesi parametresidir. Ortam yutuculuğunu artması, masa arası engel tasarımı ve bölücü elemanlar yardımıyla çalışma grupları arasında ses geçiş indeksi azalmıştır. İyi bir dikkat dağılımı mesafesi ve mahremiyet mesafesi için optimum STI değerinin 0.5'ten az olması gerekmektedir. **Şekil 7 ve 8** 'de sırasıyla mevcut ve iyileştirme sonrasında alıcı noktalarında elde edilen STI değerleri verilmiştir. Yapılan karşılaştırmalarda 0,6 olan en yakın çalışma grubundaki STI değeri, 0.46'ya düşmüştür. **Şekil 8**'de ölçüm hattı P4 grafiğine bakıldığında yutucu duvar kaplaması ve hücre tipi çalışma grubunun etkisiyle bu değerin en yakın çalışma grubunda 0,15'e düştüğü görülür. STI değerinin düşürülmesi ile ses geçiş indeksi azalırken doğru orantılı olarak anlaşılabilirlik azalır ve ters orantılı olarak mahremiyet artar **(Çizelge 2).**

Çizelge 2. STI'nın mahremiyet ve anlaşılabilirlik ilişkisi **(Eijdems & Nieman, 2011, p. 67)**

STI [-]	anlaşılabilirlik kalitesi	mahremiyet kalitesi
> 0,75	mükemmel	kötü
0,60 - 0,75	iyi	zayıf
0,45 - 0,60	yeterli	yeterli
0,30 - 0,45	zayıf	iyi
< 0,30	kötü	mükemmel



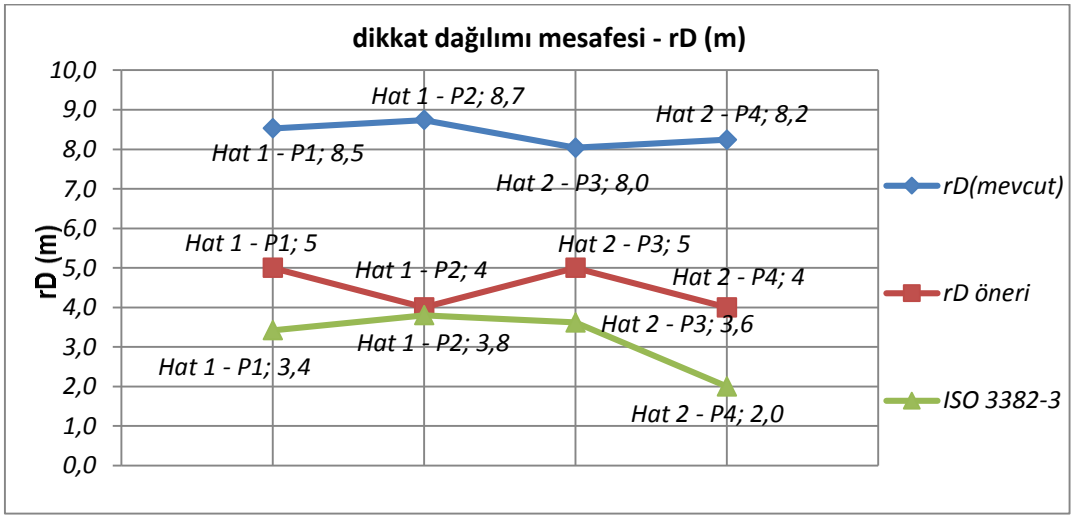
Şekil 7. Mevcut hacimde ölçüm hatlarında alıcı noktalarına göre STI değerleri



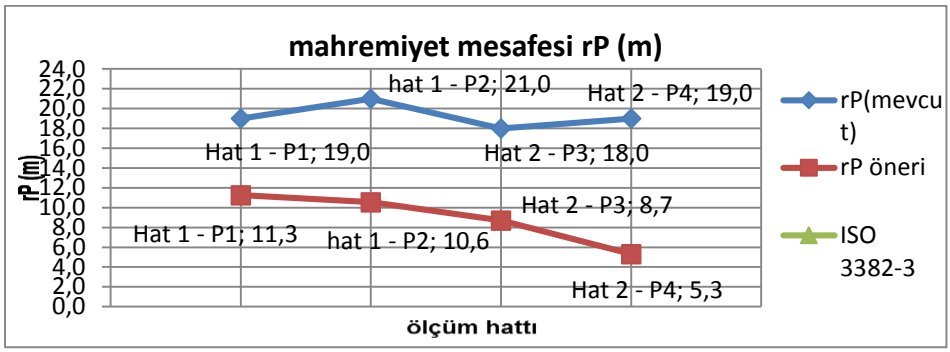
Şekil 8. Öneri hacimde ölçüm hatlarındaki alıcı noktalarında STI değerleri

3.4. Konuşma Mahremiyeti (rP) ve Dikkat Dağılım Mesafesi (rD)

ISO 3382-3 (2012) 'te açık planlı ofislerde ölçüm prosedürü ve objektif değerlendirme için tanımlanan mahremiyet mesafesi ve dikkat dağıtma mesafesi parametreleri, STI (speech transmission index) konuşma geçiş indeksinden türetilmiştir. Dikkat dağılımı mesafesi (rD), STI değerinin 0,5 olduğu noktada, (rP) konuşma mahremiyet mesafesi ise 0,2 olduğu noktalarda alınır. Mevcut hacimde 8-9m arası değişen dikkat dağılım mesafesi, iyileştirme sonrasında 3,2m olarak değişmiştir **(Şekil 9)**. Konuşmalar rahatsızlık vermeden çalışma grupları arası seperasyonlar ve tavandaki askı yutucu elemanlar ile sönümlenmektedir. rP – mahremiyet mesafesi ISO – 3382-3'te tam olarak tanımlanmamıştır, fakat mahremiyet mesafesi yutucu elemanların engellerin olduğu alanda 19m'den 9m'lere düşerek daha yüksek bir mahremiyet sağlanmıştır **(Şekil 10)**.



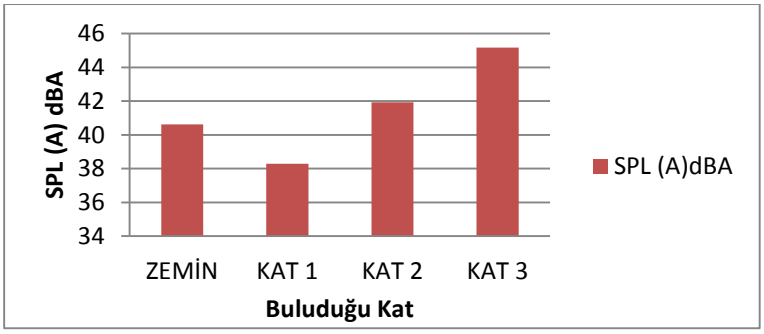
Şekil 9. r(D) için ölçüm hatlarının mevcut hacim ile öneri hacmin karşılaştırılmasını



Şekil 10. rP için ölçüm hatlarının mevcut hacim ile öneri hacmin karşılaştırılmasını

3.5. 4m'de A-ağırlıklı Ses Basınç Düzeyi (Lp,A,S,4 m)

SPL değerleri, özellikle döşemedeki açıklık ile geç yansımaların artmasıyla mevcut hacimde sert yüzeylerden yansıyarak yükselmiştir. İyileştirme sonucu ortamda sağlanan yutuculuk değeri ve diğer önlemler ile SPL (A) değeri 4m'de 55dBA'dan 40dBA'nın altına düşümüştür. Galeri boşluğunun etkisi kat bazında bakıldığında çok katlı binalarda yarattığı baca etkisiyle ses basınç düzeyi üst katlarda yükselmektedir **(Şekil 11)**.



Şekil 11. Kat bazında aynı alıcı noktasında SPL değişimi

4. KARŞILAŞTIRMA SONUÇLARI

Ofis değerlendirmesinde verilmesi gereken analiz raporları ISO 3382-3'te tanımlandığı gibi, hatlarda alınan sonuçlar ortalama değerlere çevrilerek optimum değerlerle karşılaştırılır ve ortam değerlendirilmesi yapılır. Bu standardın yanı sıra LEED sisteminin referans verdiği değerler **Çizelge 3**'deki gibidir **[7].**

Çizelge 3. Mevcut durumdaki ölçümlerin standartlarla karşılaştırılması[7]

Ölçüm parametresi	kabul edilebilir aralık
Arka plan gürültü düzeyi, NC, dB	NC 30-35 toplantı ve konferans odaları NC 35-40 çalışma alanları
Çınlama süresi (orta, RT,s)	< 0.75 konfor, kolay iletişim
Konuşmanın anlaşılabilirliği, SII	> 0.5 (0.75) yüksek anlaşılabilirlik < 0.2 (0.1) konuşma mahremiyeti
Gürültü izolasyonu (NC,dB)	NIC 35-40 özel ofisler ve konferans salonları NIC 30-35 genel ofis ve toplantı odaları

Çizelge 4. Mevcut durum<daki ölçümlerin standartlarla karşılaştırılması

Değerlendirme Kriterleri - Mevcut Durum	Hat 1	Hat 2	Hat 3	Hat 4	Ortalama	ISO 3382-3	
						kötü	iyi
EDT (erken düşme süresi 500Hz-1000Hz) *T20 de alınabilir*	1,8	1,8	1,7	1,7	1,8	> 0,8	≤ 0,7
STI (çalışma noktasına en yakın alanda)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	> 0,5	0,2-0,5
r D *** (dikkat dağılımı mesafesi)	8,5	8,7	8,0	8,2	8,4	> 10 m	≤ 5 m
r P (mahremiyet mesafesi)	19,0	21,0	18,0	19,0	19,3		
D2,S (konuşmanın SPL değerinin mekansal azalım oranı, 125-8000 Hz)	3,3	3,3	3,5	3,6	3,4	< 5 dB	≥ 7 dB
L p,A,S, 4 m(A-ağırlıklı ses basınç düzeyi 4m'de, 125-8000 Hz)	48,5	49,4	49,0	49,1	49,0	> 50 dB	≤ 48 dB
L p,A,B (A-ağırlıklı arka plan gürültü düzeyi, 125-8000 Hz)	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	max 45	40,0

Çizelge 5. İyileştirmede elde edilen verilerin standart değerlerle karşılaştırılması

Değerlendirme Kriterleri - İyileştirilmiş Durum	Hat 1	Hat 2	Hat 3	Hat 4	Ortalama	ISO 3382-3	
						kötü	iyi
EDT (erken düşme süresi 500Hz-1000Hz) *T20 de alınabilir*	0,8	0,8	0,6	0,6	0,7	≥ 0,8	≤ 0,7
STI (çalışma noktasına en yakın alanda)	0,5	0,5	0,4	0,2	0,4	> 0,5	0,2-0,5
r D *** (dikkat dağılımı mesafesi)	3,4	3,8	3,6	2,0	3,2	> 10 m	≤ 5 m
r P (mahremiyet mesafesi)	11,3	10,6	8,7	5,3	9,0		
D2,S (konuşmanın SPL değerinin mekansal azalım oranı, 125-8	5,8	7,6	6,0	5,6	6,2	< 5 dB	≥ 7 dB
L p,A,S, 4 m(A-ağırlıklı ses basınç düzeyi 4m'de, 125-8000 Hz)	39,7	41,6	35,2	35,2	37,9	> 50 dB	≤ 48 dB
L p,A,B (A-ağırlıklı arka plan gürültü düzeyi, 125-8000 Hz)	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	max 45	40,0
tasarım tipi	masa arası engel tasarımı		hücre tasarımı				

Çizelge 6. Ortalama değerlerin mevcut, iyileştirme ve standart değerlerle karşılaştırılması

Değerlendirme Kriterleri	M (mevcut) - ORT	I (iyileştirilmiş)- ORT	ISO 3382-3	
			kötü	iyi
EDT (erken düşme süresi 500Hz-1000Hz) *T20 de alınabilir*	1,8	0,7	> 0,8	≤ 0,7
STI (çalışma noktasına en yakın alanda)	0,6	0,4	> 0,5	0,2-0,5
r D *** (dikkat dağılımı mesafesi)	8,4	3,2	> 10 m	≤ 5 m
r P (mahremiyet mesafesi)	19,3	9,0		
D2,S (konuşmanın SPL değerinin mekansal azalım oranı, 125-8000 Hz)	3,4	6,2	< 5 dB	≥ 7 dB
L p,A,S, 4 m(A-ağırlıklı ses basınç düzeyi 4m'de, 125-8000 Hz)	49,0	37,9	> 50 dB	≤ 48 dB
L p,A,B (A-ağırlıklı arka plan gürültü düzeyi, 125-8000 Hz)	40,0	40,0	max 45	40,0

Çizelge 4'te mevcut durumun hat bazında, Çizelge 5'te iyileştirme sonrasının hat bazında, Çizelge 6'da ise mevcut ve iyileştirme sonrasının ortalama değerlerinin optimum değerlerle karşılaştırılması verilmiştir. Yapılan analizlerde görülmüştür ki, günümüzde özellikle tasarım dili olarak kullanılan brüt hacimler, geçirgen çalışma alanları, ofis koşullarında yüksek çınlama süresi, yetersiz mahremiyet, dikkat dağılımı gibi sorunlara neden olmaktadır. İyileştirme için önerilmiş olan mineral püskürtme, askı yutucu elemanlar, masa arası engeller, ahşap akustik panel kaplı duvar elemanları ile, mahremiyet seviyesi, çınlama süresi istenilen değerlere indirilmiştir. Çınlama süresi genel olarak bilgi vermekle beraber, çalışma grupları arası sesin geçişiyle ilgili erken yansımalar etkili olduğundan EDT süreleri analizi daha önemlidir ve STI belirlemede etkin parametredir. Erken düşme süresi özellikle düşey düzlemlerdeki yansımalarla da ilgili olduğundan, cam cephe olan ofis tasarımlarında bu değer yeteri kadar düşürülememektedir fakat iyileştirme sonrası bu alandaki EDT 1.4s'den 0,8s'lere düşürülmüştür. Duvarların yutucu olduğu ve hücre tipi çalışma gruplarının olduğu alanda ise EDT 0,5s ile 0,7s arası değişmektedir. D,2,S değeri yutuculuğu artması ve engel-seperasyonlar ile sesin diğer

alıcılara iletilirken sönümlenmesi ile düşme hızı artmış 2,79dB olan düşme hızı 7,6dB'ye çıkmıştır. Böylece konuşmalar çalışma gruplarına rahatsızlık vermeden sönümlenmiştir. Tasarımda cephede kullanılan cam doğrama sistemler özellikle yanal yansımalarda çok etkin olması sebebiyle ses geçiş indeksini yükseltmektedir. Tavanda kullanılan akustik elemanlarla çınlama süresi kontrolü yeterli seviyelere çekilse de ses geçiş indeksi – STI 0,5 seviyelerinde kalmıştır. Hücre sistemleri ve duvar yutuculuğunun olduğu alanda ise çalışma gruplarında STI değeri 0,2'lere inmiştir. SPL değerleri, özellikle döşemedeki açıklık ile geç yansımaların artmasıyla mevcut hacimde sert yüzeylerden yansıyarak yükselmiştir. İyileştirme sonucu ortamda sağlanan yutuculuk değeri ve diğer önlemler ile SPL (A) değeri 4m'de 55dBA'dan 40dBA'nın altına düşümüştür. ISO 3382-3'e göre 5m'nin altında olacak şeklinde tanımlanan rD – dikkat dağılımı mesafesi, mevcut hacimde 8-9m arası değişirken, iyileştirme sonrası mesafe 3,2m olarak değişmiştir. Konuşmalar rahatsızlık vermeden çalışma grupları arası seperasyonlar ve tavandaki askı yutucu elemanlar ile sönümlenmektedir. rP – mahremiyet mesafesi ISO – 3382-3'te tam olarak tanımlanmamıştır, fakat mahremiyet mesafesi yutucu elemanların engellerin olduğu alanda 19m'den 9m'lere düşerek daha yüksek bir mahremiyet sağlanmıştır. LEED sertifikalı binalarda yapılan çevresel değerlendirme çalışmalarının pek çoğunda brüt hacimler, şeffaf cephe tasarımları, geçirgen çalışma alanı çözümleri, aydınlatma ve iklimlendirme gibi çevresel değerlendirmelerde elverişli koşullar sağlasa da akustik koşullar çalışanlar için olumsuz olabilmek **[8].** Tasarım aşamasında ISO 3382-3te tanımlanan dikkat dağılımı mesafesi, erken düşme süresi, mahremiyet mesafesi, ses geçiş indeksi gibi parametreler üzerinden yapılan akustik çevre analizleri ile çalışma koşulları elverişli hale getirilebilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Mei Zhang, Jian Kang, Fenglei Jiao, (2012), A social survey on the noise impact in open-plan working environments in China, Science of the Total Environment.

2. Acoustics — Measurement of room acoustic parameters Part 3: Open plan offices (ISO 3382-3:2012).

3. P. Virjonen, J. Keranen, R. Helenius, J. Hakala, O.V. Hongisto, (2007) Speech Privacy Between Neighboring Workstations in an Open Office- a Laboratory Study Acta Acustica vol.93 (2007) 771-782.

4. Jens Holger Rindel, Claus Lynge Christensen. (2012). Acoustical simulation of open-plan offices according to ISO 3382-3, Denmark.

5. Long, Marshall. (2006). Architectural Acoustics. Chapter 16. Design and Construction of Office Buildings, London, UK.

6. Harris, David A, (1991), Noise Control Manual Guidelines for Problem Solving in the Industrial / Commercial Acoustical Environment, Springer Link, USA

7. Jack B. Evans, (2010), Evolving Acoustical Standarts and Criteria for Green and High Performing Buildings in North America, Fransa Akustik Kongresi 2010.

8. Young S. Lee, (2010), Office layout affecting privacy, interaction, and acoustic quality in LEED-certified buildings, Building and Environment, School of Planning, Design, & Construction, Michigan State University, East Lansing, USA.

9. Acoustics — Measurement of room acoustic parameters Part 2: Reverberation time in ordinary rooms (ISO 3382-2:2008).

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

İSTANBUL'DA BİR İLKÖĞRETİM OKULUNDA GÜRÜLTÜNÜN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Y.Mimar Zeynep Savcı Özgüven[a]
Y.Doç.Dr. Nurgün Tamer Bayazıt[b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Bu çalışmada, uçak kalkış rotasında kalan Sefaköy Penyelüks Hasan Gürel Okulu'nun öğrenci ve öğretmenlerinin, iç ve dış gürültü kaynaklarına karşı olan rahatsızlıkları ele alınarak, gürültünün öğrenci ve öğretmenler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, öncelikle mevcut durumun analiz edilebilmesi için, ders esnasında okul içerisinde ve bahçesinde, öğretmen ve öğrencilerin bulundukları ortamın eş zamanlı dış gürültü ölçümleri, cephe elemanlarının hava doğuşlu ses yalıtımına dair alan ölçümleri ve reverberasyon süresi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Mevcut durum gürültü analizleri ile birlikte, sübjektif değerlendirmelerin yapılabilmesi amacıyla, öğrenci ve öğretmenlere anket formu dağıtılarak okullarındaki işitsel ortamı değerlendirmeleri istenmiştir. Yapılan akustik ölçümler sonrasında, mevcut koşulların olması gereken standart değerlerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiş ve çalışma yapılan sınıfta, iki aşamalı olarak akustik iyileştirmelere gidilerek, sonucun öğrenci ve öğretmenler üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Konuşmanın anlaşılabilirliği, Ses kalitesi, Sınıf akustiği

THE INVESTIGATION OF NOISE ANNOYANCE EFFECTS ON AN ELEMENTARY SCHOLL IN ISTANBUL

ABSTRACT

This study aims to investigate the effects of noise on students and teachers, based on their discomfort of interior and exterior noises, in Sefakoy Penyeluks Hasan Gurel School which is under the take-off route of airplanes. Firstly, synchronous external noise measurements of the environment mutually shared by students and teachers inside the school and its garden during the lessons, sound insulation through air way of facade components measurements and reverberation time measurements have been performed in order to determine the existing situation analysis within the scope of the study. Students and teachers are handed surveys requesting them to evaluate the audio environment of their school with the aim of analyzing existing noise situation and assessing it objectively. After the acoustic measurements, existing conditions were determined to have much higher standard values than usual and the impact on students and teachers of the result by acoustically amending the classroom in which the study was performed in two stages was reviewed.
Keywords: Speech intelligibility, Sound quality, Classroom acoustic

[a] zeynep.ozguven@ozguvenmimarlik.com
[b] nurgun@itu.edu.tr

1.GİRİŞ

Sınıflarda gürültü kontrolü ve hacim akustiği konuları eğitim kalitesinin arttırılmasında büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, uçak kalkış rotası altında yer alan ve hem hava yolu, hem de trafik gürültüsüne maruz kalan Penyelüks Hasan Gürel Okulu'ndaki akustik koşulların konuşma anlaşılabilirliği üzerindeki etkilerini belirlemek için bir alan araştırması yapılmıştır. Çift müfredat eğitim vermekte olan okulun, 3B ve 7B şubesi olarak kullanılan sınıfında, eğitim gören öğrenciler ve öğretmenler ile bir anket çalışması yapılmış, öğrenci ve öğretmenlerin maruz kaldıkları gürültünün ve iyi olmayan akustik koşulların farkında olup olmadıkları araştırılmıştır. Anket çalışmalarına eş zamanlı olarak, çevresel gürültü ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra hacim akustiği ve cephe ses yalıtımı olmak üzere iki aşamalı iyileştirmeler planlanmış, ilk iyileştirme asma tavan ve zemin uygulaması, ikinci iyileştirme ise, cephe değiştirilmesi ve duvar paneli uygulaması olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada gürültü rahatsızlığının değerlendirmesi ve anlaşılabilirlik testlerinin sonuçları özetlenmiştir.

2. OKULLARDA AKUSTİK KAVRAMININ İNCELENMESİ

2.1. Sınıf Akustiğinin Önemi

Konuşma ile iletişimin öğrenme sürecinde, önemli bir paydayı oluşturduğu sınıflarda ve diğer öğrenme mekanlarında, doğru akustik konforun sağlanması gerekmektedir. Bu tür mekanlarda arka plan gürültüsünün fazla olması, sinyal/gürültü oranını düşürdüğü için konuşma ile girişimi arttırmakta ve öğrenme için akustik engel teşkil etmektedir. İyi bir sınıf akustiği ile öğrenme kolaylaşmakta, eğitim daha az yorucu hale gelmekte, daha etkili ve daha az stresli olmaktadır. Bu durum, sınıflarda beklenen akustik konforun doğru düzeyde olmasını gerektirmekte ve eğitim binalarının tasarımında, bu konunun doğru uygulanmasını zorunlu ölçütlerden biri haline getirmektedir [1]. Bir sınıfın gürültü düzeyinin doğru sınırlar içerisinde kalması, mekanı kullanan öğrenci ve öğretmenin verimli ders işlemesine yardımcı olacağı gibi, aşağıda bahsi geçen durumlar da söz konusu olmayacaktır:

- Konuşmanın anlaşılabilirliğinin azalması ya da yanlış anlaşılması
- Dikkat dağınıklığı
- Anlama ve kavrama süresinin uzaması
- Öğrencilerde derse ilginin azalması
- Sınıf gürültüsü nedeniyle öğretmenin sesini, normalin üzerinde yükseltmesi
- Ses kısıklıkları
- Yorgunluk
- Stres

Sınıf akustiğini etkileyen, 3 önemli parametre vardır. Bunlar;

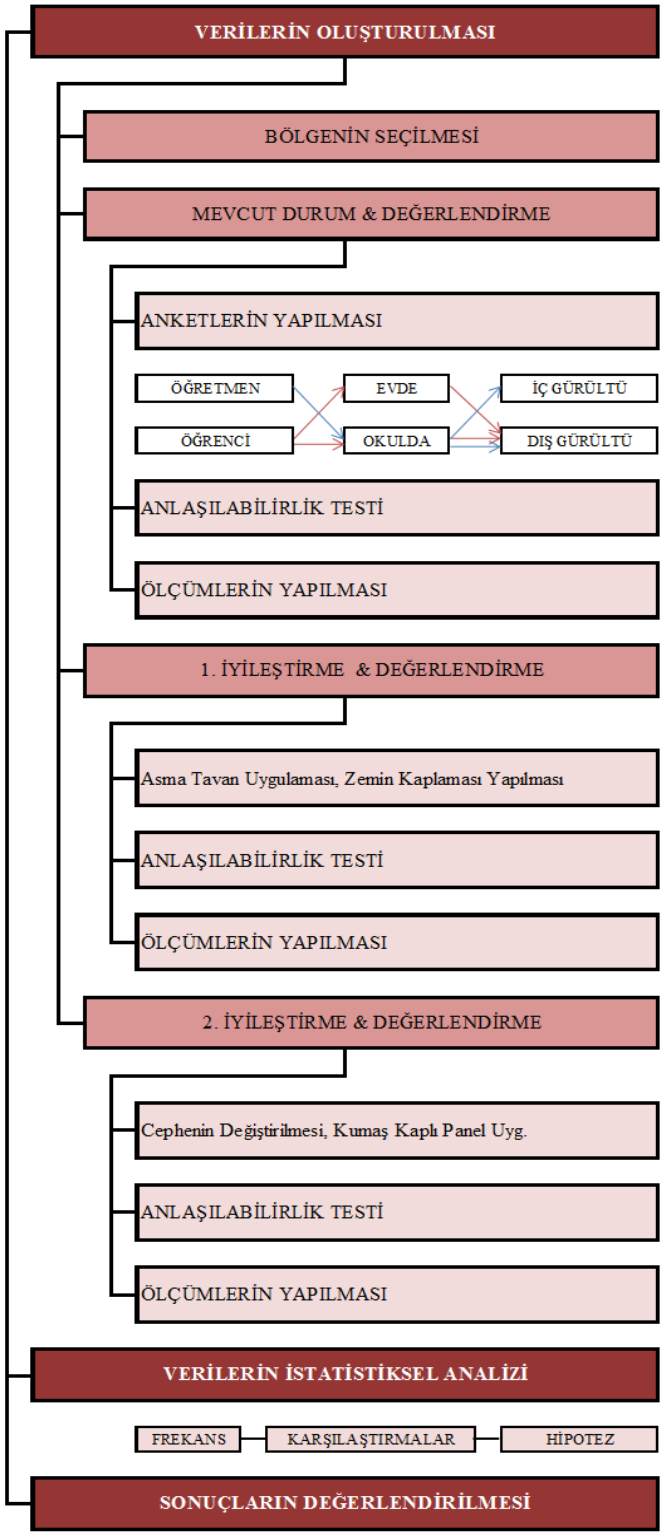
a) Reverberasyonsüresi,(T)
b) Sinyal gürültü oranı,(S/N)
c) Arkaplan gürültüsü şeklinde tanımlanabilir.

3. ÇALIŞMADA İZLENİLEN YÖNTEM

Yapılan çalışmada, aynı sınıfta eğitim gören 3.sınıf ve 7.sınıf öğrencilerine ve öğretmenlerine gürültünün ne kadar farkında ve gürültüden ne kadar rahatsız olduklarını belirlemeye yönelik bir anket çalışması yapılmıştır. Benzer ancak farklı sorular ile öğrenciler ile öğretmenlerin,

gürültüden rahatsızlık sonuçları karşılaştırmalı olacak şekilde ortaya konulmuştur. Çalışmada izlenilen yöntem, Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1: Çalışmada izlenilen yöntem



Yapılan gürültü değerlendirme anketleri, öğrencilerin yaşadıkları ev ve okul ortamlarını, çevresel gürültü kaynakları açısından nasıl değerlendirdikleri ve maruz kaldıkları gürültünün ne kadar farkında olduklarının tespiti için önemlidir. Aynı zamanda öğretmen ve öğrencilerin rahatsızlık derecelerinin karşılaştırılmasını da sağlamaktadır.

Anlaşılabilirlik testlerinin yapılması sırasında, eş zamanlı olarak çevresel gürültü ölçümleri yapılırken, ders esnasında geçen uçak sayısı saptanmış ve bir uçağın geçişi sırasındaki etki süresi yaklaşık olarak kaydedilmiştir. Mevcut durumun akustik analizi için cephe ses yalıtım ölçümleri ve reverberasyon süresi ölçümleri yapılmıştır. Birinci iyileştirme aşamasında sınıfın asma tavan ve zemini iyileştirilerek, aynı anlaşılabilirlik testi ve ses yalıtımı ölçümleri tekrar edilmiştir. Uçak kalkış rotası altında kalan bu okulda anlaşılabilirlik testi yapıldığı sırada, bir ders süresince geçen uçak sayıları ve sınıfın uçak gürültüsüne maruz kaldığı süreler de kaydedilmiştir.

İkinci iyileştirme aşamasında sınıf cephesi yenilenmiş ve akustik yutuculuğu yüksek kumaş kaplı duvar panelleri, sınıf duvarlarına monte edilmiştir. Mevcut durum analizleri ile birinci ve ikinci aşama sırasında yapılan ölçümler karşılaştırıldığında akustik koşulların iyileştirilmesinin konuşmanın anlaşılabilirliğini arttırdığı ortaya konmuştur.

3.1. Çevresel Gürültü Düzeyi Ölçümlerinin Yapılması

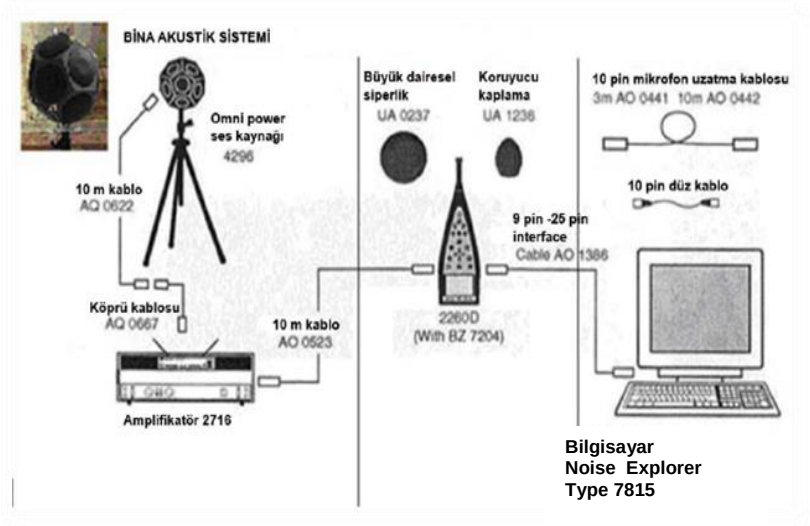
Yapılan ölçümler, okul dışında çevre gürültüsü ölçümleri ve okul içinde reverberasyon, cephe ses yalıtımı ve arka plan gürültüsü olmak üzere 3 farklı başlığa ayrılmıştır. Çevresel gürültü ölçümü yapılan günler, hava koşullarının normal düzeyde olmasına, özellikle yağmur, gök gürültüsü, kuvvetli fırtına gibi ölçüm sonuçlarını etkileyecek hava şartlarının olmamasına özen gösterilerek günler seçilmiş, ölçüm günlerinde anlaşılabilirlik testi ve uçak sayımları da yapılmıştır.



Şekil 1: Uçak kalkış fotografı ve PHG Okulu bahçesinden fotograflar

Ölçümler EN 1996-2'de belirtilen standartlara uygun olarak yapılmış, mikrofon ve kaynak yerleşimlerinde standartta belirtilen hususlar dikkate alınmıştır [2]. Dış gürültü düzeyi ölçümleri, 3 ayrı noktada ve okul cephesinden 1,5 m mesafede ve zeminden 1,5 m yüksekte olacak şekilde yapılmıştır.

Yapılan ölçümler Bruel&Kjaer 2260 Ses Ölçüm Cihazı ile yapılmış, Bruel&Kjaer Noise Explorer Type 7815 akustik yazılım programı ile ölçüm verileri bilgisayara aktarılarak gerekli analizler yapılmıştır (Şekil 2).

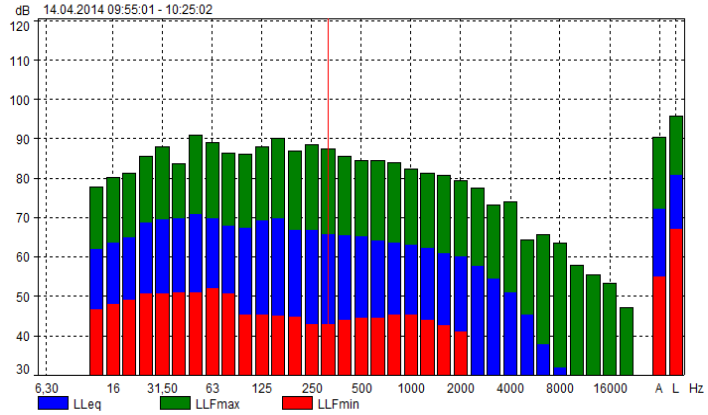


Şekil 2: Ölçüm düzeneği

4. BULGULAR

4.1. Ders Sırasında Ölçülen Çevresel Gürültü Düzeyleri

Çevresel gürültü ölçümleri; okul dışı ve okul içi gürültü düzeylerini tespit edebilmek için 2 farklı şekilde yapılmıştır. Mevcut durum değerlendirmesinde, okul dışında mevcut gürültü düzeyinin tespit edilmesi için gerekli ölçümler, sınıfta anlaşılabilirlik testleri cevaplanırken aynı anda yapılmış, mevcut dış gürültü düzeyleri, uçak tepe noktası zamanları ve uçak geçiş etki süreleri tespit edilmiştir.



Şekil 4: Ders sırasında yapılan 30 dakikalık çevresel gürültü ölçümü, spektral değerler

4.2. Tekil Uçak Geçişi Sayımı

Mevcut çalışma kapsamında değerlendirilen uçak geçişleri ve etki süreleri, yapılan 1. iyileştirme ve 2. iyileştirme ile birlikte ele alınarak değerlendirilmiştir. Çizelge 2'de görüleceği üzere, bir ders saati süresine denk gelen 40 dakikalık zaman diliminde, 18 kez uçak kalkışının gerçekleştiği ve her bir uçak geçişinin ortalama 17 saniye etki süresinin olduğu kaydedilmiştir. Bu durum, sınıfın hacim akustiği şartları ne kadar iyi olursa olsun, yalıtımı iyi olmayan sınıflarda, her 40 dakikalık ders saatinin ortalama 5-8'er dakika eksik yapıldığını göstermektedir. Geçiş zamanı-etki süresi sebebi ile, yeni bilgiler öğrenmek isteyen öğrencilerin duyma eşiklerinin düşmesiyle, öğretmeni ile iletişimi kesintiye uğrayan öğrenci, derse olan ilgi ve konsantrasyonunu da aynı hızla kaybetmektedir. Bu durumun birbirini takip eden tüm ders saatlerinde de, aynı etki ile devam edeceğini göstermektedir.

Çizelge 2. Ölçümler sırasında kaydedilen uçak geçişleri

Uçak Sayısı	Uçak Geçiş Zamanı	Etki Süresi (sn.)
1	11:41	16.06
2	11:43	17.16
3	11:45	16.46
4	11:47	17.09
5	11:49	17.30
6	11:53	17.20
7	11:55	15.40
8	11:57	18.00
9	11:59	16.09
10	12:04	17.02
11	12:09	17.10
12	12:11	15.40
13	12:12	16.40
14	12:14	17.46
15	12:16	17.00
16	12:18	17.30
17	12:20	17.60
18	12:21	18.00

4.3. Gürültü Rahatsızlık Anketlerinin Karşılaştırılması

Anketlerin hazırlanma aşamasında, öncelikle okulun bulunduğu bölgenin mevcut gürültü maruziyetleri göz önünde bulundurularak öğretmen ve öğrencilerin gürültüden rahatsızlıklarını ve farkındalıklarını anlayabilmek için, çevrelerinde mevcut ya da bilinen farklı gürültü kaynaklarına göre derecelendirme okul ve ev özelinde değerlendirilmiş, öğrenci ve öğretmenlerin gürültüden rahatsızlık durumlarının tespiti amaçlanmıştır.
İki grubun ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının karşılaştırılması yapılırken istatistiksel olarak Z testi ve hipotez sınaması yapılmıştır. Z testi iki ortalamanın karşılaştırılmasında kullanılan bir analiz yöntemidir. Hipotez sınaması ise; iki ortalama arasındaki farkın anlamlı olup olmadığını veya önemli bir fark olup olmadığını anlamamızı sağlayan bir yöntemdir. İki ana kütlenin ortalamaları arasındaki fark bulunmak istenirse; bunlardan çekilen örneklemlerin ortalamaları arasındaki farka ait hipotez testleri yaparak, farkın doğru olup olmadığı anlaşılabilir. İstatistiksel anlamlılığın belirlenebilmesi için p-değeri hesaplanmıştır. P değeri, bir istatistiksel hipotez testinin olasılık değeri (p değeri), gözlenen değerlerden elde edilen bir test istatistiğinin ortaya çıkma olasılığıdır. P değeri Ho hipotezinin doğru olma olasılığını gösterir ve $p<\alpha$ ise, Ho hipotez reddedilir. $p>\alpha$ durumunda ise, Ho hipotez reddedilemez. Bu çalışmada p değeri 0,05 (%5) anlamlılık (%95 güven düzeyinde) test edilmiştir. Buna göre $p<0.05$ olması durumunda sıfır hipotezi reddedilmekte ve iki grup arasında anlamlı bir fark olduğu ortaya çıkmaktadır [3].

a) Öğrenci anketleri

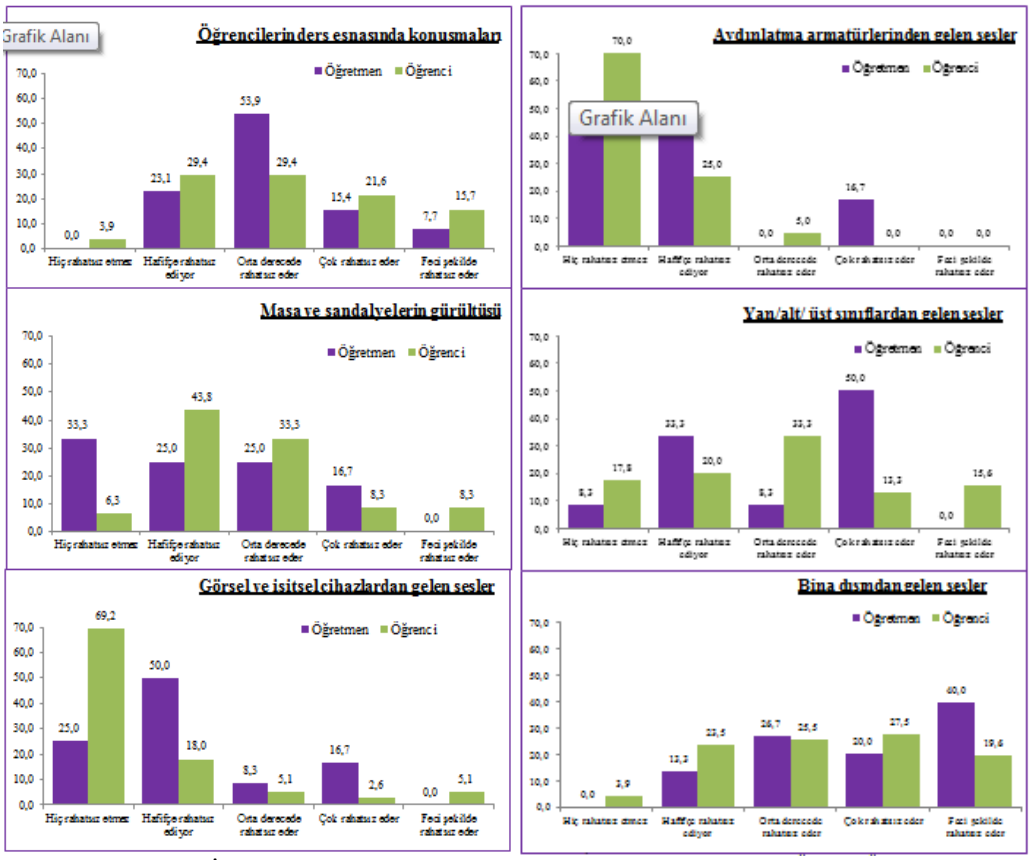
PHG Okulu'nda 3B/7B sınıfı öğrencilerine yapılan anket sayısı 53 olup, bu öğrencilerin 25'i ilkokul, 28'i ortaokul öğrencilerinden oluşmaktadır. Öğrencilerin gürültüden rahatsızlıklarını anlayabilmek adına yapılan anket çalışması "kişisel bilgi soruları" ve "gürültü algılama soruları" olmak üzere iki ana başlık altında toplanmıştır. Kişisel bilgi sorularında, öğrencinin yaşı, cinsiyeti, kardeş sayısı, almış olduğu okul içi notları öğrenilirken, gürültü algılama sorularında öğrencinin ev ve okul ortamlarında maruz kaldığı gürültünün farkındalığını ve hangi gürültü kaynakları altında kaldıklarını tespit etmek amaçlanmıştır.

b) Öğretmen anketleri

PHG Okulu' nda çalışan ve anketi dolduran toplam öğretmen sayısı 17 olup, bu öğretmenlerin kendi branşlarına göre, ilkokul ya da ortaokul öğretmeni olarak ayrım yapılmadan, anket için vermiş oldukları cevapları değerlendirilmiştir. Buna göre, 30 ve 30 yaş altında kalan öğretmen sayısı 6, 30 yaş üstü öğretmen sayısı 11'dir. Tüm öğretmenlerin 42 yaş ve altında olması dolayısıyla, PHG Okulu'ndaki eğitim kadrosunun, genç öğretmen nüfusundan oluştuğu görülmektedir. Öğretmen anketi de, öğrenci anketine benzer bir yaklaşımla hazırlanmıştır. Söz konusu bu anket çalışmasında, anketi cevaplayan öğretmenin yaşı, cinsiyeti, meslek branşı, meslekteki kıdemi, işitme problemi olup olmadığı gibi bir takım kişisel soruların dışında, sınıf özellikleri, sınıf içi gürültü kaynakları, sınıf dışı gürültü kaynakları, ders anlatımı esnasında sesini duyurmadaki kişisel çabası ve genel değerlendirme olmak üzere anket soruları, 6 farklı bölümden oluşmaktadır.

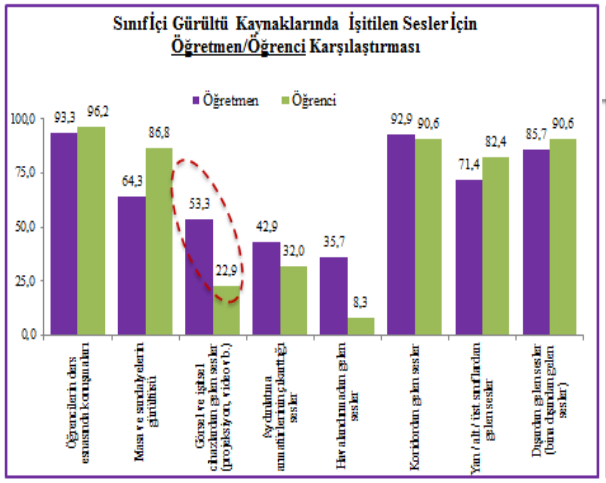
c) Öğretmen-öğrenci rahatsızlık karşılaştırması

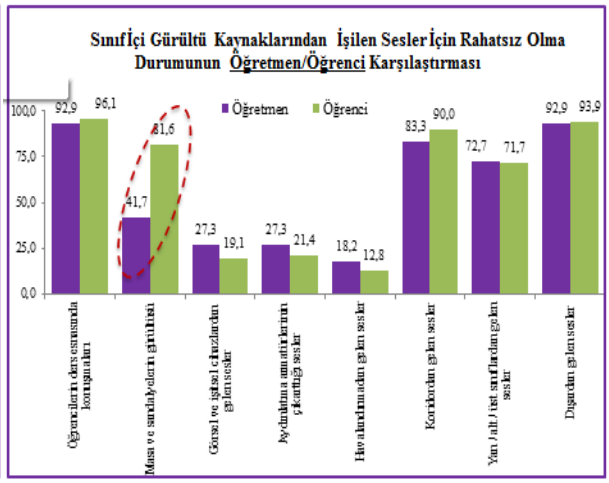
Sınıf içi ve bina dışı gürültü kaynakları ve rahatsızlık dereceleri, öğretmen/öğrenci ve 3B-7B sınıfları arasında karşılaştırmalı olarak grafiklendirilmiştir. Çalışma kapsamında değerlendirmeye alınan PHG Okulu öğrencileri ve öğretmenlerinin, aynı mahali paylaşmalarına karşılık, vermiş oldukları bazı ortak soruların cevaplarında farklılıklar, bazılarında ise, benzerlikler gözlemlenmiştir. Bu farklılık ve benzerliklerin neler olduğunun tespiti için, anket sonuçları üzerinden, Şekil 5/6/7' de görüleceği gibi, farklı gürültü kaynaklarının karşılaştırmalı kıyaslamalarına gidilmiştir.



Şekil 5: İşitilen seslerin düzeylerinin öğretmen/öğrenci karşılaştırması(%).

Şekil 6'da verilen P değerleri üzerinden rahatsızlık oranları karşılaştırması yapıldığında, görsel ve işitsel cihazlardan gelen sesler ve havalandırmadan gelen sesler arasında fark olduğu ve öğretmenlerin işittikleri seslerin bu iki başlık için öğrencilerden fazla olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Ancak araştırmada herhangi bir veri yanlışlığı olmaması için belirtilmesi gereken önemli nokta, havalandırmadan kaynaklanan sesler için kabul edilen işitme değerlerinin, genel değerlendirme üzerinden yapıldığı öngörülmektedir. Nitekim, söz konusu sınıfta havalandırma bulunmamaktadır. Dolayısıyla, diğer başlık altında bu şıkkı değerlendirdiğimiz zaman, görsel ve işitsel cihazlarda, öğretmenlerin işittikleri seslerin hassasiyetinin öğrencilerden fazla olduğu belirtilebilinir. Öğretmen ve öğrenci üzerinden yapılan karşılaştırmada, masa ve sıralardan kaynaklı sınıf içi gürültüden dolayı, öğrencilerin öğretmenlerine oranla daha fazla rahatsız olduğunu, $p<0,05$ değeri dolayısıyla ifade edebiliriz. Bu durum, masa ve sıraların çekilmesinden kaynaklı gürültünün öğretmenler için de neredeyse aynı yüzde ile işitildiğini ancak, öğrencilerin bu sese daha fazla hassasiyet duyduğunu göstermektedir.



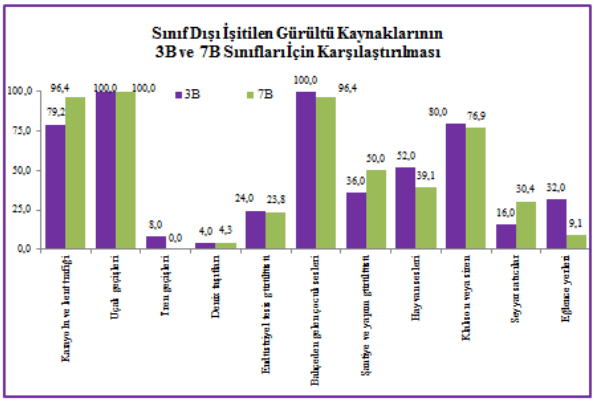


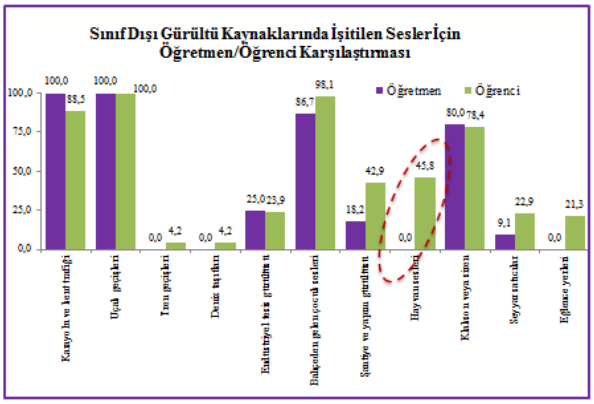
Gürültü Kaynağı	Öğretmen %	Öğrenci %	P Değeri	Sonuç
Öğrencilerin ders esnasında konuşmaları	93,3	96,2	*0,636*	0,636>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranları arasında fark yoktur.
Masa ve sandalyelerin gürültüsü	64,3	86,8	*0,052*	0,052>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranları arasında fark yoktur.
Görsel ve işitsel cihazlardan gelen sesler (projeksiyon vb.)	53,3	22,9	*0,025*	0,025<0,05 olduğundan öğretmenlerin işittikleri sesler öğrencilere göre daha fazladır.
Aydınlatma armatürlerinin çıkarttığı sesler	42,9	32,0	*0,458*	0,458>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranları arasında fark yoktur.
Havalandırmadan gelen sesler	35,7	8,3	*0,010*	0,010<0,05 olduğundan öğretmenlerin işittikleri sesler öğrencilere göre daha fazladır
Koridordan gelen sesler	92,9	90,6	*0,793*	0,793>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranları arasında fark yoktur.
Yan / alt / üst sınıflardan gelen sesler	71,4	82,4	*0,373*	0,373>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranları arasında fark yoktur.
Dışardan gelen sesler (bina dışından gelen sesler)	85,7	90,6	*0,604*	0,604>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranları arasında fark yoktur.

Gürültü Kaynağı	Öğretmen %	Öğrenci %	P Değeri	Sonuç
Öğrencilerin ders esnasında konuşmaları	92,9	96,1	*,617*	0,617>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Masa ve sandalyelerin gürültüsü	41,7	81,6	*,004*	0,004<0,05 olduğundan öğrencilerin duydukları rahatsızlık oranı öğretmenlerinkinden daha fazladır.
Görsel ve işitsel cihazlardan gelen sesler	27,3	19,1	*,558*	0,558>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Aydınlatma armatürlerinin çıkarttığı sesler	27,3	21,4	*,687*	0,687>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Havalandırmadan gelen sesler	18,2	12,8	*,659*	0,659>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Koridordan gelen sesler	83,3	90,0	*,520*	0,520>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Yan / alt / üst sınıflardan gelen sesler	72,7	71,7	*,949*	0,949>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Dışardan gelen sesler	92,9	93,9	*,892*	0,892>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.

Şekil 6: Sınıf içi işitilen gürültü kaynaklarının işitilme/rahatsızlık karşılaştırması

Şekil 7'deki sonuçlarda, öğretmen ve öğrencilerin tamamının uçak geçişlerini işittiklerini ve öğretmenlerin tamamının, öğrencilerin ise %94'ünün bu geçişler sırasında rahatsız olduklarını göstermektedir. PHG Okulu' nun trafik kavşak noktasında olmasından kaynaklı, trafik gürültüsüne maruziyetinin yüksek olması sebebi ile; öğretmenlerin tamamı tarafından işitilen trafik gürültüsü, öğrencilerin %88,5'u tarafından işitilirken, öğrenciler bu sesten aynı oranda da rahatsızlık duyduklarını ifade etmişlerdir. Öğretmenlerde ise, trafik gürültüsünden rahatsız olan öğretmen oranı %73,3'tür. Dolayısıyla, bu kıyaslamada, öğretmenlerin trafik sesi dolayısıyla oluşan gürültüye daha hassas olduklarını belirtmek mümkündür.





İfadeler	3B	7B	P Değeri	Sonuç
Karayolu ve kent trafiği	79,2	96,4	*0,053*	0.053>0,05 olduğundan 3b ve 7b sınıflarında duyulan rahatsızlık fark yoktur.
Uçak geçişleri	100,0	100,0	*N/A*	Oranların her ikiside %100 olduğundan p değeri hesaplanamıyor.
Tren geçişleri	8,0	0,0	*0,173*	0,173>0,05 olduğundan 3b ve 7b sınıflarında duyulan sesler arasında fark yoktur.
Deniz taşıtları	4,0	4,3	*0,953*	0,953>0,05 olduğundan 3b ve 7b sınıflarında duyulan sesler arasında fark yoktur.
Endüstriyel tesis gürültüsü	24,0	23,8	*0,988*	0,988>0,05 olduğundan 3b ve 7b sınıflarında duyulan sesler arasında fark yoktur.
Bahçeden gelen çocuk sesleri	100,0	96,4	*0,350*	0,350>0,05 olduğundan 3b ve 7b sınıflarında duyulan sesler arasında fark yoktur.
Şantiye ve yapım gürültüsü	36,0	50,0	*0,332*	0,332>0,05 olduğundan 3b ve 7b sınıflarında duyulan sesler arasında fark yoktur.
Hayvan sesleri	52,0	39,1	*0,382*	0,382>0,05 olduğundan 3b ve 7b sınıflarında duyulan sesler arasında fark yoktur.
Klakson veya siren	80,0	76,9	*0,794*	0,794>0,05 olduğundan 3b ve 7b sınıflarında duyulan sesler arasında fark yoktur.
Seyyar satıcılar	16,0	30,4	*0,244*	0,244>0,05 olduğundan 3b ve 7b sınıflarında duyulan sesler arasında fark yoktur.
Eğlence yerleri	32,0	9,1	*0,057*	0,057>0,05 olduğundan 3b ve 7b sınıflarında duyulan sesler arasında fark yoktur.

Gürültü Kaynakları	Öğretmen %	Öğrenci %	P Değeri	Sonuç
Karayolu ve kent trafiği	100,0	88,5	*0,173*	0,173>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Uçak geçişleri	100,0	100,0	*N/A*	Oranların her ikiside %100 olduğundan p değeri hesaplanamıyor.
Tren geçişleri	0,0	4,2	*0,499*	0,499>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Deniz taşıtları	0,0	4,2	*0,499*	0,499>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Endüstriyel tesis gürültüsü	25,0	23,9	*0,939*	0,939>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Bahçeden gelen çocuk sesleri	86,7	98,1	*0,058*	0,058>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Şantiye ve yapım gürültüsü	18,2	42,9	*0,133*	0,133>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Hayvan sesleri	0,0	45,8	*0,004*	0,004<0,05 olduğundan öğrencilerin rahatsızlığı öğretmenlerinkinden fazladır.
Klakson veya siren	80,0	78,4	*0,898*	0,898>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Seyyar satıcılar	9,1	22,9	*0,312*	0,312>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.
Eğlence yerleri	0,0	21,3	*0,096*	0,096>0,05 olduğundan öğrenci ve öğretmenlerin duydukları rahatsızlık oranı arasında fark yoktur.

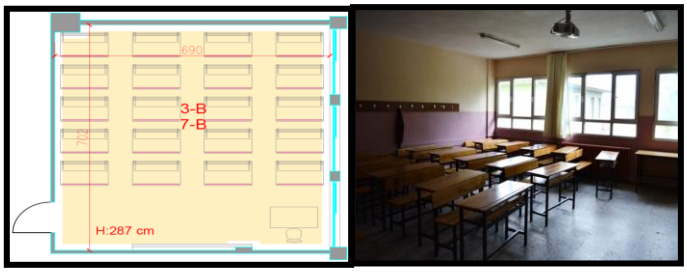
Şekil 7: Sınıf dışı işitilen gürültü kaynaklarının karşılaştırması

5. AKUSTİK KOŞULLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, çalışma yapılan sınıf özelinde mevcut durum ve akustik iyileştirmeler sonrası çıkan sonuçların değerlendirmesi yapılmıştır.

Mevcut durum analizi ile hedeflenen, akustik herhangi bir iyileştirme yapılmadan önce, durum tespitini gerçekleştirmek ve iyileştirmeler sonrasında ilk durum ile değerlendirmeler yaparak, sonuçları standartlar ile karşılaştırmaktır. Mevcut durum analizinde, sınıfın ilk haline ait fotoğrafları alınmış, söz konusu sınıfı kullanan farklı yaş kategorisindeki 3B ve 7B sınıfı öğrencilerine, aynı gün farklı zamanlarda anlaşılabilirlik testi uygulanmış ve mevcut duruma dair hacim akustiğine ait ölçümler yapılmıştır. 48 m²' lik ve 139 m³ hacmindeki sınıf için alınan

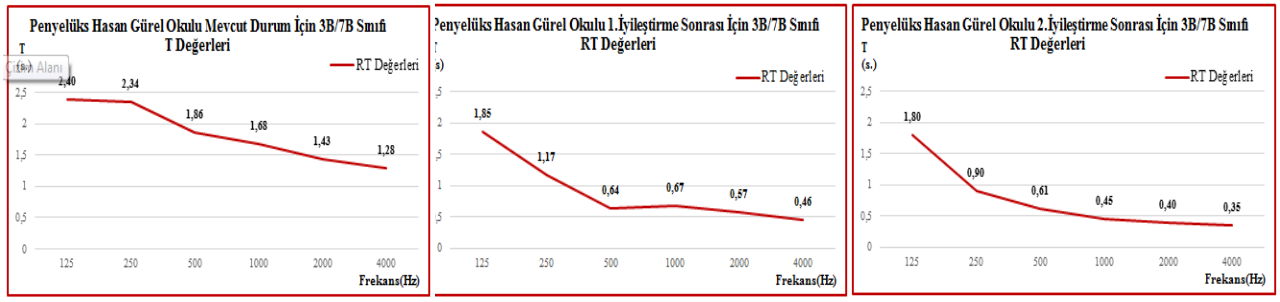
reverberasyon süresi ve arka plan gürültüsü ölçümleri, olması gereken değerlerin çok üzerinde çıkmış ve iki aşamalı olarak iyileştirme yapılmasına karar verilmiştir. Ölçüm değerlerinin standartların üzerinde çıkması, o sınıfta eğitim gören öğrencilere yapılan anlaşılabilirlik testi sonuçlarının, düşük olması ile ilgili bulunmuştur.



Şekil 8: 3B/7B sınıfının planı ve sınıfa ait fotografı

5.1 Reverberasyon Süresi Ölçümlerinin Karşılaştırması

Mevcut durum reverberasyon süresi ölçümü yapılan yaklaşık 140 m³ hacme sahip olan sınıf, tefrişlidir. Reverberasyon süresi 140-4 standardına göre ölçülmüştür [4]. Sınıfta herhangi bir iyileştirme yapılmadan mevcut durum için çıkan reverberasyon süresi ortamalada 1.83sn.'dir. Bu değerin, öğrencilerin sınıfta olması durumunda azalacağı öngörülmektedir ancak yine de standartlarda talep edilen 0,6 sn 'lere düşmeyeceği açıktır. Bu durum, ders esnasında öğrencinin öğretmeni ile olan iletişimini sağlıksız hale getirmekte ve öğrencinin derse konsantrasyonunu da olumsuz yönde etkilemektedir. Şekil 9'da, mevcut durum ve iyileştirmeler sonrasındaki reverberasyon ölçümü grafikleri görülmektedir.



c: *Mevcut durum RT değerleri* d: Birinci iyileştirme sonrası RT değerleri e: İkinci iyileştirme sonrası RT değerleri

Şekil 9: Reverberasyon süresi (RT) değerleri karşılaştırması

Birinci akustik iyileşme olarak sınıfın asma tavanı ve zemin kaplamasının değiştirilmesi ile, tavan yüksekliği 287 cm'den 267 cm'e düşmüş ve sınıfın yeni hacmi yaklaşık 130 m³ olmutur. Öğrenci olmayan, mobilyalı sınıfta yapılan birinci iyileştirme sonrası reverberasyon süresi ölçümü grafiği Şekil 9' da verilmiş, ortalama reverberasyon süresi 0,89 sn.'ye düşmüştür.

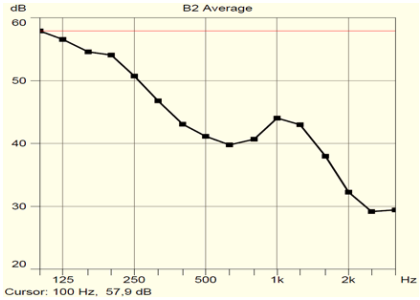
İkinci iyileşme olarak cephenin pvc doğramaları mevcut cephe ile muadil olabilecek şekilde yenilenmiş aynı zamanda 4 cm kalınlığında ve üzeri kumaş kaplı 120x300cm ebatlarındaki akustik panellerden dört adetinin duvara monte edilmesinden sonra reverberasyon süresi ölçümü boş sınıfta tekrar yapılmıştır. Birinci iyileştirme akabinde yaklaşık 130m³ olarak kullanılan ve 267cm yüksekliğindeki sınıfın reverberasyon zamanı ölçümü mobilyalı sınıfta yapılmış ve sonuçları Şekil 9'da verilmiştir. İkinci akustik iyileştirme sonrasında alınan değerler için ortalama reverberasyon süresi 0,75sn. çıkmıştır.

5.2 Arka Plan Gürültü Düzeyi ve Cephe Ses Yalıtım Ölçümlerinin Karşılaştırması

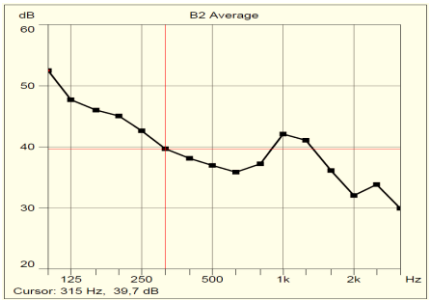
Mevcut durum için alınmış arka plan gürültü düzeyi değerlerinin A ağırlıklı eşdeğer değeri (dBA) 48,7'dir. Yapılan arka plan gürültü ölçümleri, pencerelerin kapalı olduğu durumda alınmış ancak mevcut durum için ölçümlerden elde edilen sonuçlar, standart değerlerin üzerinde çıkmıştır.

Mevcut durumda, 48,7 dBA olan arka plan gürültü düzeyi, birinci akustik iyileştirme sonrasında, Şekil 10'da da görüldüğü gibi, gürültü düzeyinin dBA karşılığı olarak 44,0 dBA' ya gerilemiştir. Yapılan arka plan gürültü düzeyi ölçümleri, pencerelerin kapalı olduğu durumda alınmıştır. Ancak standartlar dahilinde sonuçların halen yüksek olduğu açıktır.

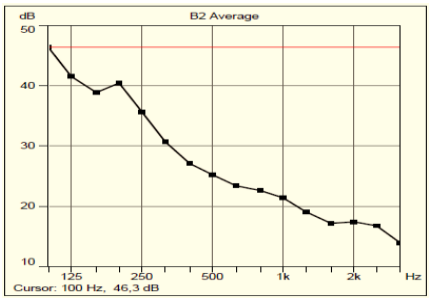
İkinci ve son iyileştirme sonrasında, tüm ölçümler tekrar yapılırken, mevcut durumda, 48,7 dBA olan arka plan gürültü düzeyi, cephe sisteminin ikinci iyileştirme ile değişmesi sonucunda, gürültü düzeylerinin dBA karşılığı olarak 32,0 dBA' ya düşmüştür. Ölçümler, pencerelerin kapalı olduğu durumda alınmıştır ve cephe ses yalıtım 717-1 ve 140-5 standartlarına uygun olarak yapılmıştır [5],[6].



c: Mevcut durum arkaplan gürültü düzeyleri

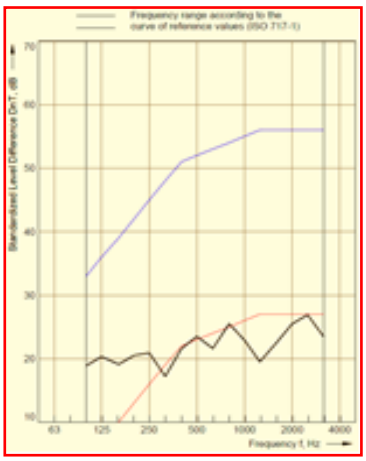


d: Birinci iyileştirme sonrası arkaplan gürültü düzeyleri



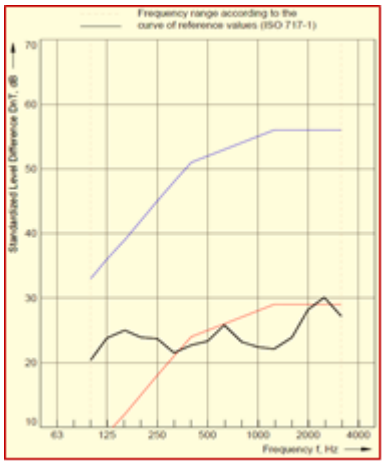
e: İkinci iyileştirme sonrası arkaplan gürültü düzeyleri

Şekil 10: Arka plan gürültü düzeyi değerlerinin karşılaştırması



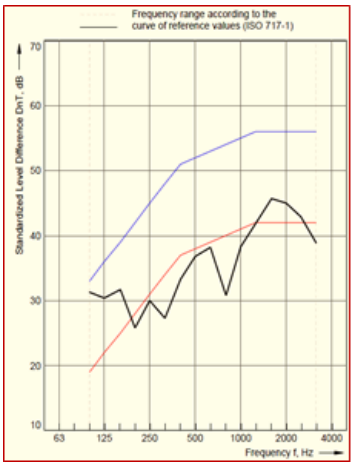
717-1 Standartına göre;
***D2m,*nT,w(*C*;*C*tr) = 23 (0; -1)dB**

f: Mevcut durum cephe ses yalıtım değeri



717-1 Standartına göre;
***D2m,*nT,w(*C*;*C*tr) = 25 (-1; -1)dB**

g: Birinci iyileştirme sonrası cephe ses yalıtım değeri



717-1 Standartına göre;
***D2m,*nT,w(*C*;*C*tr) = 38 (-2; -4)dB**

h: İkinci iyileştirme sonrası cephe ses yalıtım değeri

Şekil 11: Cephe ses yalıtım değerlerinin karşılaştırması

5.3 İyileştirmelerde Kullanılan Ürün ve Uygulamaları

Birinci iyileştirme ile ortam içindeki reverberasyon süresinin azaltılması için, yaklaşık 50 m²' lik tavan alanına NRC değeri 0,85 olan OWA Bolero tipi akustik taşyünü asma tavan, zeminine ise, karo zemin malzemesinin üzeri yüzey düzeltme şapı ile düzgün hale getirildikten sonra, Tarkett Supreme model pvc zemin ürünü uygulanmıltır. İkinci iyileştirmede, cephe görüntüsüne müdahale etmeden, Saray Aluminyum firmasının pvc doğramaları takılmıştır. 120cm x 300cm x4 cm ebatlarında içi camyünü esaslı, yüzeyi kumaş kaplı dört adet akustik panel, sınıf panoları gibi kullanılmıştır. Sınıfın son hali Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12: İyileştirme sonrası sınıf fotografı

6. SONUÇ

Uçak kalkış rotası altında kalan Küçükçekçekmece ilçesi, Sefaköy semtine bağlı Penyelüks Hasan Gürel Okulu' nda yapılan bu çalışmada, okulun bulunduğu çevrenin ana yollara olan uzaklığı, havaalanına olan mesafesi, komşuluk ilişkileri gibi, okulun konumu ile ilgili analizler yapılmıştır. Okulun kavşak güzergahına bakan bir sınıfı seçilerek, bu sınıfta çift müfredat ders yapan 25 ilkokul ve 28 ortaokul öğrencileri ile özellikle çalışma yapılan sınıfı kullanan 17 öğretmenimiz için hazırlanan anket çalışması ile öğrencilerin ve öğretmenlerin, hangi tip gürültü kaynaklarından daha fazla rahatsız oldukları ve gürültüden rahatsızlık oranları tespit edilmiştir. Anket sonuçlarına göre, ankete katılan öğrenci ve öğretmenlerin neredeyse tamamı, dış gürültü kaynakları içerisinde, uçak geçişlerini duyduklarını ve rahatsız olduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada, özellikle öğretmen anketlerinden, her işitilen sesin rahatsızlık sebebi olmadığı tespit edilmiştir ve öğrencilerin öğrenme süreçlerinde olmaları sebebi ile, öğretmenlerine göre gürültüye daha hassasiyet gösterdikleri ortaya çıkmıştır. Yapılan bu çalışmada, mevcut durum ve iyileştirme sonuçları arasındaki olumlu fark, sınıfların akustik koşullarının, öğrenmede çok önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

1. ANSI (American National Standards Institute) S12.60–2002, Acoustical Performance Criteria, Design and Requierements and Guidelines for Schools, National Standard, United States of America (2002).
2. TS ISO 1996-2: Akustik-Çevre Gürültüsünün Tanımlanması ve Ölçülmesi Kısım 2-Arazi Kullanımında Meydana Gelen Gürültülerle İlgili Verilerin Elde Edilmesi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (2009).
3. Ünver Ö, Gamgam H., *Uygulamalı Temel İstatistik Yöntemler,* Seçkin Yayınevi , Ankara (2008).
4. TS EN ISO 140-4: Akustik - Yapılarda ve yapı elemanlarında ses yalıtımının ölçülmesi - Bölüm 4: Odalar arasında hava ile yayılan sesin yalıtımına ait alan ölçmeleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (2006).
5. TS EN ISO 717-1: Akustik - Yapılarda ve yapı elemanlarında ses yalıtımının derecelendirilmesi - Bölüm 1: Hava ile yayılan sesin yalıtımı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (2013).
6. TS EN ISO 140-5 : Akustik - Yapılarda ve yapı elemanlarında ses yalıtımının ölçülmesi - Bölüm 5: Cepheler ve cephe elemanlarında hava ile yayılan sesin yalıtımı ile ilgili alan ölçmeleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara (2006).

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

DIŞ DUVAR-BETONARME KONSOL BALKON DÖŞEME BİRLEŞİMİNDE ISI KÖPRÜSÜ OLUŞUMU VE FARKLI ÇÖZÜM ÖNERİLERİNİN ETKİNLİĞİ

Özge Sarı[a]
Y.Doç.Dr. M. Cem Altun[b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Dış duvar-betonarme konsol balkon döşeme birleşim detaylarında taşıyıcı sürekliliği bu bölgelerdeki düşey ısıl direnç düzlemini kesintiye uğrattığından ısı geçişi tipik bölgeye kıyasla daha fazla olmaktadır. "Isı köprüleri" olarak adlandırılan bu bölgeler binanın hem ısıl performansını olumsuz etkilemekte hem de düşük iç yüzey sıcaklığı nedeniyle yoğuşmaya yol açma potansiyeli taşımaktadır. Isı köprüsü oluşumu bu birleşim detaylarındaki malzemelerin boyutsal ve konumsal özelliklerine ve dış hava sıcaklığı gibi iklimsel özelliklere göre farklılık göstermektedir. Bu çalışmada dış duvar-betonarme konsol balkon döşeme birleşim detayı ele alınmıştır. Betonarme iskelet sistemli yapılarda sıklıkla uygulanan dıştan ısı yalıtımlı bir seçenek ele alınarak ısı yalıtımının boyutsal ve konumsal farklılıklarının ve dış hava sıcaklığının ısı köprüsü oluşumundaki etkinlikleri iç yüzey sıcaklıkları ve yüzeysel yoğuşmaya neden olacak bağıl nem oranı ölçütleri ile belirlenmiştir. Isıl performansın belirlenmesinde, Antherm simülasyon programı kullanılmış, nem ile ilgili performansın belirlenmesinde program verileri ile çiğlenme sıcaklığı tabloları ve abakları kullanılmıştır. Çalışmada, dış duvar-betonarme konsol balkon döşeme birleşiminin oluşturduğu ısı köprülerinin oluşumuna neden olan bu değişkenlerin etkinliğinin belirlenmesi ve tasarım sürecinde kullanılabilecek genel ilkelerin ortaya koyulması amaçlanmıştır.

Anahtar sözcükler: Isı köprüsü, Dış duvar, Betonarme döşeme, Antherm

ABSTRACT

In intersection details of exterior wall-centilevered balcony floor, continuity of the structural system break the continuity of the thermal insulation layer causing heat transfer higher than a part free from thermal anomalies. Such "thermal bridges" not only increase heat transfer but also are potential cold surfaces for moisture accumulation. The occurrence of thermal bridges is affected by the dimensional and positional properties of the elements of the intersection detail and environmental effects such as outdoor temperature. In this context, intersection of an exterior wall-centilevered balcony floor detail is studied. Considering an externally insulated model frequently applied in reinforced concrete skeleton systems, the effectiveness of the dimensional and positional properties of the thermal insulation and outdoor temperature in causing thermal bridges are analyzed with criteria such as, inner surface temperatures, relative humidity values causing surface condensation. The thermal performance is determined with the PC-program Antherm. The moisture performance is determined with the help of the program data and dew point temperature charts. The aim of the paper is to present the effectiveness of variables causing thermal bridges and principles of thermal bridge – free design of intersections of an exterior wall-centilevered balcony floor.

Key words: Heat transfer, Thermal bridge, External wall, Reinforced concrete floor, Antherm

[a] e-posta adresi: ozge.sari88@hotmail.com
[b] e-posta adresi: mcemaltun@gmail.com

1.GİRİŞ

Bina dış kabuğunda, yapı elemanlarının bir araya geldiği, çatı-dış duvar, dış duvar-döşeme gibi bölgeler, yapı elemanının tek başına gösterdiği ısıl ve nem ile ilgili performanstan, farklı ve genelde daha olumsuz özellikler taşıyabilmektedir. Aynı durum tek bir yapı elemanı bünyesinde de oluşabilmekte ve aynı yapı elemanının "tipik bölge"sine göre daha farklı ısıl ve nem ile ilgili özellikler gösterebilmektedir. Yapı elemanlarının, biçimsel özelliklerindeki farklar, kullanılan malzeme özelliklerindeki farklar ve malzeme katmanlarının konumlarındaki farklar, söz konusu durumun ortaya çıkmasına neden olan önemli etmenlerdir. "Isı köprüleri" olarak da isimlendirilen bu bölgelerde, ısı geçişinin artması ile bağıntılı olarak ısı kayıp ve kazançları artmakta ve iç yüzey sıcaklığının gerekli düzeyde olmaması nedeni ile iç ısıl konfor etkilenmektedir **[1]**. Yine bu bölgelerde oluşan "düşük" iç yüzey sıcaklığı nedeni ile meydana gelen yüzeysel yoğuşma, yapısal ve görsel bozulmalara neden olmaktadır. Nemin bu bölgelerde birikmesi ve uzun süre yapı elemanına etki etmesi, küf ve mantar oluşumuna sebep olarak kullanıcı sağlığına da olumsuz şekilde yansımaktadır **[2].** Sıralanan olumsuzlukların tasarım sürecinde engellenmesi amacı ile "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği"nde **[3]** ısı köprülerinin engellenmesi gerektiği belirtilmektedir. Bu bağlamda, tasarım sürecinde yol göstermek amacı ile yapı elemanlarının bünyelerindeki ve birleşimlerinde oluşan ısı köprülerinin ısıl ve nem ile ilgili performansa etkilerini somut örnekler ve hesaplamalar ile ortaya koyan "katalog" tipi ulusal ve uluslararası çalışmalar da yapılmıştır **[4], [5], [6].**

Türkiye'de konut yapılarının büyük bir kısmını betonarme yapılar oluşturmaktadır. Betonarme yapılardaki taşıyıcıların sürekliliği ısı yalıtımlarının süreksizliğine sebep olduğundan bu bölgelerde "ısı köprüsü" oluşumuna neden olabilmektedir. Betonarme konsol balkon döşemeleri de taşıyıcı-döşeme birleşiminin sürekliliği sebebiyle ısı yalıtımını kesintiye uğrattığından bu tip ısı köprüleri için tipik bir örnektir.

Dış duvar-betonarme konsol balkon döşemelerin ısıl ve nem ile ilgili performansı farklı iklim koşullarında simülasyon programı aracılığıyla belirlenmiştir. Çalışmada betonarme taşıyıcılardan kaynaklı ısı yalıtımının süreksizliğinin ısı köprüsü oluşumuna etkisi, ısı yalıtımının biçimsel ve konumsal değişikliklerinin ısı köprüsü oluşumundaki etkinliğinin belirlenmesi ve tasarım sürecinde kullanılabilecek genel ilkelerin ortaya koyulması amaçlanmıştır.

2. "ISI KÖPRÜSÜ" ETKİSİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEM

Çalışmada kullanılan hesaplama yöntemi ile değişkenlerin "ısı köprüsü" oluşumuna etkisinin belirlenmesinde kullanılan yaklaşımlar aşağıda sıralanmıştır.

2.1. Hesaplama Yöntemi

Çalışmada ısıl performansın belirlenmesi, Antherm simülasyon programıyla yapılmıştır **[7].** Antherm programı sonlu farklar yöntemi ile sabit veya değişken rejim şartları altında üç boyutlu ısı geçişini hesaplamaktadır. Antherm programı ile en düşük iç sıcaklık değeri, istenilen koordinatlardaki iç yüzey sıcaklık ($T_{İY}$) değerleri belirlenebilmektedir. Hesaplamalar sabit rejim şartlarında gerçekleştirilmiştir.

Antherm'de elde edilen en düşük yüzey sıcaklık değerinde yüzeysel yoğuşmanın gerçekleşeceği bağıl nem oranı ($\varphi_İ$) değerleri, programın yüzeysel yoğuşma verileri, DIN 4108 ve ASHRAE Elkitabında yer alan tablolar ve abaklar yardımı ile belirlenmiştir [**8], [9].**

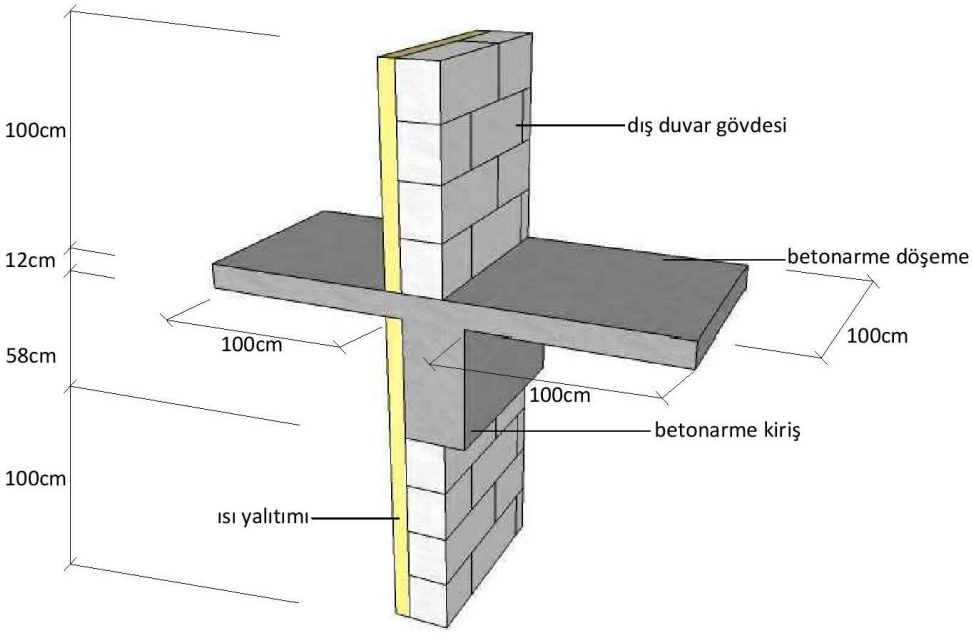
2.2. Değişkenler İle İlgili Kabuller

Değişkenlerin etkinliğini belirlemek amacıyla betonarme iskelet sistemlerin dış duvar-betonarme konsol balkon döşeme birleşim detaylarında sıklıkla kullanılan birleşim detayı esas alınmıştır. Ele alınan birleşim detayı ISO 10211'de tanımlanan şekilde ele alınmıştır **[10].** İç hava sıcaklığı $T_i=20^0C$ kabul edilmiştir. Dış hava sıcaklığı değeri olarak; Türkiye için ısı köprüsü oluşumu açısından en olumsuz durumun bulunduğu TS825'teki 4. Bölge için verilen dış hava sıcaklığı $-5,4^0C$ kullanılmıştır **[11]**. Bununla birlikte TS825 4. Bölgede yer alan iller için Meteoroloji Genel Müdürlüğü kayıtlarındaki en düşük sıcaklık değerleri derlenerek, oluşabilecek temsili bir sıcaklık değeri olarak; -40^0C belirlenmiş ve bu değer için de hesaplamalar yapılmıştır **[12].** Isı yalıtımının boyutsal ve konumsal farklarının etkinliğini belirlemek için temel detaylar üzerinden yola çıkarak farklı seçenekler geliştirilmiş, bütün çevresel etmenler sabit tutularak hesaplamalar yapılmıştır. Bölüm 3'te ele alınan detay ve çevresel etmenler ayrıntılı şekilde tanımlanmıştır.

3. DIŞ DUVAR-BETONARME KONSOL BALKON DÖŞEME BİRLEŞİM DETAYININ SİSTEM ÖZELLİKLERİ VE ÇEVRESEL ETMENLER

Çalışma kapsamında dış duvar-betonarme konsol balkon döşemesinde sıkça kullanılan, ısı yalıtımlarının boyutsal ve konumsal olarak farklılaştığı üç sistem esas alınmıştır.

Betonarme iskelet taşıyıcılı bir yapının dış duvar-betonarme konsol balkon döşeme birleşimin kesitinde betonarme kiriş 30x70cm, döşeme 12cm olarak ele alınmıştır. TS825'te 4. Bölge için verilen U değeri temel değer olarak kabul edilerek betonarme kiriş bölgesinde $U=0,4W/m^2K$ olacak şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre ısıl iletkenlik hesap değeri $\lambda=0,035W/mK$ olan ısı yalıtımı olarak 8cm kirişin hizasında uygulanmış olarak kabul edilmiştir. Birleşim kesitinin detayları **Şekil 1**'de verilmiştir.



Şekil 1: Dış duvar-betonarme konsol balkon döşeme detayı perspektifi

3.1. Dış Duvar-Betonarme Konsol Balkon Döşeme Birleşim Detayının Sistem Özellikleri

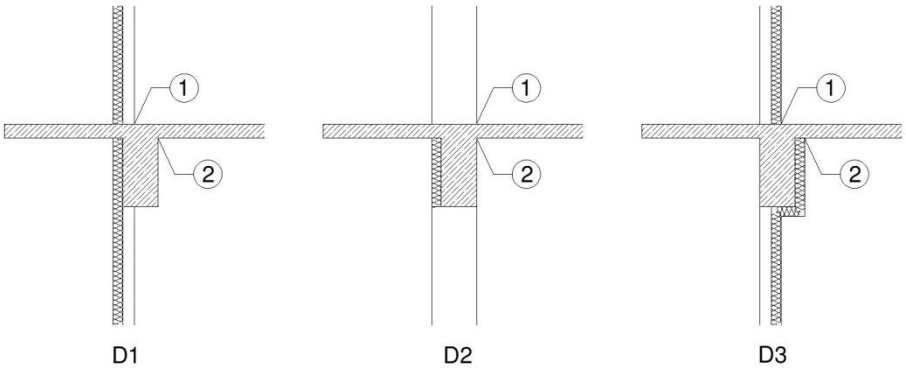
Dış duvar-betonarme konsol balkon döşeme birleşim detayında aşağıdaki sistem özellikleri ile ilgili kabuller yapılmıştır:

- ISO 10211' de ısı köprüleri ile ilgili olarak yapılacak hesaplamalarda ısı köprüsü bölgesinden her yöne doğru en az bir metre "homojen" özellikler taşıyan bölgeler olacak biçimde modelleme yapılması istenmektedir. Bu sebeple dış duvar-betonarme konsol balkon döşeme kesişim noktasından bir metre uzaklığa kadar duvar ve döşeme modellenmiştir.
- Hesaplamalarda Türkiye için en olumsuz durumun bulunduğu 4. Bölge için TS825'teki U değeri temel değer olarak kabul edilmiş, sistem sürekliliği için kiriş önündeki ısı yalıtımının aynı boyutta devamlılığı için gerekli U değerini sağlayan ısıl iletkenlik katsayısına sahip soyut bir gövde belirlenmiştir.
- Duvar-betonarme konsol balkon döşeme birleşiminde ısıl performansta daha az etkili olan dış duvar ve döşeme kaplamaları gibi katmanlar hesaplamalarda göz önünde bulundurulmamıştır.
- Isı köprüsü etkisinde ısı yalıtımının boyutsal ve konumsal farklılığının etkin şekilde belirlenmesi için duvar kalınlığı uygulanan ortalama değerlerden yola çıkılarak 10cm kabul edilmiştir.

Çalışmada ısı yalıtımının boyutsal ve konumsal değişikliklerinin belirlenmesi amacıyla kiriş ve döşeme boyut ve malzeme özellikleri sabit tutularak farklı seçenekler geliştirilmiştir (D1, D2, D3). Geliştirilen bütün seçeneklerde duvar sistem özellikleri U=0,4W/m^{2}K olacak şekilde ele alınmıştır.

- **D1** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın dış tarafına uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D2** seçeneğinde kalınlığı 38cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=0,16W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı kirişin dış tarafına uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D3** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın iç tarafına uygulanmış şekilde ele alınmıştır.

Ele alınan birleşim detayları **Şekil 2**'de verilmiştir.



Şekil 2: Dış duvar-betonarme konsol balkon döşeme detayı ve seçenekleri

3.2. İklim Özellikleri

Çalışma için TS825'te verilen bölgelerden ısı köprülerinin oluşabilen olumsuz koşullar göz önünde bulundurulduğunda kritik olan 4. Bölge hesaplamalar için temel alınmıştır. TS825'te yer alan 4. Bölge Ocak ayı için dış hava sıcaklığı ortalaması -5,4^{0}C olduğundan, -5,4^{0}C ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan, uç bir değer olan -40^{0}C arasında hesaplamalar yapılmıştır. İç yüzey sıcaklığı 20^{0}C olarak sabit tutulmuştur.

4. DIŞ DUVAR- BETONARME KONSOL BALKON DÖŞEME BİRLEŞİMİNDE "ISI KÖPRÜSÜ" OLUŞUMU VE ETKİLERİ

Çalışmada aynı U değerlerine sahip farklı seçeneklerle geliştirilmiş duvar detayları için dış duvar- betonarme konsol balkon döşeme birleşiminde ısı yalıtımına bağlı boyutsal ve konumsal değişkenlerin ısı köprüsü oluşumuna etkisi iç yüzey sıcaklığı ölçütü ile belirlenmiştir.
Belirlenen detayların simülasyonu Antherm programında sabit şartlar altında gerçekleştirilmiştir. TS825'te 4. Bölge için verilen en düşük sıcaklık değeri -5,4^{0}C ve uç bir değer olan -40^{0}C için yapılan hesaplamalar **Çizelge 1**'de verilmiştir.

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda şu veriler elde edilmiştir:

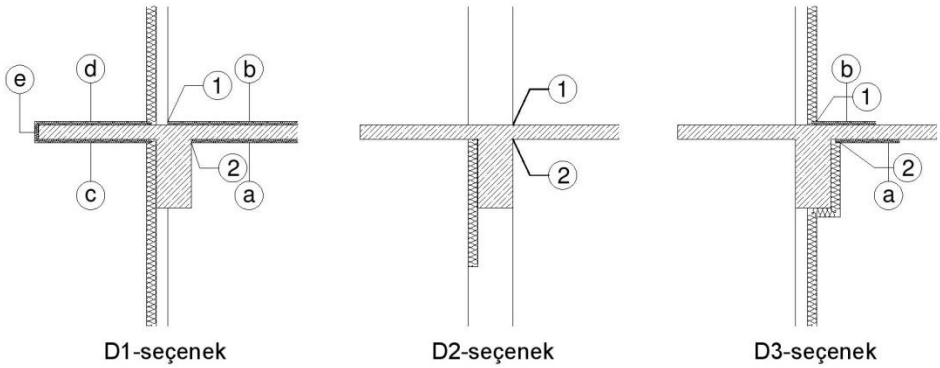
D1 seçeneğinde, hesaplanan her iki dış hava sıcaklığı için dış duvar-döşeme birleşiminde Şekil2'de gösterilen 1. bölgededir.
D2 seçeneğinde, hesaplanan her iki dış hava sıcaklığı için en düşük iç yüzey sıcaklığının dış duvar-döşeme birleşiminin kiriş bölgesindedir.
D2 seçeneğinde, hesaplanan her iki dış hava sıcaklığı için en düşük iç yüzey sıcaklığı, D1 seçeneğine göre daha yüksektir.
D3 seçeneğinde hesaplanan her iki dış hava sıcaklığı için en düşük iç yüzey sıcaklığı dış duvar-döşeme birleşiminde Şekil2'de gösterilen 1. bölgededir.
D3 seçeneğinde, hesaplanan her iki dış hava sıcaklığı için en düşük iç yüzey sıcaklığı, D1 ve D2 seçeneklerine göre daha düşüktür.
Hesaplanan bütün detaylar için en düşük iç yüzey sıcaklığına 1m uzaklıkta belirlenen bölgenin iç yüzey sıcaklıkları en düşük değerinde iç hava sıcaklığından yaklaşık 3^{0}C düşüktür.

Çizelge 1: Isı yalıtımlarının boyutsal ve konumsal değişkenlerin ısıl performansa etkisi

Seçenekler	En Düşük İç Yüzey Sıcaklığı, T_{iy} [^{0}C]		En Düşük İç Yüzey Sıcaklığına 1m Uzaklıktaki Noktanın Sıcaklığı, T_{iy} [^{0}C]		En Düşük İç Yüzey Sıcaklığında Yoğuşmanın Gerçekleştiği Bağıl Nem Oranı, φ_i [%]	
	Dış hava sıcaklığı, T_D=-40^{0}C	Dış hava sıcaklığı, T_D=-5,4^{0}C	Dış hava sıcaklığı, T_D=-40^{0}C	Dış hava sıcaklığı, T_D=-40^{0}C	Dış hava sıcaklığı, T_D=-5,4^{0}C	Dış hava sıcaklığı, T_D=-40^{0}C
D1	5,49	13,86	16,82	18,65	38,61	67,74
D2	8,84	15,27	17,02	18,74	48,56	74,23
D3	-14,80	5,27	16,89	18,68	7,18	38,01

5. DIŞ DUVAR- BETONARME KONSOL BALKON DÖŞEME BİRLEŞİMİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN SEÇENEKLER VE "ISI KÖPRÜSÜ"NÜN ENGELLENMESİNDEKİ ETKİNLİKLERİ

Çalışmada ısı yalıtımının boyutsal ve konumsal değişikliklerinin belirlenmesi amacıyla kiriş ve döşeme boyut ve malzeme özellikleri sabit tutularak iyileştirmeye yönelik farklı seçenekler geliştirilmiştir. D1 detayından ısı yalıtımının dış tarafta olduğu ve döşemede farklı boyutsal ve konumsal ısı yalıtımlarının bulunduğu seçenekler (D1-a3-D1-cde8) geliştirilmiştir. D2 detayından yalıtımsız duvarda U değeri sabit kalacak şekilde duvar kalınlığı 30cm kiriş kalınlığı ve 8cm ısı yalıtımı ile eşit değerde tutularak 38cm kabul edilerek seçenekler (D2-1,D2-2) geliştirilmiştir. D3 detayından ısı yalıtımının iç tarafta olduğu ve döşemede farklı boyutsal ve konumsal ısı yalıtımlarının bulunduğu seçenekler (D3-b3-D3-a8) geliştirilmiştir. Dış duvar-betonarme konsol balkon döşeme detay seçenekleri aşağıda ve **Şekil 3**'te sıralanmıştır.



Şekil 3: Dış duvar-konsol balkon döşeme detayı ve iyileştirmeye yönelik geliştirilen seçenekleri

- **D1-a3** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın dış tarafına uygulanmış ve döşemenin iç alt bölgesinde(a) döşeme boyunca 3cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D1-b3** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın dış tarafına uygulanmış ve döşemenin iç üst bölgesinde(b) döşeme boyunca 3cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D1-c3** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın dış tarafına uygulanmış ve döşemenin dış alt bölgesinde(c) döşeme boyunca 3cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D1-c8** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın dış tarafına uygulanmış ve döşemenin dış alt bölgesinde(c) döşeme boyunca 8cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D1-d3** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın dış tarafına uygulanmış ve döşemenin dış üst bölgesinde(d) döşeme boyunca 3cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D1-d8** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın dış tarafına uygulanmış ve döşemenin dış üst bölgesinde(d) döşeme boyunca 8cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.

- **D1-ab3** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın dış tarafına uygulanmış ve döşemenin iç üst ve alt bölgesinde(a,b) döşeme boyunca 3cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D1-cd3** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın dış tarafına uygulanmış ve döşemenin dış alt ve üst bölgesinde(c,d) döşeme boyunca 3cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D1-cd8** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın dış tarafına uygulanmış ve döşemenin dış alt ve üst bölgesinde(c,d) döşeme boyunca 8cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D1-cde3** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın dış tarafına uygulanmış ve döşemenin bütününde(c,d,e) döşeme boyunca 3cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D1-cde8** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın dış tarafına uygulanmış ve döşemenin bütününde(c,d,e) döşeme boyunca 8cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D2-1** seçeneğinde kalınlığı 38cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=0,16W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı kirişin dış tarafında 10cm aşağıya kadar uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D2-2** seçeneğinde kalınlığı 38cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=0,16W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı kirişin dış tarafında 50cm aşağıya kadar uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D3-b3** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın iç tarafına uygulanmış ve döşemenin iç üst bölgesinde(b) 50 cm uzunluğunda 3cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D3-b8** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın iç tarafına uygulanmış ve döşemenin iç üst bölgesinde(b) 50 cm uzunluğunda 8cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.
- **D3-a8** seçeneğinde kalınlığı 10cm, ısıl iletkenlik hesap değeri λ=2W/mK olan duvar gövdesi ve 8cm ısı yalıtımı duvarın iç tarafına uygulanmış ve döşemenin iç alt bölgesinde(a) 50 cm uzunluğunda 3cm ısı yalıtımı uygulanmış şekilde ele alınmıştır.

Belirlenen detayların ısı köprüsü hesaplamaları Antherm programında sabit şartlar altında gerçekleştirilmiştir. TS825'te 4. Bölge için verilen en düşük sıcaklık değeri -5,4^{0}C ve -40^{0}C değerleri için yapılan hesaplamalar **Çizelge 2**'de verilmiştir.

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda şu bulgular elde edilmiştir:

D1'in iyileştirilmesine yönelik geliştirilen geliştirilen seçeneklerin tümünde, hesaplanan her iki dış hava sıcaklığı için en düşük iç yüzey sıcaklığı dış duvar-döşeme birleşiminde Şekil3'te gösterilen 1. bölgededir.
D1-a3 ve D1-b3 seçeneklerinde hesaplanan her iki dış hava sıcaklığı için iç döşemeye tek başına uygulanan ısı yalıtımı en düşük iç yüzey sıcaklığını düşürmektedir.
D1-c3, D1-c8, D1-d3 ve D1-d8 seçeneklerinde her iki dış hava sıcaklığı için dış döşemeye tek başına uygulanan ısı yalıtımının en düşük iç yüzey sıcaklığını yükselttiği, geliştirilen bu seçeneklerde ısı yalıtım kalınlığının etkisinin düşük olduğu belirlenmiştir.

D1-ab3 seçeneğinde her iki dış hava sıcaklığı için iç döşemeye birlikte uygulanan ısı yalıtımının en düşük iç yüzey sıcaklığını düşürdüğü, bu düşüşün -5,4^{0}C dış hava sıcaklığına kıyasla -40^{0}C için daha fazla olduğu belirlenmiştir.
D1-cd3 ve D1-cd8 seçeneklerinde her iki dış hava sıcaklığı için dış döşemede hem c hem de d bölgelerine beraber uygulanan ısı yalıtımının en düşük iç yüzey sıcaklığını belirgin şekilde yükselttiği, bu artışın -5,4^{0}C dış hava sıcaklığına kıyasla -40^{0}C için daha fazla olduğu belirlenmiştir.
D1-cde3 ve D1-cde8 seçeneklerinde her iki dış hava sıcaklığı için dış döşemenin bütününe uygulanan ısı yalıtımının en düşük iç yüzey sıcaklığını belirgin şekilde yükselttiği ancak yalnızca alt ve üst döşemeye uygulanan D1-cd3 ve D1-cd8 seçeneklerine kıyasla etkisinin düşük olduğu belirlenmiştir.
D2'den geliştirilen seçeneklerin tümünde, hesaplanan her iki dış hava sıcaklığı için en düşük iç yüzey sıcaklığının dış duvar-döşeme birleşiminin kiriş bölgesindedir.
D2'den geliştirilen seçeneklerin tümünde, hesaplanan her iki dış hava sıcaklığı için en düşük iç yüzey sıcaklığı, D1'den geliştirilen seçeneklere göre daha yüksektir.
D2-1 ve D2-2 seçeneklerinde her iki dış hava sıcaklığı için duvar gövdesinin bir kısmına da uygulanan ısı yalıtımının D2 detayına kıyasla düşük iç yüzey sıcaklığına etkisinin az olduğu belirlenmiştir.
D3'ten geliştirilen D3-a8 seçeneğinde hesaplanan her iki dış hava sıcaklığı için en düşük iç yüzey sıcaklığı dış duvar-döşeme birleşiminde Şekil3'te gösterilen 1. bölgededir. D3'ten geliştirilen D3-b3 ve D3-b8 seçeneklerinde ise hesaplanan her iki dış hava sıcaklığı için en düşük iç yüzey sıcaklığı dış duvar-döşeme birleşiminin iç alt bölgesindedir.
D3'ten geliştirilen seçeneklerin tümünde, hesaplanan her iki dış hava sıcaklığı için en düşük iç yüzey sıcaklığı, D1 ve D2'den geliştirilen seçeneklere göre daha düşüktür.
D3 ve D3'ten geliştirilen seçeneklerin tümünde, hesaplanan her iki dış hava sıcaklığı için en düşük iç yüzey sıcaklığı belirgin şekilde düşürdüğü, bu düşüşün -5,4^{0}C dış hava sıcaklığına kıyasla -40^{0}C için daha fazla olduğu belirlenmiştir.
Hesaplanan bütün seçenekler için en düşük iç yüzey sıcaklığına 1m uzaklıkta belirlenen bölgenin iç yüzey sıcaklıkları en düşük değerinde iç hava sıcaklığından yaklaşık 3^{0}C düşüktür.

6. SONUÇLAR

Betonarme dış duvar-betonarme konsol balkon döşemelerin ısıl ve nem ile ilgili performansı için TS825'teki 4. Bölge için verilen dış hava sıcaklığı -5,4^{0}C ve bu bölge için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan, iklimsel olarak uç bir değer olan -40^{0}C için hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmada betonarme taşıyıcılardan kaynaklı ısı yalıtımının süreksizliğinin ısı köprüsü oluşumuna etkisi, geliştirilen çözüm önerileri bağlamında ısı yalıtımının biçimsel ve konumsal değişikliklerinin ısı köprüsü oluşumundaki etkinliğinin belirlenmesi ve tasarım sürecinde kullanılabilecek genel ilkelerin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Değişkenlerin etkinliği, iç yüzey sıcaklığı ve yüzeysel yoğuşmaya neden olacak bağıl nem oranı (T_{iy},φ_i) ölçütleri ile değerlendirilmiştir.

Ele alınan sistemlerin ısıl performans analizi için yapılan bilgisayar simülasyon çalışmasının ve nem ile ilgili performansın, çiğlenme sıcaklığı tabloları ve abakları ile belirleme çalışmasının sonuçları incelendiğinde, aşağıdaki genel bulgular sıralanabilir:

- D1, D2 ve D3 detayları için;
  - Duvarın dıştan yalıtıldığı D1 detayına kıyasla içten yalıtıldığı D3 detayı daha düşük iç yüzey sıcaklığına sebep olmaktadır.
  - Dış duvarda U değeri aynı olduğu halde ısı yalıtımlı detaylara kıyasla ısıl direncin derin katman kalınlığına yayıldığı (gazbeton vb. malzemelerin kullanıldığı) D2 detayı düşük iç yüzey sıcaklığına daha olumlu etki etmektedir.
  - Düşük iç yüzey sıcaklığı bağlamında hesaplanan değişkenler, -40^0C dış hava sıcaklığında $-5{,}4^0$C dış hava sıcaklığına kıyasla daha etkilidir.
- Dıştan ısı yalıtımlı D1'in iyileştirilmesine yönelik geliştirilen seçenekler için;
  - Döşemeye uygulanan ısı yalıtımı iç döşemeye kıyasla dış döşemede uygulandığında daha etkilidir.
  - Döşemenin dış tarafında alta veya üste tek başına uygulanan ısı yalıtımının düşük iç yüzey sıcaklığına etkisi hemen hemen aynıdır.
  - Isı köprüsü olan bölgeye 1m uzaklıktaki noktadaki değişkenlerin bu bölgede neredeyse etkisiz olması sebebiyle, döşemenin dış tarafında bütüne uygulanan ısı yalıtımının (D1-cd) düşük iç yüzey sıcaklığına etkisi, döşemenin yalnızca altına ve üstüne uygulanan ısı yalıtımının (D1-cde) etkisiyle hemen hemen aynıdır.
- Yalnızca kiriş bölgesinde kullanılan ısı yalıtımlı D2'nin iyileştirilmesine yönelik geliştirilen seçenekler için;
  - Duvarın yalıtımsız olması sebebiyle ısı köprüsü etkisi noktasal değil, kirişin neredeyse bütününde etkilidir.
  - Kiriş önüne uygulanan ısı yalıtımının duvarda sürekliliğinin sağlanmasının düşük iç yüzey sıcaklığına etkisi düşüktür.
- İçten ısı yalıtımlı D3'ün iyileştirilmesine yönelik geliştirilen seçenekler için hesaplanan her iki dış hava sıcaklığında da düşük iç yüzey sıcaklığı, yüzeysel yoğuşma riski bulundurmaktadır.
- Döşemede uygulanan ısı yalıtımının, duvarda uygulanan ısı yalıtımının devamı olacak şekilde aynı tarafa uygulanması düşük iç yüzey sıcaklığı riskinin azaltılması açısından daha etkilidir.
- $-5{,}4^0$C dış hava sıcaklığında işleve bağlı olarak D1, D2 ve bu detaylardan geliştirilen seçenekler yüzeysel yoğuşma riski oluşturmamaktadır. -40^0C dış hava sıcaklığında işleve bağlı olarak yalnızca D1-cd3, D1-cd8, D1-cde3 ve D1-cde8 seçeneklerinde yüzeysel yoğuşma riski düşüktür. Her iki dış hava sıcaklığında D3 ve D3'ün iyileştirilmesine yönelik geliştirilen seçeneklerde yüzeysel yoğuşma riski yüksektir **[13], [14].**

Ele alınan örnekler ve yapılan kabuller bağlamında betonarme iskelet taşıyıcılı dış duvar-betonarme konsol balkon döşeme tasarımında "ısı köprüleri" nin olumsuz etkilerinden kaçınmak amacı ile aşağıda sıralanan genel ilkelerin göz önünde tutulması yararlı olacaktır:

- TS 825, 4. iklim bölgesinde dış duvar-betonarme konsol balkon döşeme detaylarında içten ısı yalıtımı uygulamasından olanaklar ölçüsünde kaçınılması.
- Dış hava sıcaklığının -40^0C'nin altına düştüğü bölgelerde, dıştan ısı yalıtımlı dış duvar-betonarme konsol balkon döşeme detaylarında yalıtımın döşemenin dış tarafında devam ettirilmesi.
- Isı kayıplarını azaltmak açısından, taşıyıcılık ile ilgili koşullar izin verdiği düzeyde ısı yalıtımının kesintiye uğramaması.

Çizelge 2: Detay seçeneklerinde ısı yalıtımlarının boyutsal ve konumsal değişkenlerin ısıl performansa etkisi

Seçenekler		En Düşük İç Yüzey Sıcaklığı, T_{iy} [^{0}C]		En Düşük İç Yüzey Sıcaklığına 1m Uzaklıktaki Noktanın Sıcaklığı, T_{iy} [^{0}C]		En Düşük İç Yüzey Sıcaklığında Yoğuşmanın Gerçekleştiği Bağıl Nem Oranı, φ_i [%]	
		Dış hava sıcaklığı, T_D=-40^{0}C	Dış hava sıcaklığı, T_D=-5,4^{0}C	Dış hava sıcaklığı, T_D=-40^{0}C	Dış hava sıcaklığı, T_D=-5,4^{0}C	Dış hava sıcaklığı, T_D=-40^{0}C	Dış hava sıcaklığı, T_D=-5,4^{0}C
10cm gövde (λ=2W/mK) +8cm dıştan ı.y.	D1	5,49	13,86	16,82	18,65	38,61	67,74
10cm gövde (λ=2W/mK) +8cm dıştan ı.y.+3cm ı.y. iç alt döşemede	D1-a3	5,24	13,75	16,82	18,65	37,93	67,27
10cm gövde (λ=2W/mK) +8cm dıştan ı.y.+3cm ı.y. iç üst döşemede	D1-b3	3,72	13,11	16,81	18,65	34,11	64,51
10cm gövde (λ=2W/mK) +8cm dıştan ı.y.+3cm ı.y. dış alt döşemede	D1-c3	6,92	14,46	16,83	18,66	42,60	70,44
10cm gövde (λ=2W/mK) +8cm dıştan ı.y.+8cm ı.y. dış alt döşemede	D1-c8	7,07	14,53	16,83	18,66	43,05	70,74
10cm gövde (λ=2W/mK) +8cm dıştan ı.y.+3cm ı.y. dış üst döşemede	D1-d3	6,95	14,48	16,83	18,66	42,70	70,50
10cm gövde (λ=2W/mK) +8cm dıştan ı.y.+8cm ı.y. dış üst döşemede	D1-d8	7,13	14,55	16,83	18,66	43,23	70,85
10cm gövde (λ=2W/mK) +8cm dıştan ı.y.+3cm ı.y. iç üst ve alt döşemede	D1-ab3	3,05	12,83	16,80	18,65	32,53	63,33
10cm gövde (λ=2W/mK) +8cm dıştan ı.y.+3cm ı.y. dış üst ve alt döşemede	D1-cd3	11,51	16,40	16,86	18,67	58,06	79,79
10cm gövde (λ=2W/mK) +8cm dıştan ı.y.+8cm ı.y. dış üst ve alt döşemede	D1-cd8	13,28	17,16	16,87	18,67	65,25	83,70
10cm gövde (λ=2W/mK) +8cm dıştan ı.y.+3cm ı.y. dış döşemenin bütününde	D1-cde3	11,61	16,45	16,86	18,67	58,44	80,01
10cm gövde (λ=2W/mK) +8cm dıştan ı.y.+8cm ı.y. dış döşemenin bütününde	D1-cde8	13,83	17,39	16,87	18,67	67,64	84,94
38cm gövde (λ=0,16W/mK)+8cm kirişin önünde ı.y.	D2	8,84	15,27	17,02	18,74	48,56	74,23
38cm gövde (λ=0,16W/mK)+8cm kirişin önünde ı.y.+10cm aşağıya kadar	D2-1	9,02	15,35	17,04	18,75	49,16	74,60
38cm gövde (λ=0,16W/mK)+8cm kirişin önünde ı.y.+50cm aşağıya kadar	D2-2	9,14	15,40	17,62	18,99	49,57	74,85
10cm gövde (λ=2W/mK) +8cm içten ı.y.	D3	-14,80	5,27	16,89	18,68	7,18	38,01
10cm gövde (λ=2W/mK)+8cm içten ı.y.+3 m (50cm) ı.y. üst döşemede	D3-b3	-2,43	10,51	16,89	18,68	21,35	54,32
10cm gövde (λ=2W/mK)+8cm içten ı.y.+8 m (50cm) ı.y. üst döşemede	D3-b8	-3,67	9,98	16,89	18,68	19,23	52,45
10cm gövde (λ=2W/mK)+8cm içten ı.y.+3cm (50cm) ı.y. alt döşemede	D3-a8	-15,46	4,99	16,89	18,68	6,76	37,28

KAYNAKLAR

1. Heindel, W., Krec, K., Panzhauser, E., Sigmund, A., *Wärmebrücken: Grundlagen, Einfache Formeln, Wärmeverluste, Kondensation, 100 Durchgerechnete Baudetails,* Wien: Springer Verlag, 1987.

2. Garratt, J., Nowak, F., *Tackling condensation:a guide to the causes of, and remedies for surface condensation and mould in traditional housing.* Watford: Building Research Establishment, 1991.

3. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. *Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği,* 2008. [Erişim: 25.02.2016] https://www.csb.gov.tr

4. Altun, M.C.,Yapı Elemanları Birleşim Bölgelerinin Isıl ve Nem ile İlgili Performansı, *I. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi, Kongre Bildiriler Kitabı*, Cilt I, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, İstanbul, 09-11 Ekim 2002, ss. 224-235.

5. Hauser, G., Stiegel, H., *Wärmebrücken-Atlas für den Holzb*au, Berlin: Bauverlag, 1992.

6. Hauser, G., Stiegel, H., *Wärmebrücken Atlas für den Mauerwerksbau,* Wiesbaden: Bauverlag, 1993

7. Analysis of Thermal Behaviour of Building Constructions with Heat and Vapour Bridges http://help.antherm.eu/ [Erişim: 25.02.2016]

8. ASHRAE, "*ASHRAE Handbook – Fundamentals*", American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, 2011.

9. DIN 4108, *Wärmeschutz im Hochbau*, Teil 5, Deutsches Institut für Normung e.V., 1981, pp.58

10. ISO 10211-1, *Thermal Bridges in Building Construction-Heat Flows and Surface Temperatures-Part1:General Calculation Methods*, ISO, Genève, 1995.

11. TS825, *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları,* Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2009.

12. **http://www.mgm.gov.tr/** [Erişim: 25.02.2016]

13. Künzel H. M., Indoor Relative Humidity in Residential Buildings – A Necessary Boundary Condition to Assess the Moisture Performance of Building Envelope Systems, 2010

14. U.S. Department of Housing and Urban Development Washington, DC, Office of Policy Development and Research. (Aralık 2010). Monitoring of Internal Moisture Loads in Residential Buildings. https://www.huduser.gov [Erişim: 25 Şubat 2016]

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

BİTKİLENDİRİLMİŞ CEPHE SİSTEMLERİNİN FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDEKİ ISIL PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Araş. Gör. Elif Yüksel[a]
GTÜ Mimarlık Fakültesi Çayırova, Gebze, Kocaeli, 41400
Prof. Dr. A. Nil Türkeri[b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin dördüncü değerlendirme raporuna göre son yüzyılda dünyadaki sıcaklıklar ortalama 0.75°C artmıştır. 21.yüzyılın sonuna kadar ise sıcaklık değerlerinin 1980'lere göre 1.8-4°C arasında artacağı belirtilmektedir. Dış hava sıcaklıklarının artmasına neden olan 2 önemli faktör vardır. Bunlardan biri, yoğun kentleşmeden dolayı yeşil alanların azalması ve bu alanların yerini koyu renkli, yansıtıcılık değeri düşük yüzeylerin, çatı, cephe ve yol kaplama malzemelerinin alması sonucu oluşan kent ısı adası etkisidir. Diğer bir faktör de yoğun kentleşme sonucu ortaya çıkan fosil yakıt tüketiminin neden olduğu sera etkisidir. Sera etkisinin azaltılması için fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve/veya enerji tüketimlerinin azaltılması gerekmektedir. Enerji tüketimlerinin azaltılmasında dünyada bazı ülkelerde enerji etkin sistemler olarak kullanılan bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin bina kabuğunun ısıl performansının iyileştirilmesindeki katkılarını inceleyen çeşitli sayısal ve deneysel çalışmalar bulunmaktadır. Ancak ülkemizde bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ısıl performasının deneysel olarak ölçüldüğü ve değerlendirildiği herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ülkemiz gerçek hizmet koşullarındaki ısıl performansının deneysel olarak ölçülmesi için bir çalışma başlatılmıştır. Çalışma kapsamında, farklı iklim koşullarında, farklı bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ısıl performanslarının deneysel ve sayısal yöntemlerle ortaya koyulduğu çalışmalar incelenmiştir.
Bu bildirinin amacı, son 20 yıldır bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ısıl performansını değerlendiren çalışmaları ortaya koymak; bu çalışmaların yapıldığı konumları Köppen iklim sınıflandırılmasına gore farklı iklim bölgeleri altında toplamak ve dolayısıyla farklı iklim bölgelerinde, farklı yönlerde, farklı bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin (kafes sistem, panel sistem, keçe sistem, cephe önünün saksılarla bitkilendirildiği sistem) ısıl performanslarını karşılaştırmalı değerlendirmektir.

Anahtar sözcükler: Bitkilendirilmiş Cephe Sistemleri, Yapı Kabuğu, Isıl Performans, Yüzey Sıcaklığı, Enerji Korunumu

EVALUATION OF THERMAL PERFORMANCE OF VEGETATED FAÇADE SYSTEMS IN DIFFERENT CLIMATES

Mean ambient air temperature on earth has increased 0.75°C from 20.century until today and it is claimed that the mean ambient air temperature will increase about 1.8-4°C until the end of 21.century according to the report of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). There are two main factors causing to increase the ambient air temperature. One of these factors is urban heat island effect which is the result of replacement green areas with surfaces of roof, façade and pavement that have low albedo value. Other factor is greenhouse effect that occurs by the increment of the fossil fuels consumption through urbanization. In order to decrease greenhouse effect, usage of renewable energy sources and/or reduction of energy consumption is essential. In the literature there are several international experimental studies about the thermal performance of vegetated facade systems which are used in some countries as sustainable systems for building envelope. However, in Turkey there isn't any experimental study on which the thermal performance of vegetated facade systems has been measured and evaluated. For this reason a

[a] e-posta adresi: e.yuksel@gtu.edu.tr
[b] e-posta adresi: sahal@itu.edu.tr

phd thesis has been conducted to measure the thermal performance of the vegetated facade system in real conditions. As part of this conference paper, experimental and simulation studies has analyzed in which thermal performance of different vegetated façade systems are measured and assessed on different climates.
The aim of this study is to present experimental and simulation studies which are published for the last 20 years and evaluate thermal performance of vegetated façade sytems. Also it is aimed to categorize these studies under different climate groups according to the Koppen climate classification and therefore to evaluate thermal performance of different vegetated façade system types (modular trellis system, panel system, felt system and trees on building façade) with different orientations and in different climates.

Key words: Vegetated Facade Systems, Building Envelope, Thermal Performance, Surface Temperature, Energy Saving

1. GİRİŞ

Son yüzyılda dünyadaki dış ortam sıcaklıkları önemli oranda artış göstermiştir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin raporuna göre, herhangi bir önlem alınmazsa önümüzdeki yüzyılın sonuna kadar dış ortam sıcaklıklarında 4°C'ye kadar artış olacaktır. Dünyadaki dış ortam sıcaklıklarının artmasına dolayısıyla özellikle yaz aylarında insan sağlığının olumsuz yönde etkilenmesine neden olan kent ısı adası etkisi ve sera etkisinin azaltılması için çeşitli önlemler alınması gerekmektedir. Yeşil alanların/ yüzeylerin arttırılarak kent ısı adası etkisinin azaltılmasındaki ve cephe yüzey sıcaklıklarının azaltılarak soğutma enerjisi tüketimlerinin indirgenmesindeki faydalarından dolayı dünyada bazı ülkelerde enerji etkin sistemlerden biri olarak kullanılan bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ısıl performansının ölçüldüğü çeşitli bilimsel çalışmalar bulunmaktadır. Türkiye'de de iklim değişikliğine neden olan seragazı emisyonları artmaktadır. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin dördüncü değerlendirme raporunda, 21. yüzyılın sonuna doğru Türkiye'de dış ortam sıcaklıklarında 2.5°C - 4°C'lik bir artış olacağı öngörülmektedir. Türkiye, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılması amacıyla 2020 yılına kadar karbondioksit emisyonlarını %7 oranında sınırlandırmayı hedeflemektedir. Ancak, yurtdışında bazı ülkelerde enerji tüketimlerinin azaltılmasında kullanılan bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin Türkiye'deki ısıl performansının ölçüldüğü ve değerlendirildiği bir çalışma bulunmamaktadır. Bu amaçla, bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ısıl performansının ülkemiz gerçek hizmet koşullarında deneysel olarak ölçülmesi için bir çalışma başlatılmıştır. Bu bildiride, cephe yüzey sıcaklıklarının ve binalarda enerji tüketimlerinin azaltılması bakımından bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin faydalarını sayısal ve deneysel olarak ortaya koyan çalışmalar farklı iklim bölgeleri altında toplanarak irdelenmiştir.

2. BİTKİLENDİRİLMİŞ CEPHE SİSTEMİ

Bitkilendirilmiş cephe sistemleri bina cephesine bütünleşik olarak oluşurulan, cephe sistem bileşeni gibi davranan, kaplama performansı göstermesi beklenilen ve opak cephe kaplamasına alternatif olarak oluşturulan sistemlerdir. Bitkilendirilmiş cephe sistemleri, katmanlaşma modellerindeki farklılıklar, kullanılan bitki tipi, büyüme ortamının konumu ve türü vb. özellikleri göz önünde bulundurularak çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Literatürde en çok kullanılan sınıflandırmaya göre bu sistemler "Yeşil Cephe Sistemleri (Green Facade Systems)" ve "Canlı Duvar Sistemleri (Living Wall Systems)" olmak üzere 2 ana başlık altında toplanmaktadır **[1].**

Yeşil Cephe Sistemleri

Sarkık yerörtücü ve/veya sarmaşık bitki türleri ile oluşturulan sistemlerdir. Ek taşıyıcı strüktürün kullanıldığı ve kullanılmadığı farklı alternatiflerden oluşmaktadır. Bazı uygulamalarda bitki zemindeki toprakta, bazılarında bina önündeki konteyner veya saksılarda, bazı uygulamalarda ise cephenin farklı kotlarındaki saksılarda büyümektedir **[2].** Yeşil cephe sistemleri 2 başlıkta toplanabilir.

a. Geleneksel yeşil cephe sistemleri/ Doğrudan sistemler (traditional green facade): Herhangi bir ek strüktür kullanılmadan doğrudan bina cephesine bitkilerin tutunmasıyla oluşur. Bitki, zeminde büyüyüp yukarıya doğru gelişebileceği gibi, üst kat döşemesinden veya çatıdan aşağıya doğru sarkarak da gelişebilir **[3,4].**

b. Çift kabuk yeşil cephe sistemleri/ Dolaylı sistemler (double-skin green facade): Geleneksel sistemlerde bina strüktürü zamanla zarar gördüğü için ek bir taşıyıcı elemana gereksinim duyulmuştur ve çift kabuk yeşil cephe sistemleri üretilmiştir **[5].** Bitki, zeminde büyüyüp yukarıya doğru gelişebileceği gibi, üst kat döşemesinden aşağıya doğru sarkarak da gelişebilir **[6].** Kendi içerisinde 3'e ayrılır:

- **modüler kafes sistemler** (modular trellis system): Galvanize ve hafif metal kafes elemanların üzerinde sarmaşık bitkilerin büyüdüğü sistemlerdir. Metal kafesler doğrudan cepheye veya cepheden bağımsız şekilde zemine monte edilir **[6,7].**
- **kablo sistemler** (wired system): Yüksek çekme dayanımlı ve hafif çelik kabloların cephe önüne veya üzerine monte edilmesi ve üzerinde sarmaşıkların büyümesiyle oluşan sistemleridir. Hızlı gelişen sarmaşıklar için kullanılır **[6,7].**
- **ağ sistemler** (mesh system): Çekme dayanımı yüksek hafif çelik ağların bina cephesine monte edilmesi ve üzerinde sarmaşıkların büyümesiyle oluşan sistemlerdir. Yavaş gelişen sarmaşıklar için de kullanılabilir. Kablo sistemlere göre daha esnektir ve daha fazla tasarım alternatifi oluşturmaktadır **[6,7].**

Canlı Duvar Sistemleri

Önceden veya uygulama alanında bitkilendirilen plastik, genleştirilmiş polistren, metal gibi panellerin ve jeotekstil keçe veya turba yosunu gibi malzemelerin bina cephesine monte edilmesiyle oluşturulan sistemlerdir **[6].** Canlı duvar sistemleri düşey olarak gelişemeyen çalı ve yer örtücü türündeki bitkiler ile cephenin kaplanmasını sağlayan sistemlerdir **[8].** Bu sistemlerde genellikle bitkilerin sulama ve besin ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için otomatik sulama sistemi kullanılmaktadır **[9].** Canlı duvar sistemleri 2 alt sistemden oluşmaktadır.

a. Panel sistemler (modular panel system): İçerisinde büyüme ortamı (toprak, köpük, perlit, mineral yün vs.) ve bitki bulunan modüllerin veya saksıların taşıyıcı bir elemana veya doğrudan duvara monte edildiği sistemlerdir **[1,9].**

b. Keçe sistemler (felt system): Bu sistemlerde jeotekstil keçe veya turbo yosunu gibi toprak kullanımı gerektirmeyen büyüme ortamı malzemeleri kullanılmaktadır. Bu elemanlar bir taşıyıcı üzerinde yer alan panellere (genellikle PVC paneller kullanılmaktadır) monte edilmektedir **[8].**

3. BİTKİLENDİRİLMİŞ CEPHE SİSTEMLERİNİN ISIL PERFORMANSININ İNCELENDİĞİ DENEYSEL VE SAYISAL ÇALIŞMALAR

Bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin binanın ısıl performansına olan katkılarının irdelendiği çalışmalar Köppen iklim sınıflandırılmasına göre A grubu (tropikal iklim), B grubu (kurak iklim),

C grubu (ılımlı-sıcak iklim) ve D grubu (karasal iklim) iklim bölgeleri altında toplanarak incelenmiştir.

1.1. Tropikal İklim Bölgesine (A Grubu) İlişkin Çalışmalar

Tropikal iklimde (Köppen iklim sınıflandırmasına göre "A" iklimleri kuşağındaki iklim bölgeleri) bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ısıl performansına ilişkin birisi sayısal ikisi deneysel olmak üzere 3 farklı çalışma gerçekleştirilmiştir. Bitkilendirilmiş ve referans cepheye ait ısıl performans ölçümlerinin yapıldığı çalışmaların biri güney cephesinde ikisi batı cephesinde gerçekleştirilmiştir. Bitkilendirilmiş cephe sistemi tipi olarak kafes sistem, panel sistem ve keçe sistem kullanılmıştır. Çalışmaların tümü sıcak dönemde gerçekleştirilmiştir. Rahman vd. (2011), sıcak dönemde batı cephesi kafes sistem yöntemiyle bitkilendirilmiş bir cephenin dış yüzey sıcaklıklarında referans cepheye göre maksimum 13°C, ortalama 11°C azalma olduğunu ortaya koymuştur **[10].** Tropikal iklim bölgelerinde gerçekleştirilen çalışmalara ilişkin veriler ve referans cepheye kıyasla bitkilendirilmiş cephe dış yüzey sıcaklıklarındaki azalmalar **Çizelge 1**'de görülmektedir.

Çizelge 1: Bitkilendirilmiş Cephe Sistemlerinin Isıl Performansının Ölçüldüğü ve Hesaplandığı Deneysel ve Sayısal Çalışmaların "A" Grubu (Tropikal) İklim Bölgelerine Göre Sınıflandırılması **[10,11,12]**

KÖPPEN İKLİM SINIFI/ YER		**YAZAR, YIL**	**YÖNLENME**	**BCS TİPİ/ KATMANLAŞ. MODELİ**	**METHOD/ DENEY ZAMANI-SÜRESİ**	**SONUÇLAR** bitkilendirilmiş cephe ile referans cephe arasındaki yüzey sıcaklıkları farkları (T_{REF} -T_{BCS})	
"Aw" kışı baz. ilkbaharı kurak, tropikal iklim	**Aw** Mumbai Hindi.	Alexandri vd., 2008	**Güney**	BCS tipi ve türü: belirtilmemiş	Dinamik model Simülasyon Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **16°C**
	Aw Brezilya	Alexandri vd., 2008	**Güney**	BCS tipi ve türü: belirtilmemiş	Dinamik model Simülasyon Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **13.5°C**
"Af" her mevsimi yağışlı tropikal ya da savan iklimi	**Af** Penang, Malezya	Rahman vd., 2011	**Batı**	**Kafes Sistem**	Saha Deneyi Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **13°C** ort. **11°C**
	Af Singap.	Wong vd., 2010	**Batı**	**Panel Sistem Keçe Sistem Kafes Sistem**	Saha Deneyi Sıcak dönemde	Panel Sistem (TİP 3) **Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **11.6°C**
						Panel Sistem (TİP 4) **Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **10.9°C**
						Panel Sistem (TİP 5) **Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **10°C**
						Panel Sistem (TİP 8) **Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **9.3°C**
						Keçe Sistem (TİP 7) **Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **7.1°C**
						Kafes Sistem (TİP 2) **Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **4.4°C**

1.2. Kurak İklim Bölgesine (B Grubu) İlişkin Çalışmalar

Kurak iklimde (Köppen iklim sınıflandırmasına göre "B" iklimleri kuşağındaki iklim bölgeleri) bitkilendirilmiş cephelerin ısıl performansının ölçüldüğü az sayıda çalışma bulunmaktadır. Kurak iklim bölgesindeki çalışmalardan biri güney diğeri doğu cephesinde gerçekleştirilmiştir. Her iki çalışma da sıcak dönemde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaların birinde panel sistem kullanılmıştır; diğerinde ise kullanılan bitkilendirilmiş cephe sistem tipi belirtilmemiştir. Alexandri vd. (2008), Riyad, Suudi Arabistan'da güney cephesi bitkilendirilmiş (BCS tipi belirtilmemiş) cephenin sıcak dönemde dış yüzey sıcaklıklarının referans cepheye göre maksimum 18.7°C azaldığını simülasyon ile ortaya koymuştur **[11].** Kurak iklim bölgelerinde gerçekleştirilen çalışmalara ilişkin veriler ve referans cepheye kıyasla bitkilendirilmiş cephe dış yüzey sıcaklıklarındaki azalmalar **Çizelge 2**'de görülmektedir.

Çizelge 2: Bitkilendirilmiş Cephe Sistemlerinin Isıl Performansının Ölçüldüğü ve Hesaplandığı Deneysel ve Sayısal Çalışmaların "B" Grubu (Kurak) İklim Bölgelerine Göre Sınıflandırılması **[11,13]**

KÖPPEN İKLİM SINIFI/ YER		**YAZAR, YIL**	**YÖN LEN ME**	**BCS TİPİ/ KATMANLAŞ. MODELİ**	**METHOD/ DENEY ZAMANI-SÜRESİ**	**SONUÇLAR** bitkilendirilmiş cephe ile referans cephe arasındaki yüzey sıcaklıkları farkları (T_{REF} -T_{BCS})	
"BWh" sıcak çöl iklimi ya da sıcak kurak iklim	**BWh** Riyad, Suudi Arabis.	Alexandri vd., 2008	**Güney**	BCS tipi ve türü: belirtilmemiş	Dinamik model Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks.**18.7°C** ort.**14.3°C**
	BWh Abu Dabi, Birleşik Arap Emir.	Haggag vd., 2014	**Doğu**	**Panel Sistem**	Saha Deneyi + Simülasyon Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **13°C**

1.3. Ilımlı-Sıcak İklim Bölgesine (C Grubu) İlişkin Çalışmalar

Ilımlı-sıcak iklimde (Köppen iklim sınıflandırmasına göre "C" iklimleri kuşağında yer alan bölgeler) bitkilendirilmiş cephe ve referans cephe üzerinde gerçekleştirilmiş çok sayıda deneysel ve sayısal çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan 6'sı Cfa, 6'sı Cfb, 5'i Csa, 3'ü Cwa iklim grubunda gerçekleştirilmiştir. Bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ısıl performansına ilişkin 14'ü deneysel, 4'ü sayısal, 2'si hem sayısal hem deneysel olmak üzere toplam 22 farklı bölgede çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bitkilendirilmiş ve referans cepheye ait ısıl performans ölçümlerinin ve/veya hesaplarının 9'u güney, 6'sı batı, 4'ü doğu, 3'ü güneybatı, 1'i güneydoğu, 1'i kuzeydoğu, 1'i kuzeybatı ve 1'i kuzey cephesinde gerçekleştirilmiştir. Bitkilendirilmiş cephe sistemi tipi olarak en fazla doğrudan (geleneksel) sistem ve panel sistem, daha sonra kafes sistem (dolaylı sistem), cephe önünün saksılarla bitkilendirildiği sistem ve keçe sistem kullanılmıştır. Çalışmaların çoğu sıcak dönemde, 2'si soğuk dönemde gerçekleştirilmiştir. Mazzali vd. (2013), sıcak dönemde yaklaşık 3 ay boyunca güneybatı cephesindeki keçe sistemlerin ve doğu cephesindeki panel sistemin ve referans duvar dış yüzey sıcaklıklarını ölçmüştür. Sonuçlarda, güneybatı yönündeki keçe sistem (3 kat keçe, 5cm açık hava boşluğu) bitkilendirilmiş duvar dış

yüzey sıcaklıklarında referans cepheye (40cm beton blok üzeri dış sıva kaplı) kıyasla maksimum 20°C azalma, güneybatı yönündeki keçe sistem (1 kat keçe, 3cm kapalı hava boşluğu) bitkilendirilmiş duvar dış yüzey sıcaklıklarında referans cepheye göre (40cm boşluklu tuğla üzeri dış sıva kaplı) maksimum 16°C azalma ve doğu yönündeki panel sistem (topraklı, 5cm hava boşluğu) bitkilendirilmiş duvar dış yüzey sıcaklıklarında referans cepheye göre (30cm beton duvar) maksimum 12°C azalma olduğu görülmektedir **[14].** Ilımlı-Sıcak iklim bölgelerinde gerçekleştirilen çalışmalara ilişkin veriler ve referans cepheye kıyasla bitkilendirilmiş cephe dış yüzey sıcaklıklarındaki azalmalar **Çizelge 3**'de görülmektedir.

Çizelge 3: Bitkilendirilmiş Cephe Sistemlerinin Isıl Performansının Ölçüldüğü ve Hesaplandığı Deneysel ve Sayısal Çalışmaların "C" Grubu (Ilımlı-Sıcak) İklim Bölgelerine Göre Sınıflandırılması **[3,5,11,14,15,16,17,18,19]**

KÖPPEN İKLİM SINIFI/ YER		**YAZAR, YIL**	**YÖN LEN ME**	**BCS TİPİ/ KATMANLA Ş. MODELİ**	**METHOD/ DENEY ZAMANI-SÜRESİ**	**SONUÇLAR** bitkilendirilmiş cephe ile referans cephe arasındaki yüzey sıcaklıkları farkları (T_{REF} -T_{BCS})	
"Cfa" kışı ılık, yazı çok sıcak ve her mevsimi yağışlı iklim	**Cfa** Tokyo, Japonya	Hoyano, 1988	**Batı**	**Doğrudan (geleneksel) Sist.**	Saha Deneyi Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **13°C**
	Cfa Selanik, Yunanist.	Eumorfopolou, 2009	**Doğu**	**Doğrudan (geleneksel) Sist.**	Saha Deneyi Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **8.3°C** ort. **5.7°C**
	Cfa Yunanistan	Konteleon vd., 2010	**Kuzey Güney Doğu Batı**	**Doğrudan (geleneksel) Sist.**	Termal Model	Kuzey yönü için **Dış yüzey sıc. farkı**	maks.**1.73°C (kuzey)**
						Güney yönü için **Dış yüzey sıc. farkı**	maks.**6.46°C (güney)**
						Doğu yönü için **Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **10.53°C(doğu)**
						Batı yönü için **Dış yüzey sıc. farkı**	maks.
	Cfa Nagoya, Japonya	Koyama vd., 2013	**Güney**	**Doğrudan (geleneksel) Sist.**	Saha Deneyi Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks.**3.7°C**-**11.3°C** (Yüz. kap. oranına ve bitkiye göre değ.)
	Cfa Lonigo, İtalya	Mazzali vd., 2013	**Güney batı**	**Keçe Sistem**	Saha Deneyi Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks.**20°C** (gündüz) min. **12°C** (gündüz) **2-3°C** (gece)
	Cfa Venedi İtalya	Mazzali vd., 2013	**Güney batı**	**Keçe Sistem**	Saha Deneyi Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks.**16°C** (gündüz) **6°C** (gece)

Çizelge 3: Bitkilendirilmiş Cephe Sistemlerinin Isıl Performansının Ölçüldüğü ve Hesaplandığı Deneysel ve Sayısal Çalışmaların "C" Grubu (Ilımlı-Sıcak) İklim Bölgelerine Göre Sınıflandırılması (devamı)
[11,14,20,21,22,23,24]

KÖPPEN İKLİM SINIFI/ YER		YAZAR, YIL	YÖNLENME	BCS TİPİ/ KATMANLAŞ. MODELİ	METHOD/ DENEY ZAMANI-SÜRESİ	SONUÇLAR bitkilendirilmiş cephe ile referans cephe arasındaki yüzey sıcaklıkları farkları (T_{REF} -T_{BCS})	
"Cfb" kışı ılık, yazı sıcak, her mevsimi yağışlı iklim	**Cfb** Delft,, Hollanda	Perini vd., 2011	**Kuzey batı**	**Doğrudan (geleneksel) Sist.**	Saha Deneyi Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **2.2°C** ort. **1.2°C**
	Cfb Rotterdam Hollanda	Perini vd., 2011	**Kuzey doğu**	**Kafes Sistem**	Saha Deneyi Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **3.6°C** ort. **2.7°C**
	Cfb Benthuiz., Hollanda	Perini vd., 2011	**Batı**	**Panel Sistem**	Saha Deneyi Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	ort. **5°C**
	Cfb Londra, İngiltere	Alexandri vd., 2008	**Güney**	BCS tipi ve türü: belirtilmemiş	Dinamik model Simülasyon Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks.**9.5°C**
	Cfb Londra, İngiltere	Sternberg vd., 2010	**Batı** (Nailsea) **Güney** (Oxford) **Doğu** (Byland)	**Doğrudan (geleneksel) Sist.**	**Saha Deneyi** Sıcak ve Soğuk dönemde	Batı yönü için **Dış yüzey sıc. farkı**	maks**1.7°C**az.(yaz) maks.**0.6°C**art (kış)
						Güney yönü için **Dış yüzey sıc. farkı**	maks.**9.1°C**az. (yaz)
						Doğu yönü için **Dış yüzey sıc. farkı**	maks.**3.5°C**az(yaz) maks.**3.9°C**art.(kış)
	Cfb Londra, Sheffield	Cameron vd., 2015	**Kuzey Güney Doğu Batı** (tüm yön aynı anda)	**Dolaylı Sistem**	**Saha Deneyi** Soğuk dönemde (Deneyler polipro. **konteyner** üzerinde yapılmış)	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks.**3°C** artış
"Csa" kışı ılık, yazı sıcak ve kurak iklim	**Csa** Kaliforniya, Amerika	Akbari, 1997	**Güney batı Güney Batı**	Cephe Önünün Saksılarla Bitkilendirilmesi	**Saha Deneyi + Simülasyon** Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **12°C (güneybatı)** maks. **15°C (güney)** maks. **25°C (batı)**
	Csa Atina, Yunanis.	Papadakis vd., 2001	**Güney doğu**	Cephe Önünün Saksılarla Bitkilendirilmesi	**Saha Deneyi** Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **10.5°C**
	Csa Atina, Yunanis.	Alexandri vd., 2008	**Güney**	BCS tipi ve türü: belirtilmemiş	**Dinamik model Simülasyon** Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **15°C**
	Csa Pisa, İtalya	Mazzali vd., 2013	**Doğu**	**Panel Sistem**	**Saha Deneyi** Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **12°C** (gündüz) **3°C** (gece)
	Csa Madrid, İspanya	Olivieri vd., 2014	**Güney**	**Panel Sistem**	**Saha Deneyi** Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	ort. **25.1°C**
"Cwa" kışı kurak ve ılık, yazı çok sıcak	**Cwa** Hong Kong, Çin	Alexandri vd., 2008	**Güney**	BCS tipi ve türü: belirtilmemiş	**Dinamik model Simülasyon** Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks.**15°C**
	Cwa Hong Kong, Çin	Jim vd., 2011	**Güney**	**Panel Sistem**	**Saha Deneyi + Mat. Model** Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc.**	**8.83°C** azalma
	Cwa Hong Kong, Çin	Cheng vd., 2010	**Batı**	**Panel Sistem**	**Saha Deneyi** Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **16°C**

1.4. Karasal İklim Bölgesine (D Grubu) İlişkin Çalışmalar

Karasal iklimde (Köppen iklim sınıflandırmasına göre "D" iklimleri kuşağında yer alan bölgeler) 6 farklı bölgede gerçekleştirilen çalışmalarda çoğunlukla matematiksel modeller kullanılmıştır ve bu modellerin bir kısmının sonuçlarının saha denyeleri ile validasyonu yapılmıştır. Bitkilendirilmiş cephe ve referans cepheye ait ölçümlerin ve hesaplamaların çoğunlukla güney cephe için gerçekleştirildiği görülmektedir. Bitkilendirilmiş cephe sistem tipi olarak çoğunlukla doğrudan sistemlere ait çalışmların olduğu görülmektedir. Alexandri vd. (2008), güney cephesi bitkilendirilmiş (sistem tipi belirtilmemiş) beton duvarın dış yüzey sıcaklıklarını farklı şehirler ve sıcak dönem için (Haziran) simülasyon programı ile hesaplamıştır. Sonuçlar, bitkilendirilmiş cephede dış yüzey sıcaklıklarında referans cepheye kıyasla Pekin için maksimum 14.5°C, Montreal için 12°C, Moskova için 9.8°C azalma olduğunu ortaya koymuştur **[11].** Karasal iklim bölgelerinde gerçekleştirilen çalışmalara ilişkin veriler ve referans cepheye kıyasla bitkilendirilmiş cephe dış yüzey sıcaklıklarındaki azalmalar **Çizelge 4**'de görülmektedir.

Çizelge 4: Bitkilendirilmiş Cephe Sistemlerinin Isıl Performansının Ölçüldüğü ve Hesaplandığı Deneysel ve Sayısal Çalışmaların "D" Grubu (Karasal) İklim Bölgelerine Göre Sınıflandırılması **[11,25,26,27]**

KÖPPEN İKLİM SINIFI/ YER		**YAZAR, YIL**	**YÖNLENME**	**BCS TİPİ/ KATMAN. MODELİ**	**METHOD/ DENEY ZAMANI-SÜRESİ**	**SONUÇLAR** bitkilendirilmiş cephe ile referans cephe arasındaki yüzey sıcaklıkları farkları (T_{REF} -T_{BCS})	
"Dwa" kışı şiddetli ve kurak, yazı uzun	**Dwa** Pekin, Çin	Di, vd., 1999	**Batı**	**Doğrudan Sistem**	Saha Deneyi + Matematiksel Model Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **16°C**
	Dwa Pekin, Çin	Alexandri vd., 2008	**Güney**	BCS tipi ve türü: belirtilmemiş	Dinamik model Simülasyon Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **14.5°C**
"Dfa" kışı şiddetli, yazı uzun ve sıcak, her mevsimi yağışlı iklim	**Dfa** Şikago Amerika	Susorova vd., 2013	**Güney**	**Doğrudan Sistem**	Saha Deneyi + Mat. Model Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks. **7.9°C** ort.**0.4-1.6°C** (4güne ait ort. değer aralığı)
	Dfa Şikago Amerika	Susorova vd., 2014	**Kuzey Güney Doğu Batı**	**Doğrudan Sistem**	Saha Deneyi + Matematiksel Model Sıcak dönemde	Kuzey yönü için **Dış yüz.sıc. fark**	maks. **2.2°C**
						Güney yönü için **Dış yüz.sıc. fark**	maks. **0.9°C**
						Doğu yönü için **Dış yüz.sıc. fark**	maks. **12.6°C** (tepe sıc.değ. f.)
						Batı yönü için **Dış yüz.sıc. fark**	maks. **11.1°C** (tepe sıc.değ. f.)
"Dfb" kışı şiddetli, yazı kısa ve sıcak, her mevsim yağışlı	**Dfb** Montreal, Kanada	Alexandri vd., 2008	**Güney**	BCS tipi ve türü: belirtilmemiş	Dinamik model Simülasyon Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks.**12°C**
	Dfb Moskova, Rusya	Alexandri vd., 2008	**Güney**	BCS tipi ve türü: belirtilmemiş	Dinamik model Simülasyon Sıcak dönemde	**Dış yüzey sıc. farkı**	maks.**9.8°C** ort.**5.6°C**

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ısıl performansları iklim bölgesine, kullanılan bitkilendirilmiş cephe sistemi tipine ve yönlenmeye göre değişmektedir. Tüm iklim bölgelerinde gerçekleştirilen çalışmalara ilişkin veriler ve sonuçlar Tablo 1'de görülmektedir. İklim bölgelerine göre sonuçlar özetlenecek olursa; bitkilendirilmiş cephe sistemleri tropikal iklim bölgelerinde duvar dış yüzey maksimum sıcaklıklarını referans cepheye kıyasla 4.4°C-16°C, soğutmadan kaynaklanan enerji tüketimini %10.3-%68, cepheden belirli uzaklıktaki bir noktadaki maksimum dış ortam sıcaklıklarını 2.1°C-4.4°C azaltmaktadır. Bitkilendirilmiş cephe sistemleri kurak iklim bölgelerinde duvar dış yüzey maksimum sıcaklıklarını referans cepheye göre 13°C-18.7°C, soğutmadan kaynaklanan enerji tüketimini %20.5-%37 oranında azaltmaktadır. Bu sistemler, ılımlı-sıcak iklim bölgelerinde duvar dış yüzey maksimum sıcaklıklarını referans cepheye kıyasla 1.7°C-25°C, iç yüzey sıcaklıklarını 0.65°C-6.4°C, iç ortam sıcaklıklarını 0.25°C-4.2°C, soğutmadan kaynaklanan enerji tüketimini %4.6-%43, cepheden belirli uzaklıktaki bir noktadaki maksimum dış ortam sıcaklıklarını 0.05°C-4.5°C azaltmaktadır. Bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin ılımlı-sıcak iklim bölgelerinde soğuk dönemde duvar dış yüzey sıcaklıklarını 0.6°C-3.9°C arttırdığı görülmektedir. Karasal iklim bölgelerinde ise bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin referans cepheye göre duvar dış yüzey sıcaklıklarını 0.9°C-16°C, soğutmadan kaynaklanan enerji tüketimini %28-%52, cepheden belirli uzaklıktaki bir noktadaki maksimum dış ortam sıcaklıklarını 2.6°C-16.6°C azalttığı görülmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre dış yüzey sıcaklıkarındaki maksimum azalmalar açısından bakıldığında en etkin sonuçların sıcak-ılımlı iklimlerde elde edilği görülmektedir. Daha sonra sırasıyla kurak iklim, tropikal iklim ve karasal iklim bölgelerinde bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin duvar dış yüzey sıcaklıklarının azaltılmasında etkin olduğu görülmektedir. Cepheye belirli bir mesafedeki dış ortam sıcaklıklarının azaltılmasında ise en etkin sonuçlar karasal iklim bölgesinde görülmektedir.

İklim bölgesinden ve yönlenmeden bağımsız olarak farklı bitkilendirilmiş cephe sistemi tiplerinin ısıl performans açısından etkisine bakıldığında; en etkin sistemlerin panel sistemler, keçe sistemler ve cephe önündeki saksılarda bitkilerin geliştiği sistemler olduğu görülmektedir. Geleneksel/ doğrudan ve dolaylı/ kafes sistemlerin daha az etkin sistemler olduğu anlaşılmaktadır. Wong vd'nin 2010 yılındaki çalışmasında aynı çevresel etkiler altında farklı tip bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin dış yüzey sıcaklığı ölçüm sonuçlarına göre en etkin sistemlerin panel sistemler olduğu, daha sonra keçe sistemlerin geldiği ve kafes/dolaylı sistemlerin ısıl performans bakımından etkinliği en az olan sistemler olduğu görülmektedir.

Bitkilendirilmiş cephe sistem tipi ve iklim bölgesinden bağımsız olarak bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin farklı yönlerdeki etkinliği açısından bakıldığında; en etkin sonuçların güney yarımkürede yaz aylarında gerçekleştirilen çalışmalarda güney, batı ve güneybatı yönlerinde çıktığı, daha sonra doğu ve güneydoğu yönlerindeki ölçümlerin etkin olduğu görülmektedir. Dış yüzey sıcaklıklarındaki azalmalar bakımından en az etkinliği kuzey, kuzeybatı ve kuzeydoğu yönündeki uygulamaların ortaya koyduğu görülmektedir. Konteleon vd.'nin 2010 yılındaki çalışmasında aynı dönemlerde, aynı tiplerin farklı yönlenmelerine ait ölçüm sonuçlarına bakıldığında dış yüzey sıcaklıklarındaki azalmalar bakımından en etkin yönlenmenin batı yönü olduğu ve bunu sırayla doğu, güney ve kuzey yönlerinin takip ettiği görülmektedir. Sternberg vd.(2010)'nin çalışmasında en etkin sonuçlar güney yönünde, Susorova vd.(2014)'nin çalışmasında ise en etkin sonuçlar doğu ve batı yönlerinde elde edilmiştir.

Türkiye, dış ortam sıcaklıklarının artmasına neden olan seragazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik küresel çabalara katkıda bulunmak amacıyla hazırladığı "Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi" kapsamında enerji sektöründe 2020 yılına kadar %7 karbondioksit emisyon sınırlandırma potansiyeli hedeflemektedir. Bu nedenle, Türkiye'nin dış ortam sıcaklıklarının

olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik olarak CO_2 emisyonlarının sınırlandırılması hedeflerine ulaşmasında enerji etkin sistemlerden biri olarak kullanılabilecek olan bitkilendirilmiş cephe sistemlerinin Türkiye'deki ısıl performans analizlerinin yapılması önemli ve gerekli görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Perez, G., Rincon, L., Vila, A., Gonzalez, J., M., Cabeza, L., F., "Behaviour Of Green Facades in Mediterranean Continental Climate", Energy Conversion and Management 52, s:1861-1867, (2011).
2. Bjerre, L., A., Green Walls, 7. Semester Dissertation, Bachelor of Architectural Technology and Construction Management, VIA University College, November 2011, erişim tarihi: 25.01.2016, https://www.ucviden.dk/student-portal/files/10402327/Green_Walls.pdf
3. Perini, K., Ottele, M., Fraaij, A., L., A., Haas, E., M., Raiteri, R., "Vertical Greening Systems and the Effect on Air Flow and Temperature on the Building Envelope", Building and Environment 46 (2011) 2287-2294.
4. Manso, M., Gomes, J., C., "Green Wall Systems: A Review of Their Characteristics", Renewable and Sustainable Energy Reviews 41 (2015) 863-871.
5. Kontoleon, K., J., Eumorfopoulou, E., A., "The Effect of the Orientation and Proportion of a Plant-Covered Wall Layer on the Thermal Performance of a Building Zone" Building and Environment 45 (2010) 1287–1303.
6. GRHC. 2008, Introduction to Green Walls Technology, Benefits and Design, Green Roofs for Healthy Cities, erişim tarihi: 25.01.2016, http://greenscreen.com/docs/Education/greenscreen_Introduction%20to%20Green%20Walls.pdf
7. Perez, G., Coma, J., Martorell, I., Cabeza, F., L., "Vertical Greenery Systems (VGS) for Energy Saving in Buildings: A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews 39 (2014) 139–165.
8. Perini, K., Ottele, M., Haas, E., M., Raiteri, R., "Vertical Greening Systems, A Process Tree for Green Façades and Living Walls", Urban Ecosyst (2013) 16:265–277.
9. Hopkins, G., Goodwin, C., Milutinovic, M., Andrew, M., 2010, Feasibility Study: Living Wall System for Multi-Storey Buildings in the Adelaide Climate, erişim tarihi: 26.01.2016, www.environment.sa.gov.au
10. Rahman, A. M., A., Yeok, F., S., Amir, A., F., "The Building Thermal Performance and Carbon Sequestration Evaluation for Psophocarpus tetrogonobulus on Biofaçade Wall in the Tropical Environment", World Academy of Science, Engineering and Technology 76 2011.
11. Alexandri, E., Jones, P., "Temperature Decreases inan Urban Canyon due to Green Walls and Green Roofs in Diverse Climates", Building and Environment 43 (2008) 480-493.
12. Wong, N., H., Tan, A., Y., K., Chen, Y., Sekar, K., Tan, P., Y., Chan, D., Chiang, K., Wong, N., C., "Thermal Evaluation of Vertical Greenery Systems for Buildings Wall", Building and Environment 45 (2010) 663–672.
13. Haggag, M., Hassan, A., Elmasry, S., "Experimental Study on Reduced Heat Gain Through Green Facades in a Heat Load Climate", Energy and Buildings 82 (2014) 668-674.
14. Mazzali, U., Peron, F., Romagnoni, P., Pulselli, R., M., Bastianoni, S., "Experimental Investigation on The Energy Performance of Living Walls in a Temperate Climate", Building and Environment 64 (2013) 57-66.
15. Hoyano, A., "Climatological Uses of Plants for Solar Control and the Effects on the Thermal Environment of a Building", Energy and Buildings, 11 (1988) 181-199.
16. Eumorfopoulou, E., A., Kontoleon, K., J., "Experimental Approach to the Contribution of Plant Covered Walls to the Thermal Behaviour of Building Envelopes", Building and Environment 44 (2009) 1024-1038.
17. Koyama, T., Yoshinaga, M., Hayashi, H., Maeda, K., Yamauchi, A., "Identification Of Key Plant Traits Contributing to the Cooling Effects of Green Façades Using Freestanding Walls", Building and Environment 66 (2013) 96-103.
18. Sternberg, T., Viles, H., Cathersides, A., Edwards, M., "Dust Particulate Absorption By İvy (Hedera Helix L) On Historic Walls İn Urban Environment", Science of the Total Environment 409 (2010) 162-168.
19. Cameron, R., W., F., Taylor, J., Emmett, M., "A Hedera Helix Green Facade- Energy Performance and Saving Under Different Maritime-Temperate, Winter Weather Conditions", Building and Environment 92 (2015) 11-121.
20. Akbari, H., Kurn, D., M., Bretz, S., E., Hanford, J., W., "Peak Power and Cooling Energy Savings of Shade Trees", Energy and Buildings 25 (1997) 139-148.
21. Papadakis, G., Tsamis, P., Kyritsis, S., "An Experimental Investigation of the Effect of Shading with Plants for Solar Control of Buildings", Energy and Buildings 33 (2001) 831-836.
22. Olivieri, F., Olivieri, L., Neila, J., "Experimental Study of the Thermal-Energy Performance of an Insulated Vegetal Facade Under Summer Conditions in a Continental Mediterranean Climate", Building and Environment 77 (2014) 61-76.
23. Jim, C., "Thermal Performance of Climber Greenwalls. Solar Irradiance and Orientation", Applied Energy 154,2015.
24. Cheng, C., Y., Cheung, K., K., S., Chu, L., M., "Thermal Performance of a Vegetated Cladding System on Facade Walls", Building and Environment 45 (2010) 1779-1787.
25. Di, H., F., Wang, D., N., "Cooling Effect of Ivy on a Wall", Experimental Heat Transfer, 12:235-245, 1999.
26. Susorova, I., Angulo, M., Bahrami, P., Stephens, B., "A Model of Vegetated Exterior Facades for Evaluation of Wall Thermal Performance, Building and Environment, 2013.
27. Susorova, I., Azimi, P., Stephens, B., "The Effects of Climbing Vegetation on the Local Microclimate, Thermal Performance, and Air İnfiltration of Four Building Facade Orientations" Building and Environment 76 (2014) 113-124.

Yapı Fiziği Derneği
Association of Building Physics

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

KONUT BİNALARINDA BALKON BOŞLUKLARININ FARKLI YAPI ELEMANLARIYLA KAPATILMASININ BİNALARIN ISITMA YÜKÜNÜN AZALTILMASINA KATKISI, İSTANBUL ÖRNEĞİ

Mim. Pelin Tuğba TOPLU[1]
Y.Doç.Dr. Fatih YAZICIOĞLU[2]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Binalar; barınma, çalışma, depolama gibi amaçlar için kullanılmak üzere inşa edilen, kapalı çok bölmeli yapılardır. Binalarda dış ortam ile iç ortamı birbirinden ayıran yapı elemanlarına yapı kabuğu denir. Yapı kabuğu; dış duvar & pencereler, çatı ve zemine oturan döşeme olmak üzere 3 adet yapı elemanından oluşmaktadır. Bunlar arasında dış mekan ile etkileşim alanı en fazla olanı cephelerdir. Bu nedenle cepheler binaların performanslarının temel belirleyicileridir.

*Konutlar, insanların ikamet ettikleri binalardır. TUİK 2014 verilerine göre İstanbul ili Türkiye nüfusunun %18,5'unu barındırmaktadır. Bu veriden çıkarılacak sonuç; İstanbul'da yoğun bir konut dokusunun bulunduğudur. Enerji Tasarrufu Derneği (Etader) verilerine göre Türkiye'de harcanan enerjinin %40'ı konutlarda tüketilmektedir **[1]**. Günümüzde inşa edilen yeni konutlar yönetmelik ve standartlara uygun değerleri sağlayacak şekilde detaylandırılmaktadır. Ancak İstanbul'da yenilenmeyi bekleyen büyük bir konut stoku bulunmakta ve bunlardaki detaylar yönetmelik ve standartlarda belirlenen değerleri sağlamamaktadır. Bu nedenle tamamının yenilenmesinin uzun zaman alacağı mevcut konut stoklarının sürdürülebilirlik performansının iyileştirilmesi için bina cephelerinde; mantolama, pencere doğramalarının değiştirilmesi, balkonların kapatılması gibi yöntemler uygulanmaktadır. Bu çalışmada yukarıda sıralanan iyileştirme alternatiflerinden balkon kapama yöntemleri incelenmiştir. Farklı balkon kapama yöntemlerinin bina ile bütünlenmesindeki detay çözümlerinin analizi yapılmış, performans değerlendirmesi ile farklı yöntemlerin olumlu ve olumsuz yönleri sıralanmış ve özellikle sürdürülebilirlik performansı ile ilgili en uygun çözümün tespit edilmesine çalışılmıştır.*

Anahtar sözcükler: Sürdürülebilirlik, Balkon kapama sistemleri, Cephe

ABSTRACT

Buildings are closed multi-storey structures which are built to be used for shelter, working, storage etc. Building envelope is a construction element which separates indoor and outdoor environment. Building envelope is consist of 3 structural elements: exterior wall & windows, roof and grade floor. Among them, façade has the biggest area which interacts with the outdoor. Therefore, the facades are the main determinants of building performance.

*Houses are the buildings where people reside. According to TUİK 2014 data, İstanbul has 18.5 % of Tukey's population. In addition to this, according to ETADER data, houses consume 40 % of the energy that is consumed in Turkey **[1**. Nowadays, new constructions detailed in accordance with standards and regulations. However, there is very big old building stock in İstanbul and many of them aren't suitable for the regulations. Insulation of exterior wall, changing window frame, closing the balcony are the retrofit of sustainable performance for the building which is not reconstruct in a short time. In this study, closing the balcony method is analyzed. Effect of sustainable performance of the building is researched in different method of closing balcony and positive and negative effects of the methods are defined and the suitable one is tried to find for retrofitting the sustainable performance*

Key words: Façade, Closing Balcony, Sustainability

[1] e-posta adresi: toplu@itu.edu.tr
[2] e-posta adresi: fyazicioglu@gmail.com

1.GİRİŞ

İnsanların beslenme, giyinme gibi temel ihtiyaçlarından biri olan barınma ihtiyacını güvenli ve sağlıklı şekilde karşılayacak özellikleri taşıması gereken ve belli bir mekânsal büyüklükteki yapılara konut denmektedir **[2].** TÜİK verilerine göre konutlar içerisinde hafta içi sadece uykuya ayrılan süre ortalama 8 saat 35 dakika, hafta sonları 9 saat 20 dakika, yemek ve diğer kişisel bakım faaliyetleri için 2 saat 45 dakika ve hane halkı ve aile bakımı için ise 2 saat 35 dakika ve 2 saat 33 dakika da istihdam için kullanıyor **[3].** Yani konut yapıları; içinde uzun süre faaliyet gerçekleştirilen binalar olması nedeniyle yapı elemanlarından en çok performans göstermesi beklenen bina tipleridir.
Dış ortam ile iç ortam arasındaki ilişkiyi denetleyen yapı elemanlarına yapı kabuğu denmektedir **[4].** Bu nedenle yapı kabuklarından çeşitli performanslar beklenmektedir. Yapı kabuklarından beklenen performanslardan ilki taşıyıcılık performansıdır. Taşıyıcılık bir nesnenin var olabilmesi için en öncelikli koşuldur ve nesnenin taşıyıcı bileşeni nesne üzerine gelen tüm yükleri karşılamalıdır. Beklenen ikinci performans ısıl performanstır. Isıl performans iç ortam ile dış ortam arasındaki ısı geçirimi denetlenerek iç ortamda ısıl konforun sağlanmasıdır. Beklenen üçüncü performans ses geçirimsizliktir. Dış ortam veya iç ortamdaki sesin birbirine karışması, kendi ortamından dışarı çıkması engellenmeli veya ortamlar arası geçen ses düzeyi azaltılmadır. Beklenen dördüncü performans su geçirimsizlik performansıdır. Yapı kabuğu dış ortamda bulunan suyun içeri girmesini engellemelidir. Yapı kabuğundan beklenen son performans ise sürdürülebilirlik performansıdır. Yapı kabuğu binanın derisi görevini üstlenmesinden dolayı dış ortam ile iç ortam arasındaki enerji kazanç ve kayıplarını etkiler. Bu nedenle yapı kabuğunun sürdürülebilir olması enerji kayıplarını önleyeceği gibi doğal kaynakların azalmasını da etkiler. **[5].**

Balkon genel olarak ön cephesi korkuluklarla çevrili, üstü kapalı, yan cepheleri açık veya kapalı bina hacimleridir **[4].** Balkonlar, duvar ve döşemeleri yalıtımsız olması durumunda, iç mekândaki ısıyı dış mekâna ilettiği için enerji ve ısınma ihtiyacını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu özellikteki balkonlar yalnızca enerji kaybettirmekle kalmayıp, soğuk ve sıcak havanın karşılaşmasından, yapı elemanları bünyesinde yoğuşma oluşmasına neden olabileceğinden kullanıcını konforunu da olumsuz etkilemektedir **[6].**

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin 2010 verilerine göre İstanbul ilinde 2.291.228 konut vardır ve halen yapılmakta olan birçok konut binası bulunmaktadır **[7].** Bu konutlardan eski olanları bugün uygulanan yönetmeliklere uygun değildirler. Bu nedenle eski konutların yenilenmesi için çeşitli kanun ve yönetmelikler çıkarılmıştır. İstanbul ili hâlihazırda birçok yapı stoku bulundurması ve 1. Derece deprem kuşağında yer alması nedeniyle "Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun" uygulandığı illerin başında gelmektedir. Bu sayede birçok konut yenilenmiştir ve yenilemeler devam etmektedir. Ancak bu yenilemenin yanı sıra hâlihazırda var olan ancak yenilenmeye finansal, sosyal, kültürel, afet riski altında olmaması nedeniyle uygun olmayan yapı stoku da bulunmaktadır. Bu yapılar için ise çeşitli iyileştirilmeler yapılmaktadır. Bu nedenle tamamının yenilenmesinin uzun zaman alacağı mevcut konut stoklarının sürdürülebilirlik performansının iyileştirilmesi için bina cephelerinde; mantolama, pencere doğramalarının değiştirilmesigibi yöntemler uygulanmaktadır. Balkonların kapatılması yöntemi, enerji kullanımını etkilemesi nedeniyle ülkemizde kullanılmaktadır. Ancak binaların mimari projelerini, cephelerini ve ağırlıkları dolayısıyla statik projelerini etkilemesi dolayısıyla ilgili belediyeler ve gerekli uzmanların onayı olmadan yapılması sakıncalı ve yasal değildir. Bu çalışmada, İstanbul'da bulunan bir binadaki balkonun sürdürülebilirlik performansı ile alternatif olarak balkona monte edilmiş üç farklı balkon kapama siteminin sürdürülebilirlik performansı karşılaştırılacaktır.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada ilk olarak literatür araştırması yapılarak; konut, yapı kabuğu, balkon, sürdürülebilirlik performansı konuları araştırılmıştır. İkinci olarak inceleme alanı seçilmiştir. İnceleme alanı seçilmesi için İstanbul'daki konut dokusu araştırılmıştır Beylikdüzü ilçesi Büyükşehir mahallesinde binaların yaklaşık 30 yıllık binalar olduğu ve kentsel dönüşüm yapılması istenmediği gözlem sonucu tespit edilmiştir. Üçüncü olarak Büyükşehir mahallesinde balkonlarda kullanılan farklı balkon kapama yöntemleri gözlemlenerek belirlenmiştir. Dördündü olarak bu yöntemler; çerçevesiz cam ile kapama (katlanır cam ile kapama), çift cam ile kapama (pvc doğramalı) ve panjurla kapama olarak 3 gruba ayrılmıştır. Beşinci olarak gruplanan tip balkon kapatma yöntemleri Design Builder programında modellenmiştir. Son olarak simülasyon programından elde edilen sonuçlar analiz edilip gruplandırılarak sonuç bölümü hazırlanmıştır.

3.SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Günümüzde hayatın her alanında sürdürülebilirlik kavramı öncelik kazandı. Çünkü sürdürülebilirlik; ekonomi, siyaset, sosyoloji, fiziki çevre, mimari gibi hayatın tüm alanını etkilemektedir. Aşağıda sürdürülebilirlikle ilgili tanımlar yer almaktadır.
Sürdürülebilirlik; doğal kaynakların ve çevrenin akılcı yöntemlerle kullanılarak, bugünün ve gelecek kuşakların hak ve yararları düşünülerek kullanılması ilkesiyle ekonomik gelişmenin sağlanmasını amaçlayan çevreci bir dünya görüşüdür **[8].**

Sürdürülebilirlik; Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nca Brundtland raporunda, "Bugünün gereksinim ve beklentilerini, gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılama olanaklarını tehlikeye atmaksızın karşılamaktır." şeklinde tanımlanmıştır.

Bu tanımlarda belirtildiği gibi sürdürülebilirlik kavramı her alanı kapsamakla birlikte çalışmamızda binaların sürdürülebilirliği irdelenecektir.

Azalan doğal kaynakları gelecek nesile aktarma adına sürdürülebilirlik performansını ölçmek için çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemlerden biri de yaşam döngüsü analizidir (YDA). Yaşam döngüsü analizi; bir ürün ya da hizmetin üretiminde kullanılan hammaddelerin elde edilmesinden, ilgili tüm üretim, sevkiyat, tüketici tarafından kullanım ve kullanım sonrası atığın yönetimini de kapsayan, yaşam döngüsünün farklı aşamalarındaki çevresel etkilerini belirlemek, raporlamak ve yönetmek için kullanılan bir yöntemdir. Söz konusu çevresel etkilerden bazıları; iklim değişikliği, stratosferik ozon tabakasındaki incelme, ötrifikasyon, asidifikasyon, toksik emisyonlardır **[9].**



Şekil 1: *Yda Aşamaları**[9]***

YDA çalışmaları yaşam döngüsünün aşamalarına bağlı olarak "beşikten mezara", "beşikten kapıya", "beşikten beşiğe" ve "kapıdan kapıya" şeklinde gruplandırılabilir. "Beşikten mezara" bir ürün ya da sürecin hammadde elde edilme (beşik) süreciyle birlikte atıkların tasfiyesine (mezar) kadar olan tüm yaşam döngülerini kapsayan analiz çalışmaları için kullanılan bir tanımlamadır. "Beşikten kapıya" bir ürün ya da süreci, ham madde eldesinden ("beşik") itibaren fabrikaya taşınmasındaki aşamaya ("kapı") kadar olan süreçleri kapsar. "beşikten beşiğe" ise "Beşikten mezara" yaklaşımının en son yaşam döngüsü olan atık tasfiyesi aşamasında atıkların geri kazanımı yaklaşımıdır. "Kapıdan kapıya" bir ürün ya da sürecin tek bir aşamasına ait yaşam döngüsünün ele alındığı bir yaklaşımdır **[9].**Şekil 1'de yda yönteminin şematik olarak gösterimi bulunmaktadır.
Bir nesnenin sürdürülebilirliği yaşam döngüsü boyunca doğaya salınan CO2 miktarı ile doğrudan ilişkilidir. YDA yönteminde bir yapı için hammadde çıkarımı ve malzeme üretiminden binanın tasarım, yapım, kullanım ve bakım, yeniden kullanım ya da yıkım evrelerinde açığa çıkan CO2 salımına gömülü CO2, bina kullanım sırasında aktif olarak ortaya çıkan CO2 salımına ise kullanılan karbon denmektedir. Binanın karbon salımı sürdürülebilirliği önemli oranda etkilemesi nedeniyle incelenmektedir.
Sürdürülebilirlik performansının derecelendirmek, performansı daha iyi, çevreci yapılar oluşturmak için çeşitli sertifika sistemleri geliştirilmiştir. Bunlardan başlıcaları;

- 1990'da İngiltere'de geliştirilen BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method),
- 1998'de Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design),
- 1998'de gelişmiş ülkelerin bir araya gelmesiyle kurulan kurulan IISBE (International Initiative for Sustainable Built Environment),
- 2003'de BREEAM'den uyarlanarak Avustralya'da oluşturulan Greenstar,
- 2004'de Japonya'da ortaya çıkan CASBEE (Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency)
- 2009'da Almanya'da ortaya çıkan DGNB (Deutsche Gesellschaft fur Nachhaltiges Bauen)'dir. **[10]**

Bina kabuğu dış ortam ile iç ortam arasında filtre görevi görmesi nedeniyle sürdürülebilirlik performansını en fazla etkileyen yapı elemanıdır. Yapı kabuğu tasarımsal ve çevresel kurgusu ile enerji korunumu, ,doğal aydınlatma, havalandırma, ışık, nem, ses vb dış etkilerin kontrolünü yaparak kullanıcı konforunu etkin bir maliyet ile sağlanmasında önemli rol oynar **[11]**. Bu nedenle bina kabuğunun sürdürülebilirlik performansı yapının sürdürülebilirliği için önemli bir yere sahiptir.

4. İSTANBULDAKİ KONUTLARDA BALKON KAPATMA YÖNTEMLERİ

Balkon modernleşen şehirlerde geleneksel evlerdeki avlu görevini gören ve açık havayla ilişkiyi sağlayan; korkuluklarına, bitkiler yerleştirilen; evinin içinde olan bireyin dışarıya açılan yarı kamusal alanlarıdır. Mimari biçimlendirilişlerine göre balkonlar 3 sınıfa ayrılabilirler: Çıkma (Konsol) Balkonlar, Fransız Balkonlar, Loca (Gömme) Balkonlar- Kısmi Loca Balkonlar, Köşe Loca Balkonlar **[12].**
İncelenilen Beylikdüzü Büyükşehir mahallesinde bulunan binalarda daha çok loca balkonlar olduğu gözlemlenmiştir.

Balkonlar günümüzde çeşitli nedenlerden dolayı kapatılmaktadır. Bu nedenler: binanın sürdürülebilirlik performansı iyileştirmek, daimi kullanım alanı elde etmek, iç mekânı büyütmek, mahremiyet sağlamak, dış etkenlerden korunmadır **[12].** Günümüzde en yaygın olarak kullanılan balkon kapatma yöntemleri çerçevesiz cam(katlanır cam balkon sistemi) ile kapatma, çift cam(pvc doğramalı çift cam) ile kapatma, panjur sistemi ile kapatmaktır. Şekil 2'de kullanılan balkon kapatma yöntemleri gösterilmiştir.

Çerçevesiz cam sistemi; alüminyum profillere bağlı, üst ve alt kısımlarında 10 mm ray üzerine takılan kalınlığı 6 -10 mm arasında değişen temperli cam sistemleridir. Camlar arasına silikon takılarak kapalı durumda hava sızdırmazlığı sağlanır. Sistem raylar üzerinde camların katlanmasıyla sağlanır **[12].**
Çift cam sitemi; araştırmalar sonucunda çift cam sistemi olarak yaygın bir biçimde pvc doğramalar görülmektedir. Pvc doğrama sistemleri; pvc profil, destek sacı, conta, bağlantı elemanları, aksesuarlar, montaj malzemeleri, camdan oluşmaktadır. 60-70 mm profil genişliği olan pvc doğrama içerisine 3-4 mm iki adet cam arasına 12-16 arası hava yada argon gazı ilave edilerek oluşturulan sistemlerdir. **[13,14,15].**
Panjur sistemi; 8-14 mm kalınlığı olan sistem 2 adet alüminyum arasına xps eklenerek oluşur. Bu sistem günümüzde bir motor yardımıyla panjur kutusuna toplanmasına rağmen eski binalarda manuel olarak açılıp kapanmaktadır **[16,17].**



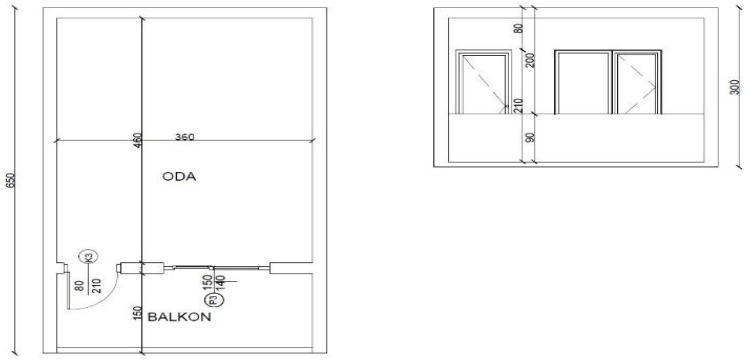
Şekil 2: *Balkon kapatma yöntemleri*

5.BALKONLU BİR KONUT HACMİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Bu çalışmada konut alanı içerisinde yer aldığını kabul ettiğimiz bir odanın balkon hacmi kapatılmadan sürdürülebilirlik performansının değerlendirilmesi ile alternatif olarak sunulan balkon kapatma sistemlerinin ilave edilerek bu sistemlerin sürdürülebilirlik performansına etkilerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

5.1. Prototipe İlişkin Parametreler

Uygulamada belirlenen prototip İstanbul ili Beylikdüzü ilçesi Büyükşehir mahallesinde düz bir arazide bulunmaktadır. Ele alınan prototip herhangi bir bina formu tarafından gölgelendirilmemektedir ve güney yönünde yönlendirilmiştir.
Belirlenen prototip 4*5 m taban alanlı bir yaşam alanı ve 4*1.5 m taban alanlı balkon hacimlerinden oluşmaktadır. Balkon cephesinde 80*210 cm'lik pvc doğramalı bir kapı ve 150*140 cm'lik pvc doğramalı çift camlı pencere bulunmaktadır. Prototip planı şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3: *Prototip Kat Planı ve Görünüşü*

Prototip bina kabuğunu oluşturan malzemelere ilişkin termofiziksel özellikler çizelge 1'de gösterilmektedir.

	Malzeme	Kalınlık(m)
Döşeme katmanı	Lamine parke	0.0125
	Şap	0.05
	Betonarme	0.15
	Alçı sıva	0.02
Duvar katmanları	Kara sıva	0.03
	Eps	0.05
	Tuğla	0.19
	Alçı Sıva	0.02

Çizelge 1: *Prototip bina kabuğu termofiziksel özellikleri*

Binada kullanılan saydam bileşen LowE çift camlı ve pvc doğramalı olup pencereye ait Up değeri 1,512 W/m2-K'dir.

5.2. Balkon Kapatılmadan Isıtma Yüklerinin Hesaplanması

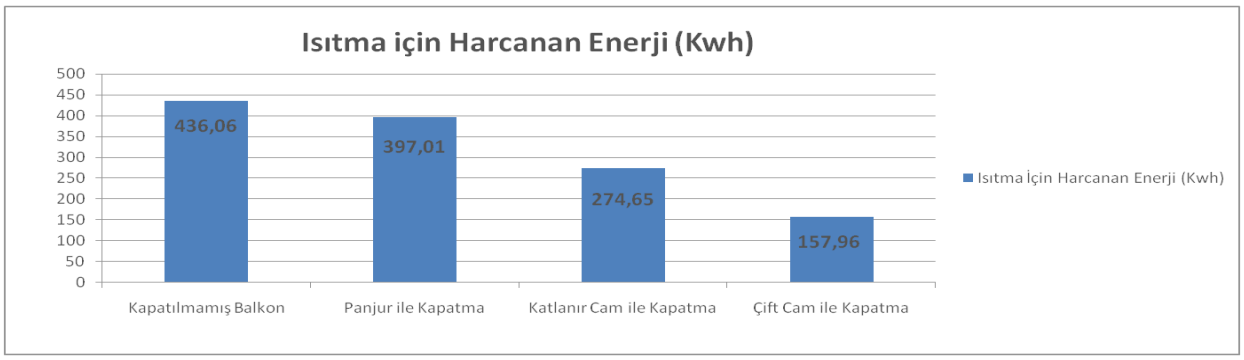
Bu çalışmada ısıtma yükleri miktarının hesaplanması için Design Builder programı kullanılmıştır. Design Builder simülasyon programı ısıl performansının hesaplamaları için ASHRAE 90.1 ile tanımlanan standartları kullanmaktadır. Prototip ısıtma yüklerinin hesaplanmasına ilişkin kabuller aşağıdaki gibidir:

- İç hava sıcaklığı konfor değeri ısıtmanın istendiği dönem için 21^{8} C, alt sınır değeri olarak 19^{8} C olarak belirlenmiştir.
- Isıtma sistemi için doğalgaz yakıtlı, sıcak sulu radyatörlü merkezi sistem seçilmiştir.
- Binanın haftanın 7 günü 24 saat kullanıldığı varsayılmıştır.
- Nem kontrolü hesaplara dahil edilmemiştir.
- Mekanik havalandırma kullanılmamış, doğal havalandırmadan yararlanılmıştır.
- Hesaplamalarda tüm mekânlarda balkon hacmi kapatılan alan bina yaşam alanı olarak kabul edilmemiş ve radyatör ilave edilmemiştir. Binanın tüm hacmi ısı kayıp ve kazanç hesaplamalarında ele alınmıştır.

Tüm bu bilgiler doğrultusunda balkon hacmi kapatılmadığında mevcut duruma ait ısıtma yükü 436.06 kwh olarak hesaplanmıştır.

5.3. Balkon Kapatma Yöntemleri İle Sürdürülebilirlik Performansının İncelenmesi

Çalışmanın bu kısmında mevcutta bulunan balon hacminin günümüzde yaygın olarak kullanılan balkon kapatma yöntemleri ilave edilerek sürdürülebilirlik performansına etkileri değerlendirilmiştir.
Alternatif 1: 6mm temperli cam ve alüminyum doğrama kullanarak çerçevesiz doğrama ilave edilen balkonun sürdürülebilirlik performansına etkisini araştırmak.
Alternatif 2: 3mm çift cam arası 12 mm argon gazı doldurulmuş ve pvc doğramalı ile kapatılan balkon hacminin sürdürülebilirlik performansına etkisini araştırmak.
Alternatif 3: Panjur sistemi ile kapatılan balkon hacminin sürdürülebilirlik performansına etkisini araştırmak.
Tespit edilen alternatif balkon kapatma yöntemleri belirlenen prototipe ayrı ayrı uygulanmış ve iç hacim için gerekli olan ısıtma yükleri yeniden hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu iç hacmin ısıtma yükleri şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4: *Farklı balkon kapatma yöntemleri kullanılan prototipin iç haciminin ısıtma yükleri*

6. SONUÇLAR

Uygulama kapsamında mevcut bir balkon ve iç oda hacmine gözlemler sonucu gruplandırılan 3 alternatif balkon kapatma öneri uygulanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda;

- 1 nolu alternatif olan çerçevesiz cam (katlanır cam sistemi) ile kapatma sistemi balkon hacmi açık olması durumundan % 37.015 daha az ısıtma için enerji kullanmaktadır.
- 2 nolu alternatif olan çift cam (pvc doğramalı) ile kapatma sistemi balkon hacmi açık olması durumundan % 63.77 daha az ısıtma için enerji kullanmaktadır.
- 3 nolu alternatif olan panjur ile kapatma sistemi balkon hacmi açık olması durumundan % 8.955 daha fazla ısıtma için enerji kullanmaktadır.

Bu sonuçlar neticesinde çift cam ile kapatma sistemi balkon kapatma yöntemleri arasında en yüksek ısıl performans sağlayan yöntem iken panjur ile kapatma sistemi en kötü ısıl performansı göstermiştir. Bina ısıtma enerjisini etkileyen bir etken olan güneşten ısı kazanımı saydam yüzeylerde daha fazla olması katlanır cam ile kapatma ve çift cam ile kapatma sistemlerindeki ısıtma enerjisinin az kullanımına katkı sağlamıştır.
Balkon kapatma yöntemleri binalarda enerji kullanımını azalttığı görülmüştür.
Mevcutta bulunan bir ilçe ele alınarak gerçekleştirilen bu değerlendirme çalışmasının yardımıyla, çevresel kirliliğin ve küresel ısınma probleminin giderilmesi ve enerji harcamalarını azalmak için alınabilecek önlemlere katkısı ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

1. http://www.enerjigunlugu.net/etader:-isi-tasarrufu-da-enerji-verimliligine-dahi_10904.html#.Vw1kgPmLSPc
2. İMO, "Türkiye'de Konut Sorunu ve Konut İhtiyacı" Raporu, pp 1 http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/9ca6617c167713d_ek.pdf
3. http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18627
4. Doğan, H., Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yem Yayınevi, İstanbul,(2010), pp. 277
5. İTÜ Yapı Bilgisine Giriş Ders Notları, İstanbul, (2015)
6. Gönülol O., Altın M., Binaların Enerji Etkinlik Bakımından İyileştirme Uygulamalarının Örnekler Üzerinden İrdelenmesi, 11. Ulusal Tesisat Kongresi, İzmir, pp. 1461
7. http://www.ibb.gov.tr/sites/ks/tr-TR/0-Istanbul-tanitim/konum/Pages/Sayilarla_Istanbul.aspx
8. Keleş, R., 1998, Kentbilim Terimleri Sözlüğü, İmge Kitabevi Yayınları, Ankara.
9. Sürdürülebilir Üretim ve Yayınları-I: Yaşam Döngüsü Değerlendirilmesi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,2011
10. http://www.cedbik.org/yesil-bina-degerlendirme-sistemleri_p1_tr_17_.aspx
11. Güncü, A., Kurnuç, A., Dündar, H. Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Çevre Duyarlı Yapı Kabuğu Uygulamaları, 2.Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi, (2015) , http://www.muhendislikmimarliktasarimkongresi.org/bildiri/
12. Kişmiroğlu, E., "Kuzey Ve Güneye Bakan Konut Balkonlarının, Açık Ve Kapalı Olması Durumlarının Yapı Fiziği Yönünden Değerlendirilmesi, İstanbul Örneği", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010, İstanbul
13. http://www.imarcambalkon.com/bilgiler/sistemin-teknik-ozellikleri
14. http://www.isicam.com.tr/isicam_sinerji
15. http://www.firatpen.com.tr/pvc-pencere-ve-kapi-sistemleri/s70-pvc-pencere-serisi
16. http://www.pakpenpvc.com/index.asp?action=panjur_teknikcizim1
17. http://www.firatpen.com.tr/cmsfiles/products/1254/panjur-sistemleri.pdf?v=12

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

4-6 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIKTA SAKİN ŞEHİR (CITTASLOW) YAKLAŞIMI

Y. Mim. Selma Aydoğan[a]
Öğr. Gör. Dr. Ş. Filiz Akşit[b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Küreselleşme, Sanayi Devrimi ve modernizmin getirdiği olumsuz durumlara karşı ortaya çıkan yavaş hareketinin sonucu olarak sakin şehir kavramı ve sürdürülebilir mimarlık konuları birlikte değerlendirilmelidir. Sürdürülebilir mimarlık konusunun kapsamlı gereklilikleri, küresel sorunlarla birlikte çözüm arayışları ve sakin şehir kavramının sahip olduğu kriterlerin pratikteki sürdürülebilir potansiyeli, bu çalışmadaki temel unsurları oluşturmaktadır. Bu bildiride Türkiye'deki sakin şehirler; sakin şehir kriterlerini gerçekleştirmek için mevcut durumları ve projeleri ile birlikte ele alınmış, sürdürülebilir mimarlık ve kent kavramları ile birlikte değerlendirilmiştir. Sürdürülebilir mimarlık kavramı çok yönlü ele alınmış; sürdürülebilir kalkınma kavramının şehirlere ve mimariye etkisi araştırılmıştır. Sanayi Devrimi ve küreselleşmenin etkisiyle yenidünya düzeni ve onun ekonomik etkilerinin mimarlık kavramına ve kent çehrelerine olan etkileri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme ve önerilerle, sürdürülebilir mimarlık kavramının, sakin şehir felsefesinin sahip olduğu kentsel yaşam göstergeleri ile paralellik gösterdiği ve sakin şehir kriterlerinin kente doğru entegre edilmesiyle kentlerde yerel bir sürdürülebilir kalkınma modeli haline dönüşebileceği gözlemlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Sakin Şehir, Sürdürülebilir Mimarlık, Yavaş Hareketi

AN APPROACH TO SLOW CITY (CITTASLOW) IN SUSTAINABLE ARCHITECTURE

ABSTRACT

This study examines and interprets the position of a slow city, or "Cittaslow", within sustainable architecture that was caused by the negative effects of globalization, Industrial Revolution and modernism. Interpreting the position of a "Cittaslow" within sustainable architecture, is the main topic of this study. "Cittaslow" in Turkey is evaluated based on projects, the senses of each city and taking into account the current situations of sustainable architecture. It is defined and analyzes that sustainable architecture throughout times, processes sustainability, as a term, in various approaches, examines its effects in cities and in architecture in general. It is also investigated that the economic effects of the Industrial Revolution and globalization in urban architecture. Throughout these evaluations and suggestions, it is observed that sustainable architecture and Cittaslow movement are parallel to each other regarding to urban life indicators. Additionally, it is regarded that with integrating the criterias of cittaslow to the cities, Cittaslow movement can be implemented as a local, sustainable city development model.

Key words: Slow City (Cittaslow), Sustainable Architecture, Slow Movement

[a] e-posta adresi: selmaaydogan@gmail.com
[b] e-posta adresi: aksitf @itu.edu.tr

1.GİRİŞ

Yeryüzü, insanoğlunun yaşamını sürdürdüğü bir yer iken aynı zamanda sürekli savaştığı, denge kurmaya çalıştığı ve uyumlu olmak zorunda olduğu yaşama alanıdır. İnsanoğlu varoluşundan bu yana doğa ile mücadele içindedir ve doğayı istekleri doğrultusunda hep şekillendirmek istemiştir. Küresel ısınma kavramı ile hızla şekillenen dünya ve kentler, mimari anlamda birçok konunun irdelendiği yerler haline gelmiştir.

Dünya, birçok teknolojik gelişmeye paralel olarak nüfus artışı ve beraberinde gelen çevre kirliliği, orman alanlarının ve doğal kaynakların azalması, zehirli atık artışı, küresel ısınma ve ozon tabakasının zarar görmesi gibi çevresel felaketle karşı karşıya kalmıştır. İnsan varlığının devamı yani sürdürülebilirliği; yeryüzü kaynaklarının doğru kullanımı, çevresel kirliliğe karşı alınan önlemler, doğru mimari ve kentsel politikalarla mümkündür.

'Sürdürülebilirlik' ve 'sürdürülebilir mimarlık' konuları yıllardır irdelenen, çok farklı açılardan ele alınan, 'insana ve çevreye fayda' amacı güden faaliyetler bütünüdür. Sürdürülebilirlik kavramı, şehirlerde sosyal ve ekonomik bir politikalar bütünüyle hareket etmek gerekliliği ile sürdürülebilir kalkınmanın gerekliliğini ifade ederken; mimaride, yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarının kullanımı ile belirlenen tasarım yaklaşımlarını ifade etmektedir.

Sakin şehir hareketi, küreselleşme ile ortaya çıkan ve tek tipleşen şehirlerden olmayı reddeden, yerel kimliğini ve özelliklerini korumak isteyen şehirlerin katıldığı bir birliktir. Sürdürülebilir mimari ve sürdürülebilir kalkınma kavramını politika olarak benimseyen sakin şehir kavramı, kriterlerinde çevre, kentsel altyapı, ekonomik ve sosyal düzenin sürdürülebilir bir şekilde oluşması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu çalışma kapsamında; sürdürülebilir mimarlık konusu, sakin şehir kavramının sürdürülebilirlik anlamında mevcut potansiyeli göz önünde bulundurularak, Türkiye'den örnekler ele alınarak incelenmiştir.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK

Dünya, enerji kaynaklarının tükenmeye başladığı bir zaman dilimine girmeye başlamıştır. Gelecek için planlama yapmak enerji kaynakları tükenmeden başlanması gereken önemli bir adımdır. Sürdürülebilirlik kavramı devletlerin, hükümetlerin ve sivil toplum kuruluşlarının örgütlenmesinin yanı sıra halk bilincinin önemli ölçüde etkili olmasıyla anlam kazanmaktadır.

2.1. Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilirlik, kelime kökeni olarak Latince '*sustinere'* (tutmak, yukarı çıkarmak) kelimesinden İngilizce'ye '*sustain'* (korumak, desteklemek, dayanmak*)* olarak girmiştir [**1**]**.**
Sürdürülebilirlik "toplum ve doğa arasında sosyal olarak şekillenen ilişkilerin uzun vadede yaşamasının sağlanabilmesi" [**2**] olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramı ile ilgili yapılan tüm çalışmalarda ekonomik, ekolojik ve sosyal sürdürülebilirliğin birbirinden bağımsız ancak birbirini tamamlayan bileşenler olduğu, sürdürülebilir gelişme amaçlarına ulaşabilmek için konunun bu üç başlık altında bütüncül bir yaklaşımla incelenmesi gerektiği vurgulanmaktadır.
Ekolojik sürdürülebilirlik; biyolojik sistemlerin çeşitliliğinin ve üretkenliğinin devamlılığının sağlanması olarak tanımlanmaktadır. **Ekonomik sürdürülebilirlik,** kalkınmayı ve refahı işaret eden toplumsal düzeni hedeflemektedir. **Sosyal sürdürülebilirlik** ise çevreye duyarlı bir yaklaşımın sonucu olarak sağlıklı toplumların oluşması ve bu toplumların ekonomik refah içinde

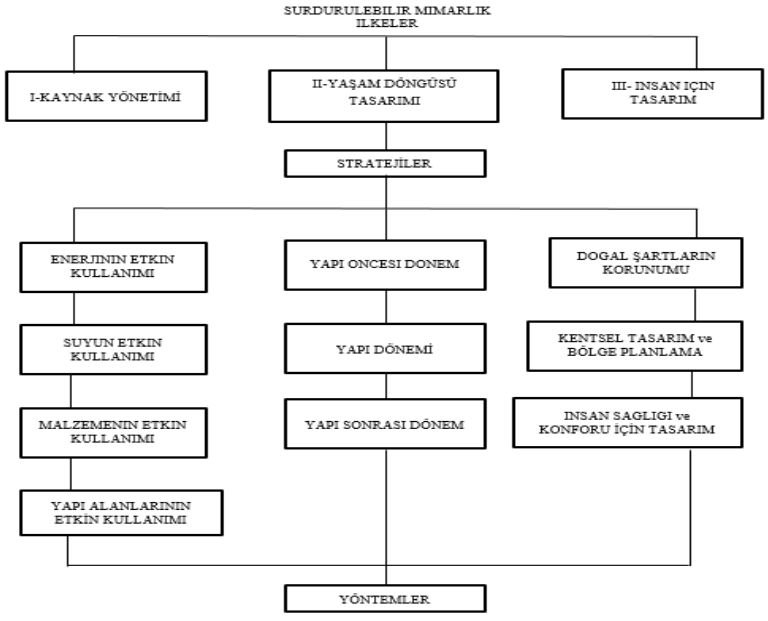
yaşaması olarak adlandırılmaktadır. Sosyal sürdürülebilirlik ekolojik sürdürülebilirlik için ön koşulken, ekonomik sürdürülebilirlik ekolojik ve sosyal sürdürülebilirliğin oluşabilmesi için zorunludur. Ekolojik, sosyal, ekonomik ve mimari sürdürülebilirliğin tamamı sağlandığında sürdürülebilir bir gelecek mümkündür.

2.2. Sürdürülebilir Mimarlık ve Önemi

Dünya küresel ısınma ve küresel sermayenin paralel işlediği bir döngü içinde ilerlerken, hayattaki birçok disiplini ve iş alanını da kendisine paralel gitmek durumunda bırakmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir mimarlık kavramı da her gün önemini arttıran ve mimarlık disiplininin içindeki en önemli kavramlardan biri haline gelmeye başlamıştır.

Mimarlık ve çevre kavramlarının birbiriyle ilişkisi çeşitli şekillerde yorumlanıp isimlendirilse de günümüzde en kapsamlı şekliyle "sürdürülebilir mimarlık" olarak geçmektedir. Sürdürülebilir mimarlık, içinde bulunduğu koşullarda ve varlığının her döneminde, gelecek nesilleri de dikkate alarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren, çevreye duyarlı, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanan, insanların sağlık ve konforunu koruyan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin tümüdür **[3].**

Sürdürülebilir mimarlık birçok kriterin birlikte sağlanmasını gerektiren karmaşık bir kavramlar bütünüdür. Sürdürülebilir mimarlık için belirlenen stratejiler aslında olması gereken yapı sürecini tanımlamaktadır (Şekil 2.1). Mimarlık alanında sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi sadece bina tasarımındaki kriterleri değil bütüncül bir kentsel tasarımı da sorgulamayı gerektirmektedir. Sürdürülebilir mimarlık kavramını gerçekleştirebilmek için bina tasarımı ve şehir kurgusunun sürdürülebilir alan seçimi ve arazi kullanımı, sürdürülebilir toplum hayatı, sağlık ve refah, yapı bileşenleri, enerji ve su kavramları kriterleri göz önüne alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Tüm bu sürdürülebilir stratejiler bütünü birlikte sağlandığında sürdürülebilir mimarlık kavramının pratikteki ilkeleri uygulamaya geçirilmiş olacaktır. Sürdürülebilir mimarlık ise sürdürülebilir kent kavramının temelini oluşturmaktadır.



Şekil 2.1: Sürdürülebilir mimarlık

2.3 Sürdürülebilir Kent

Günümüzde yeryüzünün % 2'si kentsel alanlarla kaplıdır ve şehirlerde yaşayan insanlar dünya nüfusunun %75'ini oluşturmaktadır. Dünya genelinde kentleşmenin hızlanmasıyla birlikte, şehirlerin sayısı, nüfusu ve karmaşıklığı da artmıştır. Yapılan araştırmalara göre 2025 yılında dünya nüfusunun 7 milyarı aşması beklenmektedir [**4**]**.** Kentlerdeki hızlı nüfus artışı, yoğun yapılaşmaya ve yeşil alanların azalmasına neden olmakta, artan enerji tüketimi beraberinde çevresel kirlenme ve zehirli atık oluşumunu yoğunlaştırmaktadır.

Sürdürülebilir kentsel planlama anlayışı, kar ve ekonomik faydaya değil, çevreye duyarlı ve hümanist değerlere dayalı olmak zorundadır. İnsan ölçeği, araçsız ulaşım, çeşitlilik, sağlıklı konut, işyeri ve kamu tesislerinin varlığı sürdürülebilir kent için gerekli ana bileşenlerdir. ve ekolojik faaliyetlerini yerel anlamda sürdüren kentler kendi iç potansiyelini oluşturmakta ve sürdürülebilir kalkınma kavramının uygulamadaki karşılığı olmaktadır.

2.4. Sürdürülebilir kalkınma

Sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilirliğin bir parçası olarak en kapsamlı haliyle "kendi ihtiyaçlarını karşılamak için gelecek nesilleri tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılayan gelişmedir" şeklinde tanımlanmaktadır [**5**]**.** Mevcut kent modelleri üzerinden sürdürülebilir kent modeli olarak seçilen 'kendi kendine yeten kent' modeli, ekolojik olarak diğer modellere göre öne çıkarken, sürdürülebilir mimarlık kapsamında şehir düzenlerine göre daha geliştirilmiş bir şekilde sakin şehir kavramını işaret etmektedir.

3. SAKİN ŞEHİR (CITTASLOW) KAVRAMI

Sanayi Devrimi sonrasında hızla gelişen dünya düzeninde insanların hayat biçimleri de hızla değişmeye başlamıştır. Özellikle büyük şehir merkezlerinde yaşayan kişileri, daha çok çalışmaya, daha hızlı yaşamaya ve daha hızlı tüketmeye yönlendirmiştir. Zaman kavramının daha önemli olduğu kentlerde beslenme alışkanlığı da geleneksel aile sofralarından, hızlıca beslenme durumlarının oluştuğu şehirsel bir biçime bürünmüştür. İnsanoğlu çevresel ve yaşam kalitesi bağlamında ihtiyaçlarına cevap veremeyen hızlı kent düzenleri içinde, daha sakin ve çevreyle iç içe bir yaşam tarzı ihtiyacı hissetmektedir. Sakin şehir kavramının temelini oluşturan yavaşlık felsefesi, yavaşlamaya değil anı ve zamanı etkin kullanma felsefesine dayalıdır.

3.1 Yavaş Hareketi (Slow Movement)

Yavaş hareketi, hızlı modern hayatı eleştiren ve hayatın farklı kısımlarında (beslenme alışkanlıkları, ekonomik düzen, sosyal ilişkiler gibi.) hız ve çağın tüketim kalıplarını dönüştürüp değiştirecek sosyo-kültürel bir ilerlemeyi savunan toplumsal bir harekettir.

Sanayi Devrimi sonrasında makine kullanımının da artmasıyla tüketilen gıdalar uzun ömürlü raf ürünlerine dönüşmeye ve tüketilen gıdaların kalitesi de düşmeye başlamıştır. Bütün bunların ortak bir sonucu olarak; hızlı hazırlanması, hızlı servis edilmesi nedeniyle bu yönde gelişen hızlı yemek 'fast food' kavramı, yanlış bir beslenme biçimi ve sağlığa zararlı oluşu nedeniyle tüm bilimsel çevrelerce kabul görmüş ve tüm dünyaya yayılmış olan bir modern dünya problematiğidir. Tüm bu sebeplerin zincir etkisi yaratmasıyla, sağlıklı bir çevrede ve sağlıklı bir biçimde yaşamak konusunda arayışlar olmuş, bu kültüre karşı farkındalık oluşturmak için, bilimsel çevreler ve birçok sağlık örgütü kongreler düzenlemiştir. Yavaş yemek manifestosu yayınlanmış ve yavaş yemek hareketlerinin bileşenleri belirlenmiştir.

3.2 Sakin Şehir (Cittaslow) Kavramı

Cittaslow, 1999 yılında İtalya'da kurulmuş ve merkezi Orvieto olan belediyeler birliğidir. Kelime kökeni, İtalyanca Citta (Şehir) ve İngilizce Slow (Yavaş) kelimelerinin birleşmesiyle oluşturularak, Cittaslow (Sakin Şehir) anlamında kullanılmaktadır. Yavaş Hareketi (Slow Movement)'nin büyüyerek birçok disiplini etkilemesi, Sakin Şehir (Cittaslow) kavramının oluşmasına temel oluşturmuştur. Şekil 3.1'de sakin şehir logosu görülmektedir. Sakin Şehir hareketinin kurulma amacı, kentlerin kendi kimliklerine sahip çıkarak küreselleşme sonucu ortaya çıkan standartlaşma ve tek tipleşmeyi engellemektir. Birlik, kentlerin yönetim biçimlerinin yerel mimari kimliğe, yerel yemeklere, gelenek / göreneklere, esnaf ve zanaatkarlara önem vererek gelişen yapıda olmasını savunmaktadır. Korunması gereken bu değerler, birliğin üye kentler için oluşturduğu kriterler vasıtasıyla sağlanmaya çalışılmaktadır. Kriterler aynı zamanda sürdürülebilir şehirler oluşturmak ve bunu koruyabilmek için, çevreci, yenilenebilir enerji kullanımını savunan ve kent kalitesini arttırmayı amaçlayan yönde gelişmiştir.



Şekil 3.1 : Sakin Şehir (Cittaslow) logosu

3.3. Sakin şehir üyelik kriterleri

Sakin şehir üyelik kriterleri,
- Çevre politikaları,
- Altyapı politikaları,
- Kentsel yaşam kalitesi politikaları,
- Tarımsal, turistik, esnaf ve sanatkarlara dair politikalar,
- Misafirperverlik, farkındalık ve eğitim için planlar,
- Sosyal uyum,
- Ortaklıklar,

olmak üzere 7 ana başlıkta incelenmektedir.

Her başlık altında ele alınan kriterler ise zorunlu kriterler, perspektif kriterler ve diğer kriterler (zorunlu olmayan kriterler) olarak ele alınmaktadır.

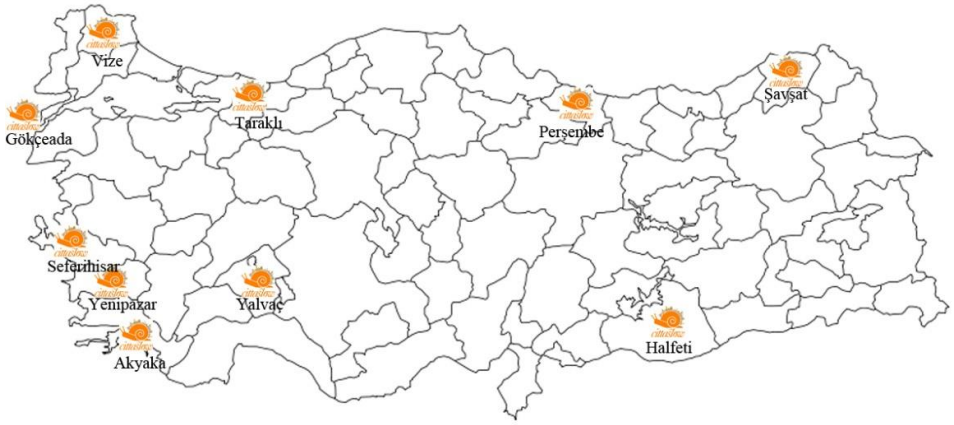
Çevre politikaları; sakin şehir kriterlerinde temelde kent yaşamı için gerekli olan kriterleri kapsamaktadır. Sürdürülebilirlik kavramının temellerini oluşturması açısından önemli olan ve şehrin yaşam standartlarını arttıran özellikler, bu kriterler altında oluşturulmuştur. Bu kriterleri sağlayan şehirler üyelik için güçlü adaylardır. Altyapı politikaları; şehirlerin yaşanılabilirlik seviyesini arttıran, şehre mimari konfor anlamında değer katan kriterleri içermektedir. Kentsel yaşam kalitesi politikaları; şehre vizyon katan ve üyeliğin devamı için gerekli durumların sağlam bir zemine oturmasını sağlayan kriterlerdir. Bu kriterler, şehre kimlik kazandırarak ya da var olan mimari kimliğin öne çıkmasını sağlayarak sürdürülebilir kent kavramını desteklemektedirler. Tarımsal, turistik, esnaf ve sanatkarlara dair politikalar; çevreyi koruyan ve yerel halkın refahını gözeten, doğal alanlara karşı duyarlı bir toplumun varlığını gözeten ve sürdürülebilir kalkınmanın temelini oluşturan kriterlerdir. Sakin şehir felsefesinin doğmasını sağlayan Yavaş Yemek akımının ana prensiplerini oluşturmaktadır. Misafirperverlik, farkındalık ve eğitim için planlar;

sakin şehir felsefesinin halka benimsetilmesi, hareketin tabandan başlatılması ve kentin tanıtılması açısından gerekli kriterlerdir. Bu kriterleri sağlayan kentler üyelik sürecinde avantaj sahibi olmaktadırlar. Sosyal uyum; şehir sakinleri için huzurlu, konforlu ve sosyal dayanışmanın olduğu bir hayat biçimini işaret etmektedir. Ortaklıklar; Sakin Şehir kavramının temelini ve başlangıç noktasını oluşturan Yavaş Yemek felsefesiyle ilgili bütün çalışmaları kapsamaktadır.

4. TÜRKİYE'DEKİ SAKİN ŞEHİRLERİN İNCELENMESİ

1999'da İtalya'da ortaya çıkan sakin şehir hareketine Türkiye'den 10 şehir, toplamda Dünya'da 30 ülke ve 200 şehir üyedir. Üye şehir sayısının artışı, aday şehir sayısında da artış olmasını sağlamıştır. 'Yerel sürdürülebilir bir kalkınma modeli' olan sakin şehir kavramı, Sakin Şehir Birliği'ne üye olan Türkiye'deki sakin şehirler incelenerek açıklanmaya çalışılmıştır.
Türkiye'de Sakin Şehir kavramı yeni olmasına rağmen üye şehirlerin projeleri devam etmekte, istekli ve adaylık aşamasındaki sakin şehir sayısı da artmaktadır. Seferihisar'da başlayan hareket sürdürülebilir ve yerel bir kalkınma modeli olarak, diğer kentler ve yerel belediyeler için örnek teşkil etmektedir. Türkiye'deki Sakin Şehir oluşumu, diğer kentlerin tarihi mirasını ortaya çıkarmak, mimari kent kimliğini vurgulamak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı sürdürülebilir pilot kentler oluşturmak açısından önemli bir potansiyele sahiptir.

Türkiye'deki ilk sakin şehir Seferihisar olduğu için diğer şehirler de Seferihisar'ın onayından geçmektedir. Seferihisar'dan sonra Akyaka, Gökçeada, Halfeti, Perşembe, Şavşat, Taraklı, Vize, Yalvaç ve Yenipazar olmak üzere 10 tane şehir, sakin şehir üyeliğine kabul edilmiştir. Türkiye'nin sakin şehir haritası Şekil 4.1'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.1 : Türkiye Sakin Şehirler Haritası.

Bu çalışmada Türkiye'deki sakin şehirlerden Seferihisar, Taraklı, Yalvaç, Vize, Gökçeada, Yenipazar ve Halfeti incelenmiştir. İncelemeler sonucunda Çizelge 4.1. hazırlanmıştır.

Çizelgeye göre Türkiye'de sakin şehir kriterlerini en iyi sağlayan şehrin, Türkiye'nin ilk sakin şehri olan Seferihisar olduğu görülmektedir ve diğer kentlere örnek ve öncülük edebilmesi anlamında büyük önem taşımaktadır. Seferihisar'ın sakin şehir kriterleri arasında sürdürülebilir mimarlık kavramını en çok destekleyen kriterler olan çevre, altyapı ve kentsel yaşam kalitesi politikaları ile ilgili çalışmaları diğer şehirlere göre en iyi durumdadır. Diğer kriterlerin sağlanma oranının da ortalamanın üstünde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1: Sakin şehir kriterlerinin değerlendirilmesi [**6**].

	SAKİN ŞEHİR ÜYELİK KRİTERLERİ	SEFERİHİSAR	TARAKLI	YALVAÇ	VİZE	GÖKÇEADA	YENİPAZAR	HALFETİ
1. Çevre Politikaları								
1	Hava temizliğinin yasa tarafından belirtilen parametrelerde olduğunun belgelenmesi	✓	✓	x	✓	✓	x	x
2	Su temizliğinin yasa tarafından belirtilen parametrelerde olduğunun belgelenmesi	✓	✓	✓	x	✓	✓	x
3	Halkın içme suyu tüketiminin ulusal ortalamayla karşılaştırılması	x	x	x	x	x	x	x
4	Kentsel katı atıkların ayrıştırılarak toplanması	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	Endüstriyel ve evsel kompostlamanın desteklenmesi	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓
6	Kentsel ya da toplu kanalizasyon için atık su arıtma tesisinin bulunması	✓	✓	✓	x	x	✓	✓
7	Binalarda ve kamu kullanım alanlarında enerji tasarrufu	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
8	Kamunun yenilebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
9	Görsel kirliliğin ve trafik gürültüsünün azaltılması	✓	✓	✓	x	x	✓	✓
10	Kamusal ışık kirliliğinin azaltılması	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓
11	Hane başına düşen elektrik enerjisi tüketimi	x	x	x	x	x	x	x
12	Biyoçeşitliliğin korunması	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓
	ÇEVRE POLİTİKALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ (%)	83.33	83.33	75.00	41.66	66.66	50.00	50.00
2. Altyapı Politikaları								
1	Kamu binalarına bağlı verimli bisiklet yolları	✓	x	✓	x	x	✓	✓
2	Mevcut bisiklet yollarının araç yollarıyla kilometre üzerinden karşılaştırılması	x	x	x	x	x	x	x
3	Metro ve otobüs durakları gibi aktarma merkezlerinde bisiklet park yerleri	✓	x	x	x	x	x	x
4	Özel taşıt kullanımına alternatif olarak eko ulaşım planlanması	✓	x	x	x	x	x	x
5	Engellilere yönelik mimari engellerin kaldırılması	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
6	Aile hayatı ve hamile kadınlar için girişimler	✓	x	x	x	x	✓	x
7	Sağlık hizmetlerine onaylanmış ulaşılabilirlik	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	Kent merkezlerinde malların sürdürülebilir dağıtımı	x	x	x	x	x	x	x
9	Şehir dışında çalışan şehir sakinlerinin oranı	x	x	x	x	x	x	x
	ALTYAPI POLİTİKALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ (%)	66.66	22.22	33.33	22.22	22.22	33.33	22.22

Çizelge 4.1 (devam): Sakin şehir kriterlerinin değerlendirilmesi [**6**].

SAKİN ŞEHİR ÜYELİK KRİTERLERİ		SEFERİHİSAR	TARAKLI	YALVAÇ	VİZE	GÖKÇEADA	YENİPAZAR	HALFETİ
3. Kentsel Yaşam Kalitesi Politikaları								
1	Kentin direnci için planlama	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Kente ait değerlerin iyileştirilmesi, kent merkezlerinin ve kamu binalarının değerlerinin arttırılması için programlar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Verimli bitkiler ve meyve ağaçları kullanılarak sosyal yeşil alanların iyileştirilmesi ve/veya oluşturulması	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Kentsel yaşanabilirliğin arttırılması	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	Marjinal alanların tekrar değerlendirilip kullanılması	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	Vatandaşlara ve turistlere yönelik interaktif hizmetlerin geliştirilmesinde bilgi ve iletişim teknolojilerinden faydalanılması	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	Sürdürülebilir mimari için hizmet masası oluşturulması	✓	x	x	✓	x	x	x
8	Kentin internet ağına sahip olması	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	Kirleticilerin izlenmesi ve azaltılması	✓	x	✓	✓	x	x	✓
10	Tele çalışmanın geliştirilmesi	x	x	x	x	x	x	x
11	Kişisel sürdürülebilir kentsel planlanmanın teşviki	✓	✓	x	✓	✓	x	x
12	Sosyal altyapıyı desteklemek	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓
13	Kamusal sürdürülebilir kentsel planlamanın teşviki	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
14	Kent içindeki kullanışlı yeşil alanların verimli bitkiler ile değerlendirilmesi	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓
16	Yerel ürünlerin ticarileşmesi için alanların yaratılması	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17	Yeşil alanlarda kullanılan beton miktarı	x	x	x	x	x	x	x
	KENTSEL YAŞ. KAL. POLİTİKALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ (%)	88.23	58.82	76.47	88.23	70.58	58.82	64.70
4. Tarımsal, Turistik, Esnaf ve Sanatkarlara Dair Politikalar								
1	Agroekolojinin geliştirilmesi	✓	x	✓	x	✓	✓	✓
2	El yapımı ve etiketli veya markalı esnaf/sanatkâr ürünlerinin korunması	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Geleneksel iş tekniklerinin ve zanaatların değerinin arttırılması	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Kırsal bölgede yaşayanların hizmetlere erişimini arttırarak kırsal bölgelerin değerini arttırmak	✓	x	x	✓	x	✓	✓
5	Kamuya ait restoranlarda (okul kantinleri, aş evleri vb) yerel, mümkünse organik ürünlerin kullanılması	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓
6	Kişisel kullanımda ve yemek sektöründe tat eğitimlerinin verilmesi ve mümkünse organik yerel ürünlerin kullanılmasının teşvik edilmesi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	Yerel ve geleneksel kültürel etkinliklerin korunması ve değerlerinin arttırılması	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	Otel kapasitelerin arttırılması	✓	✓	x	✓	✓	x	x
9	Tarımda GDO kullanımının yasaklanması	✓	✓	x	x	✓	✓	✓
10	Önceden tarım için kullanılmış alanların kullanımı hakkındaki imar planları için yeni fikirlerin varlığı	x	x	✓	✓	x	x	x
	TAR.TUR. ESN. Ve SAN. POLİTİKALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ (%)	90.00	60.00	70.00	80.00	80.00	80.00	80.00

Çizelge 4.1 (devam): Sakin şehir kriterlerinin değerlendirilmesi [**6**].

SAKİN ŞEHİR ÜYELİK KRİTERLERİ		SEFERİHİSAR	TARAKLI	YALVAÇ	VİZE	GÖKÇEADA	YENİPAZAR	HALFETİ
5. Misafirperverlik, Farkındalık ve Eğitim İçin Planlar								
1	İyi karşılama	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Esnafın ve operatörlerin farkındalıklarını arttırmak	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	Yavaş güzergahların mevcut olması	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	Önemli yönetimsel kararlara tabandan tavana katılım sürecini sağlayacak aktif tekniklerin benimsenmesi	✓	x	x	✓	✓	✓	✓
5	Eğitimciler, yöneticiler ve çalışanların Cittaslow temaları hakkında sürekli eğitim görmesi	✓	x	x	x	✓	✓	✓
6	Sağlık eğitimleri	x	✓	x	x	x	x	x
7	Yöre halkına Cittaslow'un anlamı hakkında sistematik ve kalıcı eğitim vermek	✓	✓	x	✓	✓	x	x
8	Cittaslow üzerine yerel yönetim ile çalışan derneklerin aktif varlığı	✓	x	x	✓	✓	✓	✓
9	Cittaslow kampanyalarının desteklenmesi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	Cittaslow logosunun internet sayfasında ve antetli kağıt üzerinde kullanımı	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓
	MİS. FAR. ve EĞT. POLİTİKALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ (%)	90.00	50.00	50.00	80.00	90.00	80.00	80.00
6. Sosyal Uyum								
1	Azınlıklara yönelik ayrımcılığa karşı çalışmalar	✓	x	x	✓	✓	x	x
2	Farklı etnik kökene sahip insanların aynı mahallede yaşaması	x	x	x	x	✓	x	x
3	Engelli kişilerin entegrasyonu	✓	x	x	x	x	✓	x
4	Çocuk bakımının desteklenmesi	✓	x	x	x	x	✓	✓
5	Genç neslin istihdam durumu	✓	x	✓	✓	x	x	✓
6	Yoksulluk	✓	x	✓	x	x	✓	✓
7	Toplumsal ortaklıklar/sivil toplum kuruluşların mevcudiyeti	✓	x	✓	✓	✓	✓	x
8	Farklı kültürlerin entegrasyonu	✓	x	x	x	✓	x	x
9	Politikaya katılım	x	✓	x	✓	x	✓	✓
10	Belediyenin kamu konut yatırımı	x	x	x	x	x	x	x
	SOSYAL UYUM POLİTİKALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ (%)	70.00	10.00	30.00	40.00	40.00	50.00	40.00
6. Ortalıklar								
1	Slowfood aktiviteleri ve kampanyaları için destek	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	Doğal ve geleneksel yiyecekleri Slowfood veya diğer kurumlar ile desteklemek	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓
3	Eşleştirme projelerini desteklemek ve gelişmekte olan ülkelerin Cittaslow ve Slowfood felsefelerinin yayılmasını da sağlayacak şekilde gelişmeleri için işbirliği yapmak	✓	x	✓	✓	✓	✓	x
	ORTAKLIKLAR POLİTİKALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ (%	100.0	33.33	100.0	100.0	100.0	100.0	66.66
	GENEL DEĞERLENDİRME (%)	**81.69**	**50.70**	**59.15**	**61.97**	**64.78**	**60.56**	**57.74**

Taraklı ilçesi, çevre kriterleri ile ilgili Seferihisar'la aynı oranda görünse de altyapı çalışmaları kapsamında gelişmesi gereken zayıf bir durum sergilemektedir. Kentsel yaşam kalitesi ile ilgili çalışmaları da ortalamanın üzerinde ve gelişebilir seviyededir. Sosyal uyum ve ortaklıklarla ilgili kriterlerde ilçe yüzdelerinin düşük olduğu ve geliştirilmesi gerektiği gözlemlenmiştir. Genel olarak kriterleri sağlama konusunda en düşük değerlere sahiptir.

Yalvaç ilçesi, çevre ve kentsel yaşam kalitesi kriterlerinde oldukça iyi seviyededir. Fakat altyapı ve sosyal uyum kriterlerinde ortalamanın oldukça altındadır.

Vize ilçesi çevre ve altyapı politikalarında oldukça zayıf bir görünüm sergilemektedir. Fakat diğer kriterlerde ortalamanın üstündedir.

Gökçeada, kriterleri sağlama konusunda genel yüzde oranı olarak Seferihisar'dan sonra en yüksek ilçedir. Gökçeada'nın kriterlerle ilgili çalışmaları, üniversiteler ve kurumlarla işbirliği yapması anlamında gelişmeye açık ve olumlu bulunmuştur. Fakat altyapı ile ilgili çalışmalarının ortalamanın altında olduğu gözlemlenmiştir.

Yenipazar ilçesi, ilk sakin şehirlerden olmasına rağmen çalışmaları ortalama seviyede olup gelişmesi gerekmektedir. Özellikle çevre, altyapı ve kentsel yaşam kriterleri ile ilgili projeler geliştirilmelidir.

Halfeti ilçesi, kriterleri gerçekleştirme konusunda ortalamanın üzerindedir. Fakat altyapı ile ilgili çalışmaları sakin şehir üyeliğinde yeni olduğu için düşük seviyededir.

5. SONUÇLAR

Türkiye'deki tüm sakin şehirlerin altyapı konusunda iyileştirilmesi ve kent planlama konusunda daha erişilebilir seviyeye çıkartılması gerekmektedir. Sürdürülebilir kalkınma için gerekli olan yerel üretim konusunda ise tüm şehirler oldukça iyi değerlere sahiptir. Fakat Türkiye'deki sakin şehirlerde çevre, altyapı ve kentsel yaşam politikası gibi mimari kent konforu kriterlerinin daha uzun vadeli projelerle sağlanması gerektiği gözlemlenmiştir. Sakin şehirlerin kriterleri sağlama yöntemlerinin daha ileriye dönük ve köklü çözümlerle sağlanması gerektiği anlaşılmaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması ve teşvik edilmesi gerekmektedir. Bina tasarım ve yapım aşamalarında uyulması gereken sürdürülebilir kriterler ileriye dönük olarak sürdürülebilir mimarlık açısından son derece gereklidir. Yeni yapılacak binalarda sürdürülebilir mimarlık açısından uygun tasarımlara öncelik verilmeli, binalar ve şehirler mümkün olduğunca bu çerçevede kurgulanmalıdır. Böylece enerji korunumu sağlanarak daha çevreci çözümlere ulaşılacaktır.

KAYNAKLAR

1. Onions, C. T. (ed) (1964). The Shorter Oxford English Dictionary. Oxford: Clarendon Press. p. 2095

2. Tosun, E. K. (1996). UNESCO-Most, Conference report on sustainability as a social science concept. Frankfurt.

3. Sev, A. (2009). Sürdürülebilir Mimarlık, İstanbul: Yem Yayın.

4. United Nations Populatin Fund (1997). Annual Report <*http://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/annual_report97_eng.pdf*> (alındığı tarih: 18.05.2015)

5. United Nations General Assembly (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427 - Development and International Co-operation: Environment. Retrieved on: 2009-02-15. <*http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm*>

6. Aydoğan, S. (2015). Sürdürülebilir Mimarlıkta Sakin Şehir (Cittaslow) Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

TÜRKİYE'DE FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE BİNA FORMUNA BAĞLI OLARAK SU KORUNUMUNUN YAĞMUR SUYU TOPLAMA YARDIMIYLA SAĞLANMASI

Y.Mimar N. İpek ŞAHİN [a]
İstanbul Büyükşehir Belediyesi Merter Ek Hizmet Binası, Ulş. Pl. Müd. A Bl. Kat:2, Güngören, Merter, İSTANBUL
Doç.Dr. Gülten MANİOĞLU[b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Hızlı nüfus artışı, göçler, iklim değişikliği, kontrolsüz ve sağlıksız şehirleşme, arazi kullanımındaki değişiklikler, ekonomik büyüme gibi küresel değişiklikler suya erişimi ve su kalitesini tehdit etmekte ve aşırı tüketimini teşvik etmektedir. Kullanılabilir tatlı su kaynaklarının giderek azalmasına engel olmak için farklı su korunumu stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Alternatif bir kaynak olan yağmur suyunun arıtılarak binalarda kullanılması teknolojisi ise tüm dünyada kullanımı en fazla öne çıkan su korunumu stratejisidir. Bu çalışmada; 5 farklı iklim bölgesine sahip olan Türkiye'de ılımlı-nemli iklim bölgesinde yer alan Bursa İli ile sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan Diyarbakır İli'nde aynı yüzölçümü ve kullanıcı sayısına sahip, bina formları ve çatı tipleri farklı olan 2 farklı toplu konut yerleşmesi değerlendirilmiştir. Bursa İli'nde Toplu Konut İdaresi (TOKİ) tarafından uygulanmış bir proje olan, dikeyde gelişen ve kırma çatı alanlarına sahip olan toplu konut projesi ile Diyarbakır İli içerisinde iklimle dengeli tasarım ilkeleri çerçevesinde sıcak-kuru iklim özellikleri göz önünde bulundurularak oluşturulan yatayda gelişen, avlulu plan tipine ve teras çatı alanına sahip olan toplu konut projesinde, değişen çatı alanlarından toplanan yağmur suyu miktarları hesaplanacak ve bu miktar su tüketim miktarlarıyla karşılaştırılarak değerlendirilecektir.

Anahtar sözcükler: Binalarda Evsel Su Tüketimi, Yağmur Suyu Toplama, Gri Suyun Dönüştürülerek Yeniden Kullanılması, İklimle Dengeli Tasarım

ABSTRACT

Rapid population growth, migration, climate change, uncontrolled and unhealthy urbanization, changes in land use, global economic growth threatens access to water and water quality and promotes overexploitation. Different water conservation strategies need to be developed to prevent the steadily reduction of fresh water resources available. Rainwater harvesting technology which is an alternative source for water used in the buildings is the most prominent water conservation strategy. In this study; in Turkey, which has 5 different climatic regions, two different mass housing projects with same number of users, but different building forms and different types of roofs in Bursa province which has temperate-humid climate and in Diyarbakir which has hot-dry climate will be evaluated. The amount of rainwater collected from the two different settlements; one is a mass housing project with vertical growing and pitched roof area applied by Housing Development Administration of the Bursa province (TOKI), and the other one is a project built in the framework of climate responsive design principles considering the hot-dry climate with horizontal growing and flat roof area, will be calculated and these values will be evaluated in comparison with the amount of water consumption.

Key words: Domestic Water Consumption in Buildings, Rainwater Harvesting, Graywater Reuse, Climate Responsive Design

[a] e-posta adresi: ipek.sahin@ibb.gov.tr
[b] e-posta adresi: manioglugu@itu.edu.tr

1.GİRİŞ

Su ihtiyacı, nüfus artışı, hızlı kentleşme ve sanayileşme ile her geçen gün daha da artarken, sahip olduğumuz su kaynakları, nüfus artışı, çevre kirliliği, bilinçsiz su tüketimi, iklim şartlarındaki değişim gibi sebeplerden ötürü giderek azalmaktadır. 20. yüzyılda dünya nüfusunun 19.yüzyıla oranla üç kat artmasına rağmen, su kaynaklarının kullanımının altı kat arttığı belirlenmiştir. Su sıkıntısının gelecek 20-25 yıl içerisinde Orta Doğu dâhil bazı bölgelerde su krizine dönüşmesi ihtimali mevcuttur **[1].** Bu nedenle su kaynakları, 21. yüzyılın stratejik kaynaklarından birisi olarak öngörülmektedir.

Dünyadaki toplam su miktarı 1 milyar 400 milyon km³ olup yerkürenin dörtte üçünü kaplamaktadır. Ancak, bu miktarın tamamına ulaşılabilmesi ve kullanılabilmesi teknik ve ekonomik yönlerden mümkün değildir. Dünyada var olan suyun sadece %2,5'i insanların içme ihtiyacını karşılayabilecek olan tatlı su olarak nitelendirilmektedir. Bu miktarın büyük bir bölümü buzullarda donmuş halde bulunmaktadır. Geriye kalan kısmın büyük bir bölümü yeraltındadır. Yeraltı ve buzullar dışında kalan ve insan tarafından ulaşılabilir olan su; yüzey, yüzeye yakın yeraltı ve atmosferik sudan oluşmaktadır.

Su varlığına göre ülkeler sınıflandırıldığında; yılda kişi başına düşen ortalama kullanılabilir su miktarı 1,000 m³'ten az olan ülkeler "su fakiri", 1,000-3,000 m³ olan ülkeler "su sıkıntısı çeken ülke", 3,000-10,000 m³ olan ülkeler suyun yeterli olduğu ülkeler, 10,000 m³'ten fazla olan ülkeler ise "su zengini" olarak kabul edilmektedir. Türkiye, 1,500-1,600 m³/yıl kişi başına düşen ortalama su miktarı bakımından Dünya ortalamasının oldukça gerisinde kalmaktadır **[2].** 2016 yılı itibariyle Türkiye'de toplam su tüketiminin %73'ü (32 milyar m³) tarım sektöründe sulama suyu, %16'i (7 milyar m³) evsel (binalarda içme ve kullanma suyu), %11'inin endüstri (5 milyar m³) amaçlı kullanılmaktadır.

Binalarda evsel nitelikli su tüketimi, insanların yaşamsal faaliyetlerindeki ihtiyaç ve kullanımları sonucu oluşmaktadırlar. İklimsel şartlar, yaşam standartları ve kültürel alışkanlıklar evsel nitelikli su tüketimini önemli ölçüde etkilemektedir. Genel olarak günlük evsel su tüketimi; duş, lavabo ve banyolarda %40, mutfakta %12, çamaşır yıkamada %13, rezervuarlarda %25, bahçede %5, temizlikte %5 oranındadır **[3].** Evsel su tüketimi konut binalarında azımsanmayacak bir orana sahiptir. Bu nedenle binalarda evsel su tüketiminin azaltılması bir gereklilik haline gelmektedir. Bu amaçla tüm dünyada farklı su korunumu stratejileri kullanılmakta olup Türkiye'de de bu stratejilerin hızla hayata geçirilmesi gerekmektedir. Son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşan, yağmur suyunun toplanılarak kullanılması stratejisi ile konut binalarında su korunumunu sağlamak olanaklı olabilmektedir. Günümüzde çok az bir arıtma ile yağmur suları evsel su tüketiminin her alanında kullanılabilir hale getirilebilir ve böylece su korunumu sağlanabilir.

2. BİNALARDA YAĞMUR SUYUNUN KULLANILMASI

Günümüzde tatlı su kaynaklarının hızlı biçimde tüketilmesi ve kirlenmesi gibi sebeplerden dolayı, alternatif bir kaynak olan yağmur suyunun bahçe sulamasında ve konut içerisinde kullanımı ile su korunumu sağlanarak evsel su tüketimi büyük oranda düşürülmektedir.

Çatılardan toplanan yağmur suları, kullanılmadan önce küçük bir arıtmadan geçirilerek oldukça geniş kullanım alanlarına sahip en temiz alternatif su kaynağıdır. Hava limanlarında, askeri bölgelerde, stadyumlarda, turistik tesislerde ve çatı alanı yeterince büyük olan binalarda yağmur

sularının toplanarak, basit arıtma işlemlerinden geçirilip kullanıma sunulması binalarda su korunumu stratejilerinden en önemlilerinden biridir **[4].** Basit bir yağmur suyu deposu ile araba yıkama, yüzme havuzu ya da süs havuzunu doldurma; ek boru tesisatı ve borularla bahçe sulama (yeraltından ya da yer yüzeyinden), tuvalet rezervuarlarında kullanım; suyun kalitesi için yapılan dikkatli kontroller ve arıtma ile çamaşır makinelerinde kullanım duş ve banyolarda kullanım işlemleri gerçekleştirilebilmektedir.
Bu çalışmada aynı yoğunluk ve yerleşme alanına sahip, ancak farklı iklim bölgelerinde farklı bina formları ile gerçekleştirilmiş yerleşmelerden elde edilebilecek yağmur suyu miktarları hesaplanmış ve ele alınan yerleşmelerdeki su korunumuna katkı oranları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

3. BİNALARDAN YAĞMUR SUYUNUN TOPLANMASINDA BİNA FORMUNUN ETKİLERİ

Bina formu, biçim faktörü (plandaki yapı uzunluğunun yapı derinliğine oranı), yapı yüksekliği, çatı türü (düz, beşik ve kırma), çatı eğimi, cephe eğimi gibi yapıya ilişkin geometrik değişkenlerin bütünü olup iklimsel etkilerden optimum yararlanan iklimle dengeli yapı tasarımında etkili olan parametrelerin başında gelmektedir **[5].** Bina formu, iklimle dengeli bina tasarımında yöresel ve iklimsel gereksinmelere bağlı olarak değişen bir etken olup, farklı iklim bölgelerinde iklimle dengeli bina formu uygulamalarının gerçekleştirildiği bilinmektedir.

3.1. Binalarda yağmur suyu toplama miktarının hesaplanması

Çatılardan toplanan yağmur suyu, toplama alanı, m²'ye düşen yağış miktarı, çatı ve yağmur suyunun toplandığı diğer yüzeylerin (avlu, teras vb.), yağmur suyu tutma kapasitesine göre belirlenen kazanç katsayısı gibi değişkenler ile sabit bir değer olan hidrolik filtre etkinliğinin çarpımına göre hesaplanmaktadır **(1).**

$$ER = AA \cdot e \cdot hN \cdot n \quad (1)$$

E_R = Bir yılda toplanan yağmur suyu miktarı (litre), A_A = Toplama alanı (m²), e = Kazanç katsayısı (%), hN = m²'ye düşen yağış miktarı (l/m²) veya (mm), n = Hidrolik filtre etkinliği (0.9 kabul edilmektedir.)

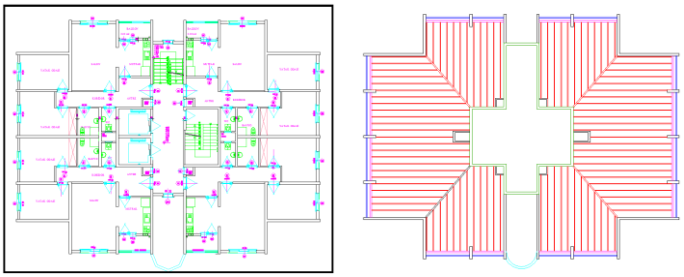
Farklı yüzeylere sahip farklı çatı tiplerinin kazanç katsayıları, DIN 1989, "Yağmur suyuna ilişkin, planlama, tesisat, uygulama ve bakım standardı" na göre; eğimli sabit çatı (kırma çatı gibi), çakılsız düz çatı (teras çatı gibi) ve asfalt yüzeyler için 0,8, çakıllı düz çatı için 0,6, geniş yeşil çatı, kaldırım yüzeyi/kompozit kaldırım yüzeyi (avlu vb.-kaldırım taşı döşenmiş) 0,5, yoğun yeşil çatı için 0,3 olarak kabul edilmektedir **[6].**
Bu veriler ışığında, bu çalışmada, aynı yoğunluk ve alana sahip yerleşmelerin farklı iklim bölgelerinde farklı bina formları ile uygulanması halinde elde edilecek yağmur suyu miktarları konusunda bir değerlendirme yapılması hedeflenmiştir.

4. TÜRKİYE'DE FARKLI İKLİM BÖLGELERİNDE BİNA FORMUNA BAĞLI OLARAK SU KORUNUMUNUN YAĞMUR SUYU TOPLAMA YARDIMIYLA SAĞLANMASI

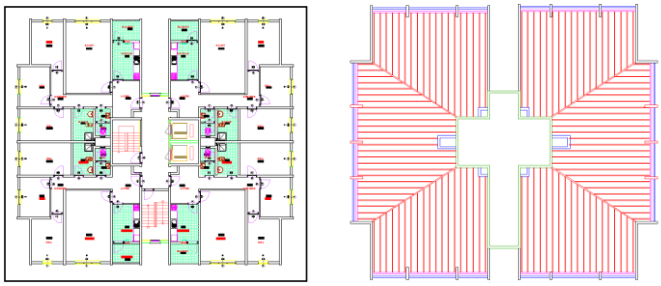
Bu çalışmada; ılımlı-nemli iklim bölgesinde yer alan Bursa İli ile sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan Diyarbakır İli'nde aynı yüzölçümü ve kullanıcı sayısına sahip, bina formları ve çatı tipleri farklı olan 2 farklı toplu konut yerleşmesi değerlendirilmiştir.
Bursa İli'nde Toplu Konut İdaresi (TOKİ) tarafından uygulanmış bir proje olan, dikeyde gelişen ve kırma çatılı bir toplu konut projesi ile Diyarbakır İli içerisinde iklimle dengeli tasarım ilkeleri çerçevesinde sıcak-kuru iklim özellikleri göz önünde bulundurularak oluşturulan yatayda gelişen, avlulu plan tipine sahip ve teras çatılı farklı bina formları ile oluşturulmuş iki farklı toplu konut projesinde değişen çatı alanlarından ve avlulardan toplanan yağmur suyu miktarları hesaplanacak ve bu miktarın günlük kişi başına düşen su tüketiminin ne kadarını karşıladığı belirlenecektir.
Bursa-Balıkesir Yolu üzerinde yer alan Nilüfer Hasanağa Toplu Konut İdaresi Başkanlığı'nın (TOKİ) Konutları, toplam 1584 konut; sosyal donatı alanları içeren bir planlamadır (**Şekil 1**). Proje içerisinde, 9 adet B Blok, 20 adet C Blok, 6 adet D Bloktan oluşan 3 farklı plan tipi bulunmaktadır (**Şekil 2-3-4**).



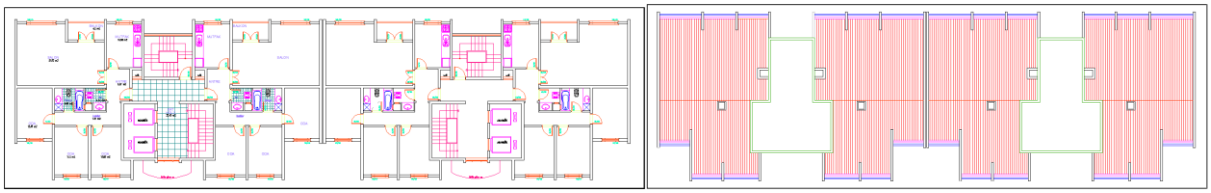
Şekil 1. Bursa İli Nilüfer Hasanağa TOKİ Konutları



Şekil 2. B Blok Tipi Planı ve Çatı Planı



Şekil 3. C Blok Tipi Planı ve Çatı Planı

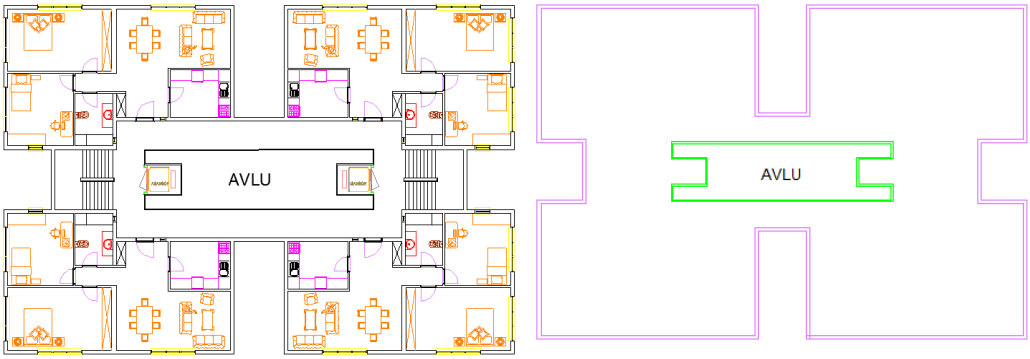


Şekil 4. D Blok Tipi ve Çatı Planı

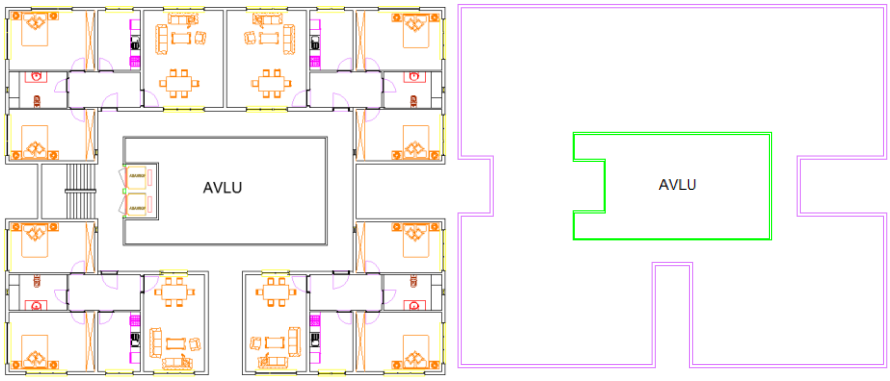
Diyarbakır İli'nde Cumhuriyet Mahallesi'nde, Diyarbakır-Şanlıurfa Karayolu (E99) üzerinde sıcak-kuru iklim bölgesinin özelliklerine bağlı olarak avlulu bina formuyla oluşturulmuş yeni bir yerleşme önerisi geliştirilmiştir (**Şekil 5**). Buna göre geleneksel plan tipine sahip olan avlulu bina formunda iki farklı plan tipi (A Blok ve B Blok) oluşturulmuştur. Söz konusu toplu konut projesi Bursa'da ele alınan toplu konut projesi ile aynı yüz ölçüme (174533 m²) ve kullanıcı sayısına (6336 kişi) sahip olacak şekilde geliştirilmiştir (**Şekil 5**). Diyarbakır İli için geliştirilen toplu konut projesinde 50 adet A Blok (4 kat), 49 adet B Blok (4 kat) yer almaktadır (**Şekil 6-7**).



Şekil 5. Diyarbakır ili için geliştirilen toplu konut projesi arazi ve Vaziyet Planı



Şekil 6. A Blok Plan Tipi ve Çatı Planı



Şekil 7. B Blok Plan Tipi ve Çatı Planı

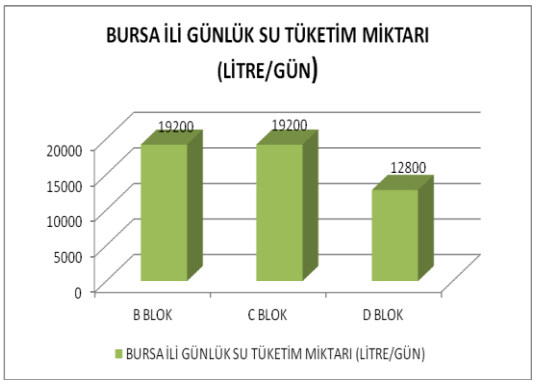
Çalışmada yağmur suyu miktarı hesaplamalarına ilişkin kabuller aşağıdaki gibidir.

- Bursa'daki B,C ve D bloklarda yağmur suyunun sadece çatılardan, Diyarbakır'daki A ve B bloklarında ise bina formunun avantajından faydalanılarak, yağmur suyunun hem çatılardan hem de avlulardan toplanabileceği kabul edilmiştir.
- Bursa'da ve Diyarbakır'daki toplu konut projelerindeki her dairde 4 kişi yaşadığı kabul edilmiştir.
- Bursa'daki toplu konut projesindeki B, C, D bloklarda ve Diyarbakır'daki toplu konut projesindeki A ve B bloklarda kişi sayısı, daire sayısı, kat adedi, çatı alanı, avlu alanı, blok sayısı ve arsa alanı gibi verilere ilişkin açıklamalar Çizelge 1'de verilmiştir.
- Türk Standartı (TS) 1258 Temiz Su Tesisatı Hesap Kurallarında belirlenen küvetli konutlarda su ihtiyacının en az 100 litre alınması prensibine göre Diyarbakır ve Bursa illerinde günlük kişi başına düşen su tüketim oranı 100 litre/kişi-gün olarak kabul edilmiştir **[7].**

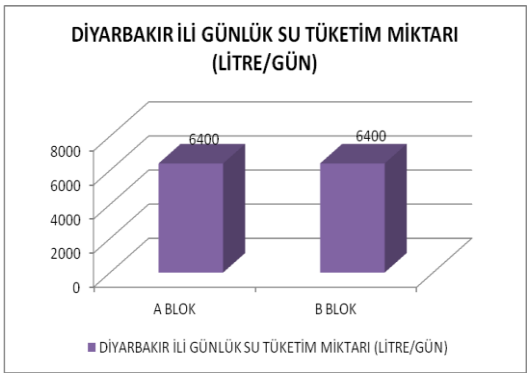
Her iki toplu konut alanındaki kişi sayısı aynı olduğu için toplam su tüketim miktarı da aynı ancak binalara göre dağılımı farklı olacaktır. Buna göre Bursa İli'nde B, C ve D bloklarda, Diyarbakır İli'nde A ve B bloklarda günlük toplam su tüketim miktarları Şekil 8 ve Şekil 9'da belirtilmektedir.

Çizelge 1. Bursa ve Diyarbakır illerinde ele alınan toplu konut projelerine ilişkin, kişi sayısı, daire sayısı, kat adedi, çatı alanı, avlu alanı, blok sayısı ve arsa alanı değerleri

	blok	kişi sayısı	daire sayısı	toplam kişi sayısı	kat adedi	çatı alanı (m²)	avlu alanı (m²)	blok sayısı	toplam çatı alanı (m²)	toplam avlu alanı (m²)	toplam arsa alanı (m²)
Bursa	B	192	48	6336	12	385	–	9	17925	-	174533
	C	192	48		12	537	–	20		-	
	D	128	32		8	620	–	6		-	
Diyarbakır	A	64	16	6336	4	400	32	50	40874	4883	174533
	B	64	16		4	426	67	49			



Şekil 8: Bursa İli Günlük Su Tüketim Miktarı Grafiği B-C-D Blok (litre/gün)

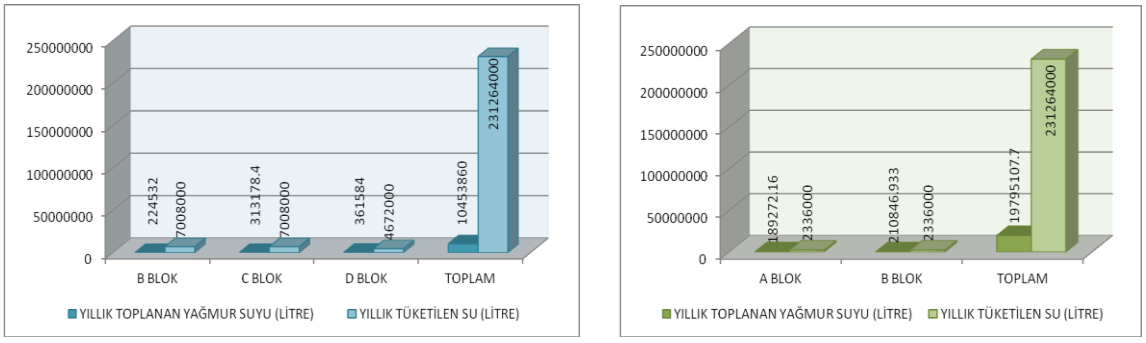


Şekil 9: Diyarbakır İli Günlük Su Tüketim Miktarı Grafiği A ve B Blok (litre/gün)

- Bursa İli'nde ele alınan plan tiplerinde binanın çekirdek bölümü teras çatı, diğer bölümleri kırma çatı olarak hesaba katılmıştır. DIN 1989-1:2002-04.01 "Yağmur suyuna ilişkin, planlama, tesisat, uygulama ve bakım standardı" na göre kırma ve teras çatılar için yağmur suyu kazanç katsayısı 0.8 olarak hesaba katılmaktadır.
- Diyarbakır İli'nde ele alınan planlardaki çatı tipi çakılsız düz çatı olup yağmur suyu kazanç katsayısı 0.8 olarak, plan tiplerinde yer alan avlu için ise kazanç katsayısı 0,5 olarak hesaplamaya dahil edilmiştir.
- 2012 yılı yıllık ortalama yağış miktarı; Bursa İli için 810 mm ve Diyarbakır İli için 625.9 mm'dir **[8]**.

4.1. Blokların Çatı Alanlarından Toplanan Yıllık Yağmur Suyu Miktarlarının Hesaplanması

Bölüm 3.1'de verilen formüle göre hesaplanan Bursa İli'nde B, C ve D blokların çatı alanlarından toplanan yıllık yağmur suyu miktarları ile aynı bloklarda yıllık tüketilen su miktarları ve Diyarbakır İli için A ve B blokların çatı alanlarından toplanan yıllık yağmur suyu miktarları ile aynı bloklarda yıllık tüketilen su miktarları Şekil 10'de belirtilmiştir.

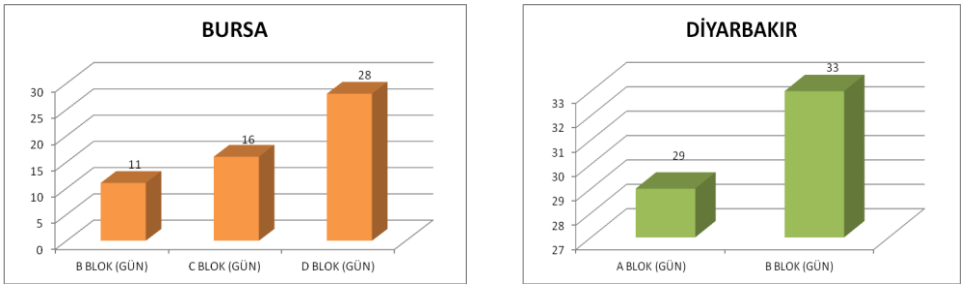


Şekil 10 Bursa ili için B, C ve D Blokların ve Diyarbakır ili için A ve B Blokların çatı alanlarından ve toplu konut yerleşkesinin tamamının çatı alanlarından toplanan yıllık yağmur suyu miktarları ile aynı bloklarda ve yerleşkenin tamamında yıllık tüketilen su miktarları (litre)

Şekil 10'daki çatı alanlarından toplanan yıllık toplam yağmur suyu verilerine göre hesaplanan, Bursa ilindeki toplu konut yerleşmesinde kişi başına toplanan yıllık yağmur suyu miktarı 1650 litre, Diyarbakır ilindeki toplu konut yerleşmesinde kişi başına yıllık toplanan yağmur suyu miktarı ise 3124 litredir. Diyarbakır ilinde kişi başına elde edilen yağmur suyu miktarı Bursa iline göre % 89 daha fazladır.

4.2. Bursa İli'nde B, C ve D bloklarda, Diyarbakır İli'nde A ve B bloklarda 1 yılda toplanan yağmur suyu miktarının aynı bloklardaki kaç günlük su tüketimini karşılayacağının belirlenmesi

Bursa İli'nde B, C ve D bloklarda, Diyarbakır ili'nde A ve B bloklarda, 1 yılda toplanan yağmur suyu miktarının aynı bloklar için hesaplanan günlük toplam su tüketimine bölünmesiyle ile karşılaştırılmasıyla bulunmaktadır (**Şekil 11**).

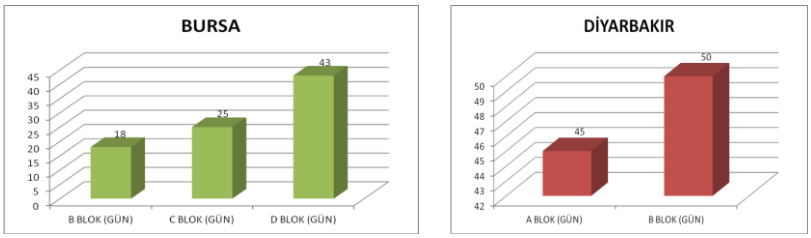


Şekil 11. Bursa ve Diyarbakır illerinde 1 yılda toplanan yağmur suyu miktarının ele alınan bloklarda kaç günlük su tüketimini karşılayacağına ilişkin değerler

Bursa ilinde çatılardan elde edilen yıllık yağmur suyu miktarı ile B, C ve D bloklarında gerçekleşen yıllık su gereksinim miktarlarının % 4,5'inin, Diyarbakır ilinde çatılardan ve avludan toplanan yıllık yağmur suyu miktarı ile de A ve B bloklarında gerçekleşen yıllık su gereksinim miktarlarının % 8,5'inin karşılandığı görülmektedir.

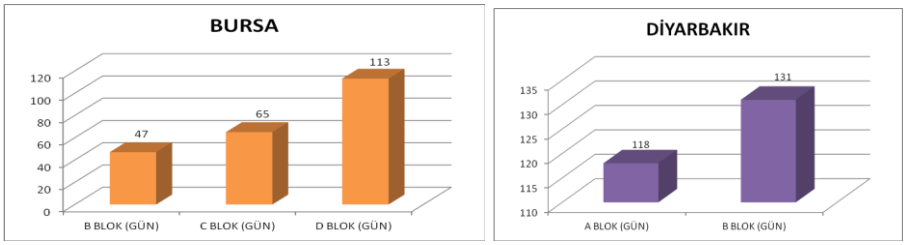
4.3. Bursa İli'nde B, C ve D bloklarda, Diyarbakır İli'nde A ve B bloklarda 1 yılda toplanan yağmur suyu miktarının aynı bloklarda rezervuar, duş, lavabo ve banyolarda kullanılması ile kaç günlük su tüketimini karşılayacağının belirlenmesi

Günlük evsel su tüketim oranlarından yola çıkarak rezervuar, duş, lavabo ve banyolarda gerçekleşen evsel su tüketimi oranlarından (%25+%40) yola çıkarak; Bursa ilinde B, C ve D bloklarda, Diyarbakır ilinde A ve B bloklarda, 1 yılda toplanan yağmur suyu miktarının, aynı bloklarda rezervuar, duş, lavabo ve banyolarda kullanılması ile kaç günlük su tüketimini karşılayacağı hesaplanmaktadır. (**Şekil 12**)



Şekil 12. Bursa ve Diyarbakır illerinde 1 yılda toplanan yağmur suyu miktarının ele alınan bloklarda rezervuar, duş, lavabo ve banyolarda kullanılması ile kaç günlük su tüketimini karşılayacağına ilişkin değerler

Bursa ilinde çatılardan elde edilen yıllık yağmur suyu miktarı ile B, C ve D bloklarında rezervuar, duş, lavabo ve banyolarda gerçekleşen yıllık su gereksinim miktarlarının % 7'sini, Diyarbakır ilinde çatılardan ve avludan toplanan yıllık yağmur suyu miktarı ile de A ve B bloklarında sadece rezervuar, duş, lavabo ve banyolarda gerçekleşen yıllık su gereksinim miktarlarının % 13'ünü karşılandığı görülmektedir.
Aynı hesaplama sadece rezervuarlarda gerçekleşen su tüketimi oranı (%25) ele alınarak tekrarlandığında ise Şekil 13'deki sonuçlar elde edilmektedir.



Şekil 13. Bursa ve Diyarbakır illerinde 1 yılda toplanan yağmur suyu miktarının ele alınan bloklarda sadece rezervuarlarda kullanılması ile kaç günlük su tüketimini karşılayacağına ilişkin değerler

Bursa ilinde çatılardan elde edilen yıllık yağmur suyu miktarı ile B, C ve D bloklarında sadece rezervuarlarda gerçekleşen yıllık su gereksinim miktarlarının % 18'ini, Diyarbakır ilinde çatılardan ve avludan toplanan yıllık yağmur suyu miktarı ile de A ve B bloklarında sadece rezervuarlarda gerçekleşen yıllık su gereksinim miktarlarının % 34'ünü karşılandığı görülmektedir.

5. SONUÇ

Su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ve su tasarrufunun sağlanması açısından binalarda yağmur suyunun kullanılması teknolojisinin yaygınlaştırılması önem taşımaktadır. Bu çalışmada; ılımlı-nemli ve sıcak-kuru iklim bölgelerinde yer alan Bursa ve Diyarbakır illeri için geliştirilmiş olan aynı yoğunluk ve yerleşme alanına sahip, ancak farklı iklim bölgelerinde farklı bina formları ile gerçekleştirilmiş yerleşmelerden elde edilen yağmur suyu miktarları hesaplanmış ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Diyarbakır ili için önerilmiş olan yatayda gelişmiş, düz çatılı ve avlulu plan tiplerine sahip binalardaki yağmur suyu toplama

alanlarının, Bursa ili'ndeki binalardaki yağmur suyu toplama alanlarına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle kişi başına toplanan yağmur suyu miktarının, Bursa ili yıllık ortalama yağış miktarı Diyarbakır ilinden fazla olmasına rağmen Diyarbakır ili için Bursa İli'nden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Binalarda yağmur suyu toplama miktarlarının sadece binanın bulunduğu iklim bölgesine bağlı olarak gerçekleşen yağış miktarlarına değil aynı zamanda binanın formuna da bağlıdır.
- Aynı kişi ve daire sayısı ve taban alanına sahip ancak farklı bina formlarıyla oluşturulmuş yerleşmelerde, bina formuna bağlı olarak farklı yağmur suyu toplama alanları oluşabileceğinden, toplanabilen yağmur suyu miktarları da farklı olabilmektedir.
- Yağmur suyu toplama alanları ve yüzey malzemesi toplanacak yağmur suyu miktarlarını etkilemektedir.
- Çatı alanı ve yıllık yağış miktarına bağlı olarak elde edilen yağmur suyu miktarı yatayda gelişen yerleşmelerde, düşeyde gelişen yerleşmelere oranla daha da artabilmektedir.
- Arazilerin sınırlı ve çok değerli olması nedeniyle, çok katlı ve düşeyde gelişen yerleşmeler tercih edilmektedir. Bunun sonucu olarak da çatı alanı ve yıllık yağış miktarına bağlı olarak elde edilen yağmur suyu miktarları azalmakta ve toplu konut yerleşmelerinin yıllık su gereksinim miktarlarının çok az bir bölümü yağmur suyu ile karşılanabilmektedir. Bu nedenle, binalarda en önemli su korunumu stratejilerinden biri olan yağmur suyu eldesi ile birlikte su korunumuna ilişkin diğer stratejilerin de kullanılması gerekmektedir.

Yağmur suyunun binalarda kullanılması ile belli ölçüde su tasarrufu sağlanabilmekle birlikte, tasarım aşamasında kontrol edemediğimiz; yerleşmelerin bulunduğu bölgelerin yıllık yağış miktarları, kullanıcının sosyo-ekonomik durumuna ve kültür düzeyine göre de değişkenlik gösteren su tüketim miktarlarının binaların su tasarrufu üzerindeki etkisi de göz ardı edilmemelidir.

KAYNAKLAR

1. Url-1<http://suen.gov.tr/tr/icerik/turkiye-su-politikasi/21>, alındığı tarih 20.02.2014
2. Alpaslan, N.,Tanık, A., Dölgen, D.; 2008; "Türkiye'de su yönetimi sorunlar ve öneriler" TÜSİAD Yayın No: T/2008-09/469.
3. Karahan, A.; 2009: "Gri suyun değerlendirilmesi", IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
4. Dölgen, D., Baban, A., Alpaslan, M.N.; 2006; "Use of rainwater cistern systems (RWCS) as an alternative for freshwater augmentation", Sustainable Water Management, 1, 11-13.
5. Berköz, E., ve diğ., 1995, "Enerji etkin konut ve yerleşme tasarımı", Araştırma Raporu TÜBİTAK-INTAG 201.
6. DIN 1989-1:2002-04.01, Rainwater harvesting systems - Part 1: Planning, installation, operation and maintenance
7. TS 1258, "Temiz Su Tesisatı Hesap Kuralları"; Ekim 1983
8. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, "2012 yılı yağış değerlendirmesi", http://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/2012-yagis-degerlendirmesi.pdf

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

SAĞLIK YAPILARINDA YANGIN EMNİYET ÖNLEMLERİ VE TAHLİYE STRATEJİLERİ

Furkan ERUÇAR[a]
İTÜ FBE CKY Programı
Yrd. Doç. Dr. Nuri SERTESER[b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü YFÇK Çalışma Grubu
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Yangın, kısa sürede büyük zarar veren, can ve mal kaybına yol açan bir afettir. Böyle yıkıcı bir afet karşısında, gerek kullanıcılarının fiziksel ve zihinsel özellikleri, gerekse de bu tür yapılarda depolanan yanıcı özelliğe sahip maddeler nedeniyle, sağlık yapılarının korunumu daha önemli bir hale gelmektedir. Sağlık yapılarının içerdiği değişik işlevler ve depolanan yanıcı maddeler nedeniyle bu yapılarda yangın tehlikeleri de çok çeşitli olmaktadır. Bu çalışmada, sağlık yapılarının kullanıcı özellikleri, bu tip yapılarda karşılaşılan yangın tehlikeleri, alınması gerekli yangın emniyet önlemleri ve kullanıcıların tahliyesinde kullanılan metotlar açıklanmıştır.

Anahtar sözcükler: Yangın, Sağlık yapıları, Yangın emniyet önlemleri, Tahliye stratejileri

ABSTRACT

Fire is a disaster which can cause great harm in a short time. In the face of such a disaster, importance of protecting of health care facilities becomes more important because of physical and mental conditions of their occupants and stored combustible and flammable materials in these type of buildings. Fire hazards in these type of buildings are many and varied due to the various functions these buildings provide and stored hazardous materials. In this study, user conditions in health care facilities, encountered fire hazards in these type of buildings, fire measures need to be taken and evacuation methods which are used to evacuate the occupants are explained.

Key words: Fire, Health care facilities, Fire safety measures, Evacuation strategies

[a] e-posta adresi: furkan_erucar@hotmail.com
[b] e-posta adresi: serteser@itu.edu.tr

1.GİRİŞ

Hastaneler, Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY)'e göre otel, sinema, tiyatro, lokanta, okul, yurt, lokal, işyeri, açık ve kapalı spor tesisleri, eğitim ve dinlenme tesisleri gibi "kamuya açık bina" olarak değerlendirilmektedir. "Sağlık hizmeti amaçlı binalar" kullanım sınıfı bakımından, eğitim amaçlı binalar, tutukevi, cezaevi ve ıslah evleriyle beraber "kurumsal binalar" sınıfı altında incelenmektedir. Sağlık hizmeti amaçlı binaların tanımı ise yönetmeliğimizde şu şekilde yapılmıştır: "Bedensel veya zihinsel bir hastalığın veya yetersizliğin tedavisinin veya bakımının yapıldığı veyahut küçük çocuklar, nekahet halindeki kişiler veya bakıma muhtaç yaşlıların bakımları için kullanılan ve dört veya daha fazla kişinin yatırılabildiği binaları veya binaların bu amaçla kullanılan bölümlerini kapsar. Hastaneler, huzurevleri, çocuk bakım ve rehabilitasyon merkezleri, dispanserler ve benzeri yerler bu sınıfa girer. Sağlık ocakları, özel klinikler, revirler, teşhis ve tedavi merkezleri ve tıbbi laboratuvarlar da bu sınıftan sayılır" **[1].**

Görüldüğü üzere sağlık hizmeti amaçlı binalar konuyla ilgili farklı pek çok farklı sağlığı ilgilendiren fonksiyonu da kapsamaktadır. İçerdiği fonksiyon alanlarındaki çeşitlilik, yüksek risk içeren alanların varlığı, farklı kullanıcı gruplarını barındırma özelliği ve sağlık sorunu olan çeşitli yaş ve kullanıcı gruplarının tahliye edilme güçlüğü nedeniyle sağlık yapıları yangın bakımından özel önem arz etmektedir.

2. SAĞLIK YAPILARINDA KULLANICI ÖZELLİKLERİ

Sağlık yapılarında yangın emniyet önlemlerini etkileyen unsurlardan en önemlisi kullanıcı özellikleridir. Bu yapıların kullanıcıları arasında bedensel veya zihinsel hastalığa veya yetersizliğe sahip kişiler, küçük çocuklar, yerinden hareket edemeyecek durumdaki kişiler ve bakıma muhtaç yaşlılar yer almaktadır. Çocuklar, yaşlılar ve belirli sağlık problemleri olan kişiler, düşük seviyelerdeki yangın sıcaklığı ve yanma ürünlerinden diğer insanlara göre çok daha fazla etkilenmektedir. Örneğin toplumda, yaşlı ve çocukların yaklaşık olarak %15'i ve yetişkinlerin yaklaşık olarak %5'i astımlı kişilerden oluşmakta olup yangın sonucu oluşan zehirleyici gazlara karşı daha hassastırlar. Bozuk kalp perfüzyonu olan kişiler boğucu gazlara karşı özellikle daha duyarlıdır. Buradan da anlaşılacağı gibi sağlık yapılarındaki kullanıcılar, genelde yangına karşı yüksek hassasiyeti olan, olası bir yangın durumunda kendi başlarına sağlıklı kararlar alamayacak ya da alsa bile uygulayamayacak kişilerdir **[2].**

3. SAĞLIK YAPILARI YANGINLARI VE YANGIN TEHLİKELERİ

Ülkemizde sağlık yapılarında çıkan yangınların nedenlerinin ve sonuçlarının işlendiği ayrı bir istatistiki veriye kolayca ulaşılamamaktadır. Sadece internet üzerinden yapılan araştırmalarla sağlık yapılarında çıkan yangınlar ve bunların etkilerine, uzman bilgisi olmadan yapılan yorumlara erişilebilmektedir. National Fire Protection Association (NFPA) tarafından A.B.D.' deki yangın raporları çok detaylı olarak sunulmaktadır. Ülkemizde de yangınların sadece konut, ot, araç yangını olarak değil, bu şekilde bina sınıflarına kadar detaylandırılarak istatistiki hale getirilmesi ileride bu konuda yapılacak çalışmalara büyük kolaylık sağlayacaktır. Türkiye'de ve

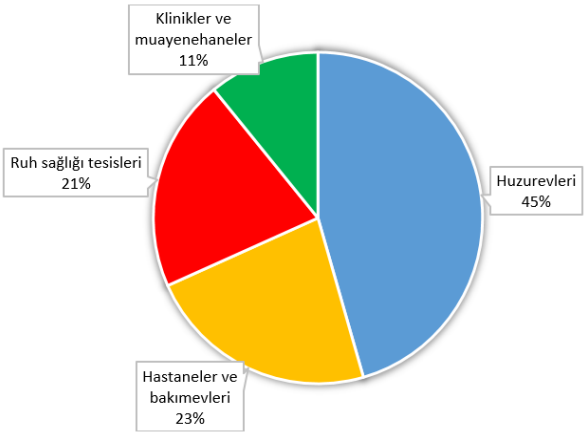
dünyada son yıllarda meydana gelen sağlık yapılarındaki bazı yangınlara ait bilgiler **Tablo 1**'de sunulmaktadır.

Tablo 1: Yangın yeri, tarihi, bina bilgileri, sebepleri ve sonuçları

Şehir/ Ülke	Yapı	Tarih	Sebep/Mekan	Sonuç
Bursa/Türkiye	Şevket Yılmaz Hastanesi	Mayıs 2009	Elektrik Kontağı	8 ölü
İstanbul/Türkiye	Süreyyapaşa Göğüs Hastalıkları Hastanesi	Haziran 2010	İzolasyon malzemesinin tutuşması	-
Ankara/Türkiye	İbni Sina Hastanesi	Mart 2014	Mutfak	-
İstanbul/Türkiye	Bakırköy Ruh ve Sinir Hastalıkları Hastanesi	Şubat 2016	Elektrik kontağı	-
İzmir/Türkiye	Zübeyde Hanım Huzurevi	Ağustos 2015	Elektrik kontağı	1 ölü, 11 yaralı
Kocaeli/Türkiye	Rehabilitasyon Merkezi	Ocak 2016	Kazan dairesi	-
Cizan/Suudi Arabistan	Cizan Genel Hastanesi	Aralık 2015	Elektrik arızası	25 ölü, 107 yaralı
Mexicali/Meksika	Beautiful Sunset Huzuerevi	Haziran 2015	Kundaklama	17 ölü, 5 yaralı
Zaragoza/İspanya	Santa Fe Huzurevi	Temmuz 2015	Odadaki şiltenin tutuşması	8 ölü, 12 yaralı
Krasilovo/Rusya	Rehabilitasyon Merkezi	Nisan 2014	Sigara	8 ölü, 6 yaralı

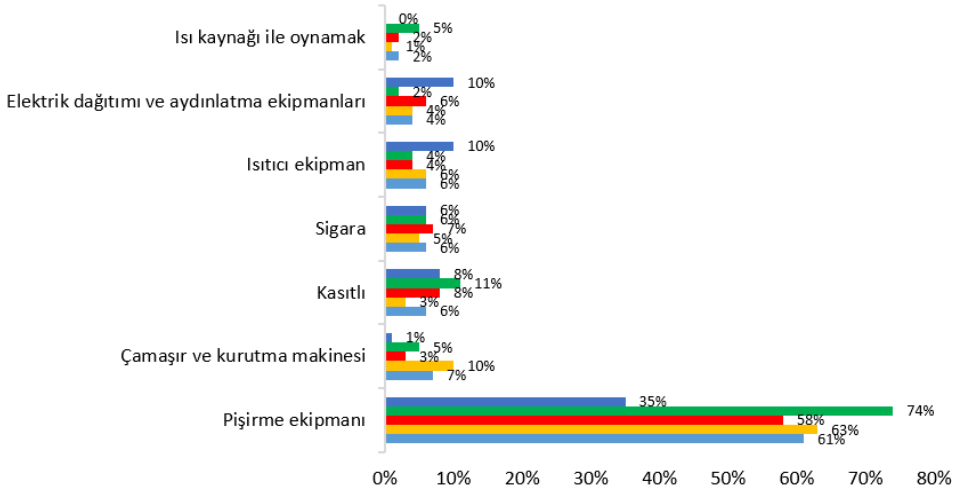
Tablodan da görülebileceği üzere sağlık yapılarındaki yangınlar farklı sebepler ve mekanlarda ortaya çıkmaktadır. Yangının kaynağı bir elektrik kontağı olabildiği gibi mutfaklarda yemeklerin ihmal sonucu ateşte bırakılması ya da söndürülmemiş bir sigara da olabilmektedir. Bu konuda Türkiye'de detaylı istatistikler bulunmadığı için yangının sebepleri konusunda bir yüzde vermek mümkün değildir. Hindistan'da yapılan bir araştırmaya göre, hastanelerde özellikle yoğun bakım ünitelerinde meydana gelen yangınların başlıca sebebi olarak oksijen yönünden zengin olan hava gösterilmektedir. Yangının başlaması için gerekli olan ısı enerjisi, oksijen yoğunluğunun yüksek olduğu ortamlarda düşük seviyelerdedir. Oksijen yönünden zengin olan bir ortamda ufak bir ısı artışı ya da kıvılcım yangınların başlaması için yeterli olabilmektedir **[3].**

NFPA tarafından hazırlanan, 2013 yılında revize edilen ve 2006-2010 yılları arasında sağlık yapılarında meydana gelen yangınları inceleyen raporda pek çok detay ayrıntılı biçimde paylaşılmıştır.



Şekil 1: NFPA raporlarına göre 2006-2010 yılları arasında sağlık yapılarında meydana gelen yangınların binada verilen hizmete göre dağılımı

Örneğin **Şekil 1**'deki diyagrama bakarak A.B.D.' de sağlık yapılarında en fazla huzurevlerinde yangın çıktığı görülmektedir. Bir başka diyagramda ise yangınların nedenleri istatistiki olarak sunulmaktadır.



Şekil 2: NFPA raporlarına göre 2006-2010 yılları arasında sağlık yapılarında meydana gelen yangınların nedenleri ve dağılımları

Şekil 2'de A.B.D.' de sağlık yapılarında meydana gelen yangınların çoğunun mutfaklarda yemek pişirme ekipmanlarından kaynaklandığı anlaşılmaktadır **[4].**

4. SAĞLIK YAPILARINDA YANGIN EMNİYET ÖNLEMLERİ

Yangın emniyeti, yangından kaynaklanabilecek zararın azaltılması amacıyla gerçekleştirilen uygulamaları tarif eder. Yangın emniyet önlemleri, yangının başlamasını engelleyen ve başlayan bir yangının gelişimini ve etkilerini sınırlandırmaya yönelik alınan tedbirlerdir. Bu önlemler, pasif ve aktif önlemler olmak üzere ikiye ayrılır.

4.1. Pasif Yangın Emniyet Önlemleri

Pasif yangın emniyet önlemleri, mimari tasarımda ilave enerji gerektirmeksizin yer alan ve tasarımın kendisi kullanılarak gerçekleştirilen önlemleri kapsar. Kaçış yollarının düzenlenmesi, sirkülasyon araçlarının yerleşimi, sayı ve kapasitelerinin belirlenmesi, kompartmanlara ayırma vb. düzenlemeler bu başlıkta yer alır. Doğru uygulandığı takdirde, pasif yangın emniyet önlemleri aktif sistemlerin çalışması için gerekli olan zamanı ve ortamı yaratırlar.

Sağlık yapılarında kullanılan tahliye stratejilerinde pasif yangın önlemleri önemli bir yer tutar. Özellikle yerinde koruma stratejisinde pasif önlemlerin yeterli yangın mukavemetini göstermesi zorunludur. BYKHY'de Madde 49 sağlık yapıları ile ilgilidir. Buna göre hastanelerin ve bakımevlerinin 300 m^2'den büyük olan yatılan katlarının her biri, en az yarısı büyüklüğünde iki veya daha fazla yangın kompartımanına ayrılır veya korunumlu yatay tahliye alanları teşkil edilir. Yatay tahliye alanlarının hesaplanmasında kullanıcı yükü 2.8 m^2/kişi olarak dikkate alınır **[1].** Sağlık yapılarında hasta odaları birbirlerinden yangına dayanıklı yapı elemanlarıyla ayrıldığı takdirde her biri birer yangın zonu olarak değerlendirilebilir. Bu mekanlarda kapıların duman sızdırmaz özellikte olması beklenir. Ayrıca yangın ve duman binalarda düşey yönde hareket eğiliminde olduğundan, şaftların ve diğer düşey açıklıkların yangına dayanıklı malzemelerle yalıtılması, şaftlardan geçen havalandırma kanallarında yangın damperleri kullanılması zorunludur. Sağlık yapılarında gerek kullanım işlevinden gerekse de bulundurduğu yanıcı malzeme içeriğinden dolayı yüksek risk içeren bölümler yer almaktadır. Bu bölümlerin yangın kesici malzemelerle binanın diğer bölümünden ayrılması yangının yayılmasını ve büyümesini engelleyecektir. Bu tehlikeli alanlara örnek olarak laboratuvarlar, kazan daireleri, mutfaklar, alkol ve yakıt depoları, medikal gaz depolama odaları verilebilir **[5].**

Oksijen, diazot monoksit ya da bu gazların karıştığı alanlar ve medikal gaz depoları; kritik hasta bakım alanları, anestezi odaları, yanıcı madde ve sıvı depoları, elektrik odaları ve mutfaklar gibi yakıt, yanıcı ve parlama kaynağı olabilecek malzemeler içeren mekanlar ile yan yana veya yakın pozisyonda konumlandırılmamalıdır **[6].**

4.2. Aktif Yangın Emniyet Önlemleri

Aktif yangın emniyet önlemleri, binada alınan pasif önlemleri bütünlemek üzere ilave enerji kullanılarak tasarımda yer verilen mekanik ve elektriksel sistemleri içerir. Dedektörler, yağmurlama başlıkları, diğer söndürme sistemleri, duman uzaklaştırma sistemleri vb. bu grupta yer alır.

Bu sistemlerin çalışması yangın söndürme tüpleri gibi manuel ya da yağmurlama sistemleri gibi otomatik olabilmektedir. Binanın ana güç kaynağı yangın sırasında güvenilir olamayabileceği için aktif sistemlerin enerji beslemelerinde acil durumlar için ayrılmış yedek bir güç kaynağı bulunmalıdır.

Sağlık yapılarında akıllı sistemlerin kullanılması ve zonlama yapılarak yangının çıktığı yerin tespit edilmesi önemlidir. Ayrıca uyarı sistemleri insanların paniğe kapılmasını önlemek için sadece yetkili kişilerin anlayabileceği şekilde şifreli olarak yapılabilir. Operasyon odalarında sesli ikaz yerine ışıklı ikaz sistemlerinin bulunması gerekmektedir **[7].**

Söndürme sistemlerinin amacı yangını söndürmek ve kontrol altına almaktır. Sağlık yapılarındaki alanların içerdiği yanıcı maddeler göz önüne alınarak, uygun türdeki yangın söndürücülerin ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılması gerekmektedir. Örneğin alkol depolarında köpük ve kuru kimyasal tozlu söndürücüler bulundurulması gerekirken, hasta odalarında sulu söndürme sistemlerinin kullanılması uygun olacaktır. Kompartmanlarda kullanılacak olan yağmurlama sistemlerinde hızlı tepki veren (fast-response) başlıkların kullanılması, yangınların söndürülmesine yardımcı olabilmektedir **[8].**
Yağmurlama sistemlerinin kullanımı duman üretimini sınırlandırmaya yardımcıdır. Fakat duman kontrolü için yağmurlama sistemleri tek başına yeterli değildir. Bunun yanında yangın ve duman damperlerinin de kullanımı gereklidir. Ayrıca kaçış yollarında ve kaçış merdivenlerinde basınçlandırma sağlanarak dumanın bu bölümlere girmesi engellenmelidir.

5. SAĞLIK YAPILARINDA YANGINDAN KORUNMA STRATEJİLERİ

Sağlık yapılarında ayakta tedavi olan hastalarla birlikte yatarak tedavi olan, yoğun bakım servisinde bulunan ve ameliyat olan hastalar da yer alır. Yatarak tedavi olan hastalar genelde hareket kabiliyeti sınırlı ve belirli bir süre yatağa bağlı olması gereken kişilerdir. Diğer yandan yoğun bakımdaki ve/veya ameliyatta olan hastaların bir yangın sebebiyle hareket ettirilmesi bile hayati riskler oluşturmaktadır. Bu tür bina kullanıcıları için değişik korunma ve tahliye stratejileri geliştirilmiştir.

Tüm bina kullanıcıları tek seferde bina dışına tahliye edilebildiği gibi kademeli veya fazlı olarak da tahliyeler gerçekleştirilebilir.

5.1. Yerinde Korunma (Shelter in Place/ Defend in Place) Stratejisi

Bazı durumlarda bina kullanıcılarının direkt olarak bina dışına tahliyesi uygun olmayabilir. Özellikle sağlık yapılarında yangın anında tüm bina kullanıcılarını aynı kat hizasındaki emniyetli ve duman sızdırmayan bir kompartımana geçişlerinin sağlamak yerine binayı tamamen boşaltmaya çalışmak daha tehlikeli bir durum yaratacaktır. Yerinde koruma stratejisi kaçış merdivenleri ile bağlantılı olmasa bile bina katını iki veya daha fazla duman sızdırmaz kompartman alanlarına bölmeyi gerektirir. Yani strateji, kat düzleminde özellikle duman sızıntısına karşı korunumlu kompartıman alanları oluşturmayı ve bina kullanıcılarının yangında belirli bir süre boyunca hayatta kalabilmeleri için bu kompartman alanları arasında yatay yönde hareketine imkan tanır. Yerinde korumada düşey yönde tahliye aranmadığı ve yatay yönde hareket gereksinimi olması nedeniyle yer değişimi gereken bina kullanıcıları için insan gücüne ihtiyaç duyulur. Buna karşın ziyaretçiler ve hastalara yardımcı personel dışındaki bina çalışanlarının düşey yönde tahliyesi sağlanmalıdır **[9]**.

BYKHY' e göre yatılan kat alanının 300 m^2'den büyük olması durumunda her biri en az yarısı büyüklüğünde iki veya daha fazla kompartımana bölünür veya korunumlu yatay tahliye alanları oluşturulması gerekir. Yatay tahliye alanlarında kullanıcı yükü 2.8 m² olacak şekilde alan büyüklüğü belirlenir. Bu tahliye alanı NFPA 101' de hasta başına istenmekte, hasta yataklarının bulunmadığı kısımlarda ise 0.56 m² lik alanlar yeterli görülmektedir **[1, 10].**

5.2. Yer Değiştirme veya Kısmi Tahliye (Relocation or Partial Evacuation) Stratejisi

Yer değiştirme veya kısmi tahliye, binanın bir bölümünde bina kullanıcıları normal işlerine devam ediyorken binanın diğer bir bölümündeki kullanıcıların tahliye edilmesi anlamına gelmektedir. Tahliye, öncelik sırası oluşturan kullanımlar gözetilerek belirli bir plan veya kontrol altında gerçekleştirilir. Yüksek tehlike altındaki kullanıcıların tahliyesi, görece az tehlike oluşturan kullanım alanlarından önce yapılmalıdır **[9].**

5.3. Düşey Tahliye (Vertical Evacuation) Stratejisi

Eğer yangına başladığı yerde müdahale edilebiliyor ve söndürülebiliyorsa düşey tahliye stratejisi kullanılabilir. Bu strateji özellikle hareket kabiliyeti olan ve başkalarına muhtaç olmayan kullanıcılar tarafından tercih edilebilir. Düşey tahliye stratejisinin en önemli bileşeni, korunumlu merdivenlerdir. Kaçış merdivenleri tasarlanırken kullanıcı özellikleri, yükü, binanın fiziksel özellikleri ve itfaiyenin bu alanlara erişimi dikkate alınmalıdır.

BYKHY' e göre 25 kişinin aşıldığı yüksek tehlikeli mekanlar ile 50 kişinin aşıldığı her mekanda en az 2 çıkış bulunması şarttır. Kişi sayısı 500 kişiyi geçer ise en az 3 çıkış ve 1000 kişiyi geçer ise en az 4 çıkış bulunmak zorundadır. Ayrıca toplam kullanıcı sayısının 50 ila 500 kişi arasında olduğu katlarda bir kaçış yolunun genişliği 100 cm'den, 501 ila 2000 kişi arasında olduğu katlarda bir kaçış yolunun genişliği 150 cm'den, 2001 ve daha fazla sayıda kullanıcı bulunan katlarda ise bir kaçış yolunun genişliği 200 cm'den az olmayacak şekilde çıkış sayısı bulunmalıdır **[1].**

Kaçış merdivenlerinin ve kaçış yollarını çevreleyen tüm yapı eleman ve bileşenlerinin yangına en az 120 dk dayanıklı olması gerekmektedir. Ayrıca bu alanlara duman girişinin engellenmesi için kapılar yangın kapısı niteliğinde, duman sızdırmaz ve kendiliğinden kapanır özellikte olmalı, bu alanlarda duman tahliyesi için doğal havalandırma ya da basınçlandırma uygulanmalıdır.

Acil durum asansörleri yatağıyla beraber tahliye edilmesi gereken, yürüyemeyen kullanıcılar için düşey tahliyeyi mümkün kılmaktadır. BYKHY' e göre yapı yüksekliği 51.50 m'den daha fazla olan yapılarda en az 1 asansörün acil hallerde kullanılmak üzere acil durum asansörü olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Bu asansörler yangın güvenlik hollerine açılmalı ve boyutlandırılmasında asgari ölçülerin dışında sedye taşıma ve manevrasıyla ilgili gereklilikler dikkate alınmalıdır. Ayrıca asansör şaftlarının ve makine dairelerinin duvarları yangına en az 60 dk dayanıklı olacak şekilde yanmayan malzemeden inşa edilmeli, bu alanlar basınçlandırılmalıdır.

6. SONUÇ

Sağlık yapılarında yangın tehlikeleri çok çeşitli olabilmektedir. Bu tehlikeleri minimize etmek ve ortadan kaldırmak için çeşitli strateji ve çözüm metotlarının izlenmesi gereklidir. Sağlık yapılarında kullanıcıların genel durumu düşünüldüğünde hareket kabiliyeti sınırlı ya da hareket kabiliyeti olmayan kullanıcıların çoğunlukta olduğu görülür. Yerinde koruma, yer değiştirme veya kısmi tahliye ya da düşey tahliye yöntemlerinden hangisi veya hangilerinin yangın gibi acil

bir durumda senaryoya dahil edileceği önceden planlanmalıdır. Pasif yangın emniyet önlemleri esas alınarak bina tasarımında tahliye ile ilgili koşullar oluşturulurken aktif korunma yöntemleri ile alınan bu önlemler desteklenmelidir.

BYKHY' de sağlık yapıları ile ilgili sınırlı sayıda maddede özel düzenlemeler yer almaktadır. Uygulamalardan edinilen tecrübeler ve yapılan bilimsel araştırmalarla alınması gereken özel önlemlere ilişkin hükümler daha kapsamlı hale getirilmelidir.

Bunun haricinde "TS 11851: Sağlık Kuruluşlarında Güvenlik Kuralları Bölüm-5 Yangından Korunma ve Kurtarma Kuralları" isimli yerel standart halen yürürlüktedir **[11].** Fakat bu standardın oluşturulmasında yararlanılan kaynaklar güncel teknolojileri içerecek şekilde yenilenmesine veya tamamen iptal edilmesine rağmen standardın yayınlandığı 1995 yılından bu yana içeriğinde her hangi bir değişiklik yapılmamıştır. Bu standardın da günümüzdeki bilgi birikimi ve tasarımda karşılaşılan problemlere göre güncellenmesi gereklidir.

Sağlık yapılarından tahliyede, tahliye edilen kişinin yardımcısının yine bir insan olduğu göz önünde tutulmalıdır. Bu nedenle yangın gibi felaketlerde kurtarılacak kişilerin emniyetle tahliyelerini sağlamada yardımcı personelin eğitilmesi ve bu eğitimlerin belirli sıklıkta gerçekleştirilecek tatbikatlarla pekiştirilmesi gerekliliği unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. Türkiye Yangından Korunma Yönetmeliği, TÜYAK Teknik kitaplar dizisi No:7, İstanbul, (2015).

2. TSE ISO/TR 13387-8, "Yangın Güvenliği, Bölüm 8: Can Güvenliği – Binayı Kullanan Kişilerin Davranışları, Konumları ve Durumları", TSE, Ankara, (2010).

3. C, Kanchan. "Fires in Indian Hospitals: Root Cause Analysis and Recommendations for Their Prevention", Journal of Clinical Anesthesia 26, (2014), pp: 414-424.

4. A, Marty. "Fires In Health Care Facilities", National Fire Protection Association Fire Analysis and Research Division, (Revised 2013).

5. D, Oral. "Hastanelerde Kaçış Olanakları, Kaçış Yolları Tasarımı ve Kompartımanlara Ayırma", TÜYAK 2015 Semposium Proceedings Book, (2015), pp: 96-108.

6. NFPA 99 Health Care Facilities Code, (2015).

7. K, William E. "Fire Detection, Protection in Critical Facilities", Consulting Specifying Engineer", (2015).

8. Koffel, William E. "Managing Smoke in a Healthcare Facility", Engineered Systems, (2013), pp: 44-49.

9. Life Safety Code Handbook, (2015).

10. NFPA 101 Life Safety Code, (2015).

11. TS 11851, "Sağlık Kuruluşlarında Güvenlik Kuralları Bölüm-5 Yangından Korunma ve Kurtarma Kuralları", TSE, Ankara, (1995).

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

YÜZEYDEN ISITMA SOĞUTMA SİSTEMLİ MODÜLER HİBRİD DUVAR TASARIMI VE PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

[a] Öğr. Gör. Selcen Nur ERİKCİ ÇELİK
[b] Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK
[c] Dr. Aliihsan Koca
[d] Gürsel Çetin
[e] Dr. Zafer Gemici

[a] T.C. İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü
[b] Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Fiziği Bilim Dalı
[c],[d,e] Mir Araştırma ve Geliştirme A.Ş.

ÖZET

Dünyada toplam enerji tüketiminin yaklaşık %30-40'ını oluşturan, binalardaki mekanik ısıtma-soğutma sistemlerinin kullanımını azaltmak, enerji korunumu açısından önemli bir etkiye sahiptir. Sürdürülebilir ve az enerji kullanım oranlarına sahip binaların oluşumunda ise, mekanik sistemler ile beraber yapı elemanlarının da değerlendirilmesi bütüncül bir yaklaşımı oluşturmaktadır. Bu prensipten hareketle, bu çalışmada bina enerji tüketim oranlarının azaltılması noktasında, düşey bina elemanlarını oluşturan ve yapıda genişçe bir alana (m2) sahip olan duvar elemanının farklı bir sistemle düzenlenmesi önerilmektedir. Çalışma kapsamında, hibrid enerji kullanımına elverişli yüzeyden ısıtma soğutma sistemli modüler duvar elemanının binalara entegrasyonu değerlendirilecektir.

Çalışmanın amaçlarından birisi de ürünün mimari tasarım sürecine doğrudan etkisinin belirlenmesi ve süreci etkileyecek çözülmesi gereken konuların saptanmasıdır. Tasarım, uygulama ve kullanım aşamalarında modüler duvar elemanının teknik birleşim ve montaj detaylarının entegrasyonu ile beraber enerji tasarrufu, ısıl tasarruf ve çevresel boyuttaki faydalı etkilerine detaylı olarak değinilecektir.

Sonuç olarak, hazır duvar ürünü yüzeyden ısıtma-soğutmalı modüler hibrid duvar olarak tanımlanarak oluşturulacak ve geleneksel sistemle ısıl konfor açısından karşılaştırılacaktır. Mimari ön değerlendirmelerden sonra tüm mimari tasarım sürecini (tasarım öncesi ve sonrası) etkileyecek uygulama ve kullanımdaki performans, bakım, ömür ve yenileme süreçleriyle ilgili belirli kararlar sonuçlar kısmında değerlendirilecektir.

Anahtar sözcükler: Modüler hazır duvar elemanı, hibrid, mimari tasarım, ısıl konfor, enerji korunumu

THE PERFORMANCE EVALUATION OF THE MODULAR DESIGN OF HYBRID WALL WITH SURFACE HEATING AND COOLING SYSTEM

ABSTRACT

Reducing the use of mechanical heating and cooling systems in buildings, which accounts for approximately 30-40% of total energy consumption in the world and has a major impact on energy conservation. Considering the formation of buildings that have sustainable and low energy utilization, structural elements as well as mechanical systems should be evaluated with a holistic approach. From this point of view, in this study it is proposed that wall elements, which are vertical building elements, and constitute a broad area within the structure, are regulated with a different

[a] e-posta adresi: selcen.erikci@gmail.com, selcennur.erikci@yeniyuzyil.edu.tr
[b] e-posta adresi: ggedik@yildiz.edu.tr
[c] e-posta adresi: ihsankoca@mirarge.com.tr
[d] e-posta adresi: gurselcetin@mirarge.com.tr
[e] e-posta adresi: zafergemici@mirarge.com.tr

system concerning the reduction of building energy consumption ratio. Within the scope of this study, integration of modular wall elements with surface heating and cooling system which are convenient for using hybrid energy, into the buildings will be evaluated.
One of the aims of the study is to determine the direct impact of the product on architectural design process and identify the issues that will affect the process, and need to be resolved. In design, implementation and usage phases, integration of technical combination and montage details of modular wall elements, together with issues regarding energy saving, heat-saving, and other environmental aspects will be discussed in detail.
As a result, the ready-wall product with surface heating and cooling modules will be created and defined as hybrid wall and will be compared with the conventional system in terms of thermal comfort. After preliminary architectural evaluations, certain decisions that will affect whole architectural design processes (pre and post design) such as the performance in implementation and use, maintenance, lifetime, and renewal processes will be evaluated in the results.

Key words: Modular ready-wall element, hybrid, architectural design, thermal comfort, energy saving

1.GİRİŞ

Binalardaki enerji tüketiminin büyük bir bölümünü oluşturan mekanik ısıtma-soğutma sistemlerinin kullanımını azaltmak, enerji korunumu açısından önemli bir etkiye sahiptir. Sürdürülebilir ve az enerji kullanım oranlarına sahip binaların oluşumunda ise, mekanik sistemler ile beraber yapı elemanlarının da değerlendirilmesi bütüncül bir yaklaşımı oluşturmaktadır. Bu prensipten hareketle bu çalışmada, bina enerji tüketim oranlarının azaltılması için düşey bina elemanlarını oluşturan ve yapıda genişçe bir alana (m2) sahip olan duvar elemanının farklı bir sistemle düzenlenmesi önerilmektedir. Bu çalışma kapsamında yüzeyden ısıtma soğutma sistemli modüler duvar elemanının hibrid enerji türüne uygun tasarlanması, performans değerlendirmesi, binalara entegrasyonu ve geleneksel duvar sistemleriyle karşılaştırması incelenecektir.

Bu çalışma 0462.STZ.2013-2 kodlu San-Tez projesi kapsamında yürütülen projenin ön tasarım çalışmaları derlenerek oluşturulmuştur. Devam etmekte olan projede, modüler hibrid duvar ürününün mimari ve mekanik detaylandırılması ve binalarda kullanıma uygun hale getirilmesi üzerine çalışmalar devam etmektedir.

2. MODÜLER HİBRİD DUVAR ELEMANLARI

Hazır duvar elemanlarının tasarlanmasında;

- Mimari tasarım açısından belli standart ve boyutların belirlenmesi,
- Duvar elemanının bulunduğu alana göre detaylandırılması (iç bölme duvar, dış duvar),
- Birleşim noktalarının çözümü,
- Hem tasarımsal hem de yapısal açıdan binaya uyumlu yüzeylerin elde edilmesi

aşamaları üzerinde durularak, bu elemanlar oluşturulacaktır **[1].**

Yüzeyden ısıtma soğutma sistemlerinin avantajları konfor artışı, enerji verimliliği ve çevre dostu olması, rahat ve esnek dizayn, düşük işletme, sıfır bakım maliyetleri ile sessiz çalışma ve hızlı kurulum olarak sıralanabilir.



Şekil 1: Yüzeyden ısıtma soğutma sistemleri **[2].**

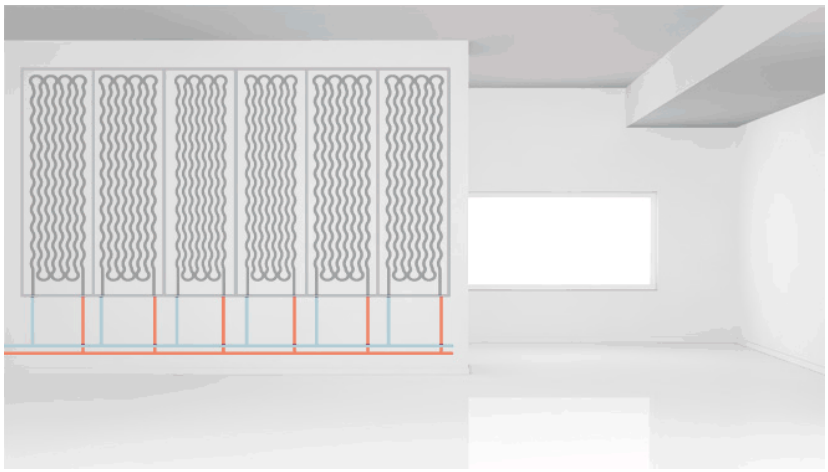
Radyant sistemler olarak adlandırılan bu sistemlerin çalışma prensibi mekânda bulunan hava ile değil, doğrudan kullanıcılar ve ekipmanlarla etkileşim haline geçmesidir. Isıtma modunda, ısınmış yüzeydeki sıcaklık ışıma yoluyla soğuk yüzeylere (insanlar, mobilyalar)doğru geçer.

2.1. Tasarımsal Ölçütler

Mimari tasarım süreci şematik tasarım aşaması ile başlar, tasarımın geliştirilmesi süreci ile devam eder ve yapım uygulama aşamasıyla sonlanır. Bu aşamalar sürekli birbirini etkiler, süreçler arasında döngü, etkileşim yaşanır. Şematik tasarım aşamasında yapıyla ilgili bütün bilgilerin bir araya getirilmesiyle farklı tasarım alternatifleri üretilebilir. Ürünün bilgileriyle yapının özelliklerinin bir araya getirilmesi projenin tasarım stratejisini oluşturur. Tasarım geliştirme sürecinde birçok seçeneğe denenerek karar verilmesi gerekir. Ayrıca pratik uygulamada elde edilecek sonuçların önceden tahmin edilmesi gerekir. Yeni teknolojilerin uygulanmasında, uygulama sonrası ile ilgili bildirime gereksinim duyulur. Uygulama ve kullanımdaki performans, bakım, ömür ve yenileme süreçleriyle ilgili bilgilerin önceden bilinmesi önemlidir ve tüm bu bilgiler mimari tasarım sürecini etkiler.

Tasarım kararları sonucunda modüler hibrid duvar modülleri, bina kullanıcılarına, yatırımcıya ve tasarımcı-uygulayıcıya ayrı ayrı faydalar sağlamaktadır. Fan sesi olmaması ile sessiz çalışma imkânı sağlamaktadır. Hava hareketlerinin çok düşük olması sayesinde de bina kullanıcılarına konfor sağlama koşullarını desteklemektedir. Mekanik sistemin paneller içerisine panel birleşimleri göz önünde bulundurularak yerleştirilmesi ile de temiz, hijyenik tasarımların elde edilmesi amaçlanmaktadır.
Yatırımcı açısından değerlendirildiğinde ise ısıtma ve soğutma mekanizmasının tek bir sistem içerisinde yer alması ve küçük kanalların etkisiyle, modüler paneller daha az yer kaplamaktadır.

Ayrıca üretim modüllerinin planlamasından dolayı düşük işletme ve sıfır bakım maliyetlerine sahip paneller elde edilmektedir. Kanallar arası bağlantıların panel ölçeğinde tutulması, her bir panele ait bakım ve montaj kapaklarının bulunması ve modülerlik özelliği sayesinde ise çabuk ve güvenilir montaj imkânı sağlamaktadır.
Tasarımcıya ve uygulayıcıya ise yerden sağladığı kazanç sayesinde daha yaratıcı ve kesintisiz tasarım olanağı sunmaktadır. Ayrıca her tipte binaya (yeni ve yenilenen) uygun olabilme özelliği sayesinde ise pazarlamada kolaylık ve tercih edilme noktalarında öncelik oluşturmaktadır.



Şekil 2: Şematik hibrid hazır duvar elemanı **[2].**

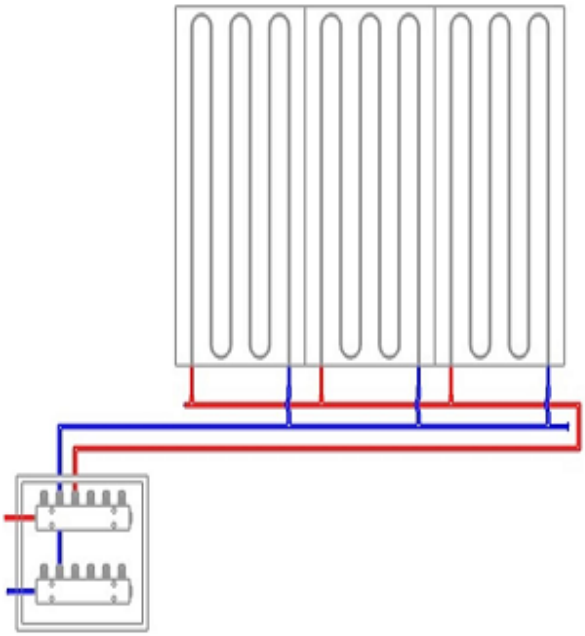
Tasarım ve kullanım esnekliği sağlayabilme özelliği, geleneksel sistemlerle oluşturulmuş duvar elemanlarına gore avantaj sağlar. Bunun yanı sıra modülerlik, kalıp yapımında ve üretiminde kolaylık getirmesi, aynı kalıbın farklı boyutlardaki bileşenlerin üretimi için kullanılabilmesi ile de tasarıma getirdiği kolaylıklar olarak sıralanabilir. Taşıma giderlerini arttırmayacak nitelikte biçim, boyut ve ağırlıklara sahip olması, hem yapımının kolay hem de maliyetinin düşük olmasını sağlayacaktır. Ayrıca modülerliği sayesinde sıva (özellikle dışta) ve iskele gerektirmemesi de inşaat sürecine ek bir katkı olarak değerlendirilmelidir. Hızlı monte edilebilme özelliği ile işçilik maliyetinde azalma ve proje bitiş süresinde kısalma sağlanması da avantajlarındandır.

2.2. Yapısal Ölçütler

Hazır duvar elemanı kesitinin oluşturulmasında ve yapısal tasarımın planlanmasında, ürünün çeşitli kuvvetlere dayanıklılığı, şekil değiştirmezliği ve direnci önemlidir. Oluşturulacak olan tüm hazır duvar alternatiflerinde, performans-maliyet parametresine optimum seviyede uyan, kolay işlenebilen ve ulaşılabilen boyutların belirlenmesine dikkat edilmelidir. İmar yönetmeliklerinin ölçülere getirdiği kısıtlamalar, yapının fonksiyonu, taşıyıcı sistemi, aks aralıkları gibi parametreler değerlendirilerek, duvar elemanının kullanılacağı bina fonksiyon ve yapım sistemlerine göre belli bir standardizasyon amaçlanmaktadır.
Yapısal ölçütlerde dikkat edilmesi gereken konuların başında panellerin en az sayıda bağlantı ve yalıtımlı derz yapımını sağlayacak şekilde olması gelmektedir. Boyutsal sapmaların birleşimlerde

zorluk çıkarmayacak şekilde olması için, panel genişlikleri yapılarda bulunan açıklıklara en uygun şekilde oluşturulmalıdır.
Yapı kabuğunda kullanılacak alternatif kesitlerin birleşim sistemi ve malzemesinin yeterli dayanıklılık ve geçirimsizlik sağlaması, ısısal hareketlere imkân verebilmesi, yeterli ısı geçirgenlik direncine sahip olması termal konfor ve kesit özelliklerinin iyileştirilmesi açısından planlanmalıdır. Gerek panelin kendi içerisinde, gerekse birleşimlerde ısı köprülerinin olmaması ısıl konfor koşullarının mekân içerisinde istenilen değerler arasında kalmasını sağlamak üzere planlanmalıdır.
Modüler hibrit duvar tesisat tasarımında dikkate alınması gereken değişkenler ise;

- Isıtma ve soğutma boru düzeni, borular arası mesafe, istenilen debi, boru çapı,
- Bina ısıtma ve soğutma yüküne göre yüzeyden ısıtma ve soğutma sisteminin ısı akılarının belirlenmesi,
- Tesisat dağıtım sisteminin uygunluğu olarak sıralanabilir.



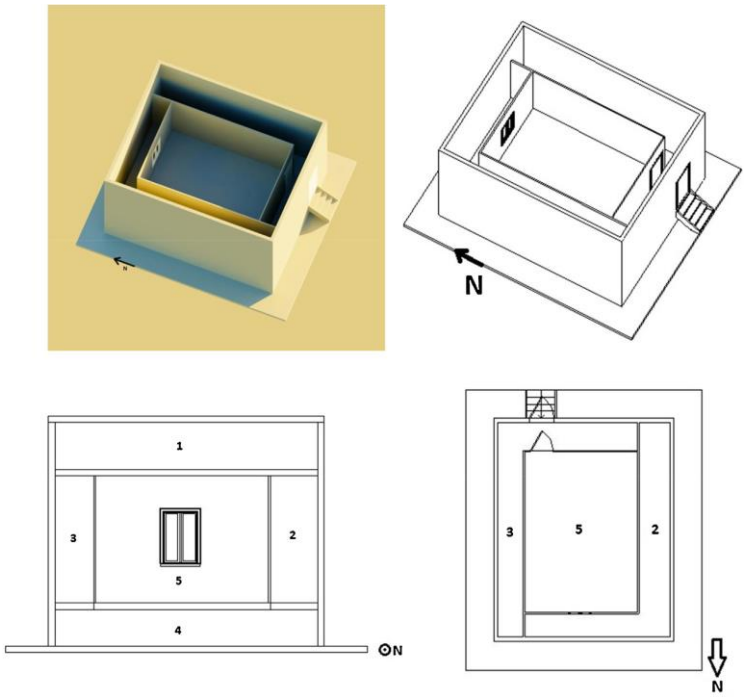
Şekil 3 : Modüler hibrid duvar tesisat tasarımı **[2].**

2.3. Performans Ölçütleri

Ürünün performans ölçütlerinden beklenen yapı kabuğunda kullanılacak alternatif malzemelere karar verilerek uygulanması, belirlenecek optimum yalıtım kalınlığı ile enerji ve maliyet optimizasyonu, yüzeyden ısıtma ve soğutma sisteminin hibrid yapıya entegrasyonu ile verimli ısıtma-soğutma, mekan içerisindeki termal konfor şartlarının iyileştirilmesidir. Elde edilen yapı ürünü ile diğer duvar uygulamalarına göre daha hafif ürün oluşturmak performansın artmasını sağlayacaktır. Tuğla vb. yapı elemanlarıyla oluşturulmuş olan örme duvar sistemleri yerine ısıtma soğutma uygulamasını barındıran hibrid hazır duvar ürününü geliştirmek daha hızlı ve kolay uygulama imkânı sunacaktır.

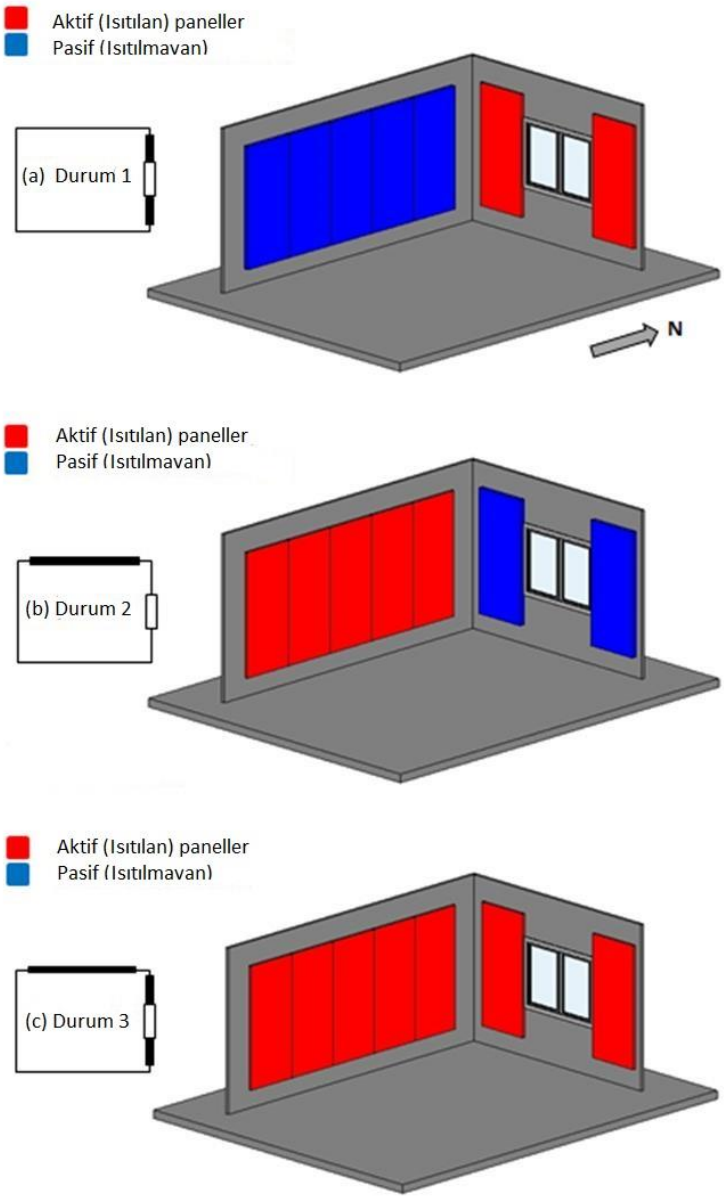
3. HİBRİD DUVAR ELEMANI ÇALIŞMALARI VE DEĞERLENDİRMESİ

Bu çalışmaya ön veri olarak, TEYDEB 3100577 kodlu ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (Tübitak) tarafından desteklenen projenin deneysel sonuçlarından yararlanılmıştır. Daha önce gerçekleştirilen bu projede, analizler ve ölçmelerin gerçekleştirileceği bir test odası oluşturulmuştur. Bu oda beş hacimden meydana gelmektedir: tavan (hacim 1), iç hacim (hacim 2), dış hacim (hacim 3), zemin (hacim 4), ve çalışma hacmi (hacim 5). 24 m^2 (6mx4m) taban alanına sahip olan bu test odasında duvar yükseklikleri 3m. olarak düzenlenmiştir. TS 825 standartlarına göre duvarların ısıl geçirgenlik katsayıları belirlenmiştir **[3]**. Test odasında dış hacme bakan kuzey duvarında yer alan pencere ise çift cam kullanılarak oluşturulmuştur **[4]**.



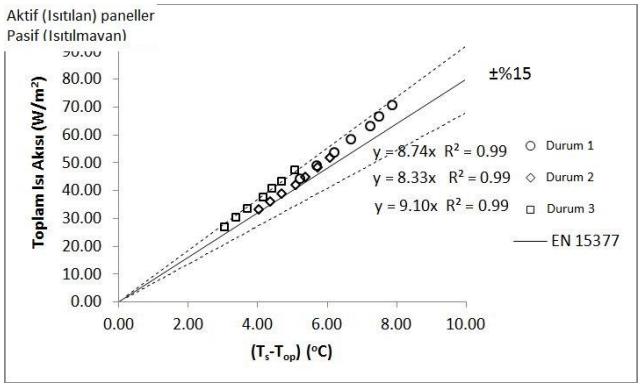
Şekil 4: Test odasından görünüşler **[4].**

3 farklı şekilde çalışma hacminde bulunan duvar yüzeylerine radyant paneller yerleştirilerek test odaları düzenlenmiştir. Her durum için çalışmalar ana hidrolik sistemden dağılan sıcak su derecelerinde 30 ila 42˚C arasındaki 7 farklı değerde gönderilerek analizler gerçekleştirilmiştir.

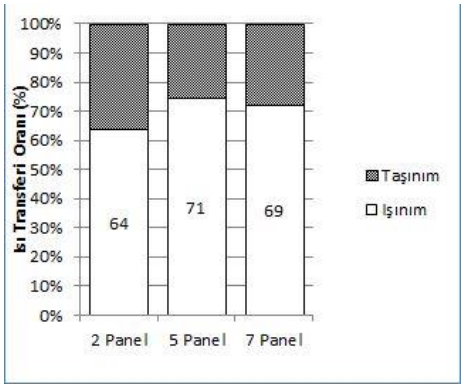


Şekil 5 : Radyant ısıtma duvar paneli düzenlemesi **[4]**

Test sonuçlarına bakıldığında ise ışınımla ısıtmanın iletimle ısıtmaya oranla daha baskın olduğu görülmektedir. Işınımsal ısı transfer oranı ortalama %68'dir. Radyant duvar sistemlerinin değişik konfigürasyonları ışınımsal ısı transferini tüm örnek test düzenlerinde yaklaşık %10 oranında etkilemektedir. Buna rağmen, her bir alternatif düzenleme iletimle ısı transfer değerini yaklaşık %25 oranlarında etkilemektedir.



Şekil 6 : Radyant ısıtma duvar panel sistemi ısı kapasitesi **[4]**



Şekil 7 : Radyant ısı transferi ağırlığı **[4]**

Ön tasarım çalışmalarının ortaya koyduğu veriler doğrultusunda devam etmekte olan San-Tez projesi kapsamında boyutlandırma, duvar ürününün sınıflandırması, kesit biçimlenişi ve montaj - uygulama detayları seçim ve uygulama gerekçeleri açıklanarak sistematik bir biçimde modüler hibrid duvar elemanları oluşturulmakta ve test edilerek performans değerlendirmeleri yapılmaktadır.

3.1. Geleneksel Duvar ile Modüler Duvar Elemanı Karşılaştırması

Çalışma kapsamında imar yönetmeliklerinin ölçülere getirdiği kısıtlamalar, yapının fonksiyonu, taşıyıcı sistemi, aks aralıkları gibi bilgiler ön hazırlık çalışmalarında derlenmiştir. Bu bilgiler yorumlanarak, duvar elemanının en çok kullanılacağı bina fonksiyonu (konut), yapım sistemi (taşıyıcı sistem ve aks aralıkları) göz önünde bulundurularak aşağıda Tablo 1'de farklı parametreler açısından karşılaştırılmıştır.

Tablo 1: Geleneksel Yapı Kabuğu ve ısıtmalı-soğutmalı hazır duvar karşılaştırması **[5].**

		Geleneksel yapı kabuğu kesiti	**Isıtma ve soğutmalı hazır duvar**
Boyutlar	**h:yükseklik**	Değişken	2.80m, 3.00m
	d:genişlik	Değişken	0.60m, 1.20m
Tasarım ve uygulama		Yaygın	Az yaygın
Yapım hızı		Yavaş	Hızlı
Standardizasyon		Var	Henüz yok
Kalite kontrolü		Var	Belirlenmemiş
Maliyet analizi		Var	Değişken
Değişebilirlik		Evet	Belirlenmemiş

Hazır duvar ürünü ısıtma ve soğutma sistemini içeren bir duvar ürünü olarak ısıtmalı ve soğutmalı hazır duvar olarak tanımlanarak, geleneksel sistemle, duvar ve ısıtma- soğutma sistemlerinin ayrı uygulandığı sistemle ısıl konfor açısından Tablo 2'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 2 : Isıl Konfor Karşılaştırması

Isıtma ve soğutmalı hazır duvar	**Duvar ve ısıtma soğutma sistemlerinin ayrı uygulanması**
Duvardan ısıtma ve soğutmada ortamdaki hava sıcaklığının dağılımı homojen dolayısıyla insan vücudu ile çevre arasındaki ısı değişimi homojendir.	Konvansiyonel ısıtma ve soğutmada bölgesel sıcaklık farkları büyük, dolayısıyla insan vücudu ile çevre arasındaki ısı alış verişi homojen değildir.
Isıtma ve soğutmalı duvar, duvar içindeki borularda düşük sıcaklıklı su ile (35-45◦C) konfor sıcaklığına erişebildiği için, yenilenebilir enerji sistemlerine, alternatif enerji kaynaklarına uyumludur. Dolayısıyla bu sistem hem konvansiyonel (gaz, petrol, elektrik) hem de alternatif enerji kaynakları ile çalıştırılabilir.	Konvansiyonel ısıtma sistemlerinde yüksek sıcaklıklara erişmek gerektiği için, yenilenebilir enerji sistemleri ve alternatif enerji kaynakları ile çoğunlukla verim alınamaz, bu sistemler konvansiyonel (gaz, petrol, elektrik) yakıtlarla verimli çalıştırılabilir.
Isıtma ve soğutmalı sistemde mekân içinde duvarlara dağıtılan borular sıcaklığı mekânın her tarafına eşit yayar. Isı transferinin büyük çoğunluğu ışınımla gerçekleşir. Çoğunlukla mekânı çevreleyen en büyük yüzey alanı olarak duvar ışınım yoluyla ısı transferi yaptığı için konvansiyonel sistemlerin kullanıldığı duruma göre daha düşük ortam sıcaklıklarında konfor sağlanır.	Konvansiyonel ısıtma sistemlerinde yüksek sıcaklıklı bölgesel ısıtıcı elemanlarla ışınım ve taşınım ağırlıklı ısı transferi vardır. Kimi sistemlerde iç ortamda hava hareketi sağlamak için fanlara gereksinim duyulur. Isıtıcıların oda içinde bulunduğu bölge çok ısınır, sıcak hava hızla odanın üst kısmına yükselir. Tavan ve döşeme arasında sıcaklık farkı büyük olur. Konfor sıcaklığına erişmek için daha fazla enerji ve zaman harcanır.

4. SONUÇLAR

Kapsamı sınırlı olan bu çalışmada, deneysel olarak analizleri devam eden modüler yüzeyden ısıtma soğutma sistemli modüler hibrid duvar elemanları değerlendirilmiştir. Hazır duvar ürününün ısısal konfor, enerji verimliliği ve tasarrufu konularında 0462.STZ.2013-2 kodlu San-Tez projesi kapsamında yapılan ön tasarım çalışmaları ve TEYDEP 3100577 kodlu proje kapsamında yapılan test sonuçları derlenmiştir.

Enerji kullanım ve konfor koşullarında iyileştirme olması adına oluşturulan bu yeni ürünün geleneksel duvar sistemlerine yapım, taşıma, montaj aşamaları başta olmak üzere birçok yönden avantajlı olduğu açıkça görülmektedir. Yüzeyden ısıtma sistemine sahip bu duvar elemanlarının yerden ısıtma sistemine göre de toplam ısıtma enerjisinde yaklaşık olarak %20 oranında tasarruf sağladığı bilinmektedir **[2].** Çalışmada, enerji ve ekonomi maliyetlerini azaltarak, kullanım ve verimde konfor koşullarını arttırıcı yönde etkisi planlanmaktadır. Meydana getirilen hazır duvar ürününün de geleneksel sistemlere iyi bir alternatif oluşturması için deneysel çalışmalarla desteklenen araştırmaların arttırılması termal konfor parametrelerinin etki düzeyini arttırıcı nitelikte olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı San-Tez projeleri kapsamında desteklenmiştir. Proje no: 0462.STZ.2013-2. Teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. C.Göçer, B. Işık "Beton esaslı prefabrike ilköğretim binalarında dış duvar özellikleri-çevre ilişkisi", *itüdergisi/a* **6**(1), (2007), pp: 55-65.

2. "Yüzeyden Isıtma Soğutma Sistemli Modüler Hibrit Duvar Yapısının Geliştirilmesi", *0462.STZ.2013-2 San-Tez Projesi 1. Dönem toplantı raporu*, Ekim 2014.

3. TSE 825 "Binalarda ısı yalıtım kuralları standardı", *Türk Standartları*, Mayıs 2008.

4. A. Koca, Z. Gemici, Y. Topaçoğlu, G. Çetin, R.C. Acet, B.B. Kanbur, "Experimental investigation of heat transfer coefficients between hydronic radiant heated wall and room", *Energy and Buildings* **82**, (2014), pp: 211-221.

5. "Yapılarla ilgili hükümler", *İstanbul İmar Yönetmeliği*, İstanbul 2007.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

DIŞ DUVARLARDA KIZIL ÖTESI ISIL GÖRÜNTÜLEME İLE ISIL VERİMLİLİK ANALİZİ

Makina Müh. (M.Sc) Murat Sayın[a]
ODTÜ EBİ AŞ.
ODTÜ Teknokent Titanyum Blok, Ankara
Doç.Dr. Ayşe Tavukçuoğlu[b]
ODTÜ Mimarlık Bölümü, Yapı Bilimleri Lisansüstü Programı
ODTÜ, Ankara

ÖZET

Bu çalışma, Ankara ODTÜ-KENT bölgesindeki yalıtımlı ve yalıtımsız farklı duvar kesitlerine sahip iki farklı lojman yapısının "ısıl verimliliğine etki eden ısıl sorunlarının tespiti" ve "ölçülebilir parametrelerle ısıl verimliliklerinin sınıflandırılması" ile ilgili araştırmalara odaklanmıştır. Bu amaçla tahribatsız ve pratik bir yöntem olan Kızıl Ötesi Isıl Görüntüleme (KÖIG) yöntemi kullanılmıştır. KÖIG yöntemi ile yapıların ısıl performansına etki eden ısıl sorunların olduğu bölgeler, yapıdaki dağılımları ve sebepleri ortaya çıkartılmıştır. Elde edilen veriler, KÖIG yöntemi kullanarak bir duvarın gerçek ısıl performansını temsil eden ısıl geçirgenlik değerinin (U, $W.m^{-2}K^{-1}$) belirlenebildiğini ve gerçek durumda duvarın ısıl performansının, projesine göre hesaplanan ısıl performansına kıyasla daha zayıf olduğunu ispatlamıştır. Bu çalışma KÖIG yönteminin, yapılardaki ısıl sorunları ve nedenlerinin tespitinin yanı sıra yapıların ısıl performans bakımından sınıflandırılması çalışmalarında da kullanılabileceğini göstermiştir. Bu sebeplerle KÖIG teknolojisinin ülkemizde kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

Anahtar sözcükler: Kızıl Ötesi Isıl Görüntüleme, ısıl geçirgenlik değeri, yıllık ısıtma enerjisi tüketimi, nicel analizler, ısıl sorunlar.

ABSTRACT

This study is focused on "assessment of thermal failures and their impact on the building's thermal performance" and "thermal performance classification in relation to the measurable thermal parameters" and the examinations were conducted on two different residential buildings in Ankara ODTÜ-KENT district, having several non-insulated and insulated wall configurations. Infrared Thermography (IRT), which is a non-destructive and practical in-situ investigation method, is used to locate problem areas in buildings, their distribution and reasons. The results revealed that the as-is thermal transmittance value (U, $W.m^{-2}K^{-1}$) of a building wall can be determined by the IR data, and the as-is thermal performances of building wall configurations are lower than the expected performances from the same wall configurations. This study indicated that IRT is promising for the classification of the buildings thermal efficiency in terms of thermal transmittance value of building component. Its common-use for building diagnostics studies, therefore, need to be encouraged.

Key words: Infrared Thermography, thermal transmittance value, annual energy consumption, quantitative study, thermal problems.

[a] e-posta adresi: murat.sayin@odtuebi.com.tr, murat.sayin@metu.edu.tr
[b] e-posta adresi: aysetavukcuoglu@yahoo.com

1.GİRİŞ

Ülkemizdeki yapıların ısınma ve soğutma ihtiyaçları için tükettiği enerji, toplam enerji kullanımının %35'ini oluşturmaktadır. Bu sebeple yürürlüğe giren ilgili yönetmelikler sayesinde ısıl verimliliği yüksek yapıların tasarlanması zorunlu hale getirilmekte ve mevcut yapıların ısıl verimliliklerinin denetlenmesi ve iyileştirilmesine yönelik hasar tespiti çalışmaları önem kazanmaktadır.

Yapıların ısıl performansı yapı dış duvarları, toprakla temas halinde olan döşemesi ve çatı projelerine göre beklenen ısıl geçirgenlik değeri kullanılarak hesaplanmaktadır. Fakat son dönemde yapılan araştırmalar, duvarların projesine göre hesaplanan ısıl geçirgenlik değerinin gerçek durumu yansıtmadığını; duvarların gerçek durumdaki ısıl performanslarının beklenenden daha düşük olduğunu vurgulamaktadır [1,2,3,4,5].

Bu aşamada mevcut yapılara hasar vermeden ısıl verimliliklerinin yerinde ölçülebildiği analitik yöntemlerin geliştirilmesi gereği vardır. Kızıl Ötesi Isıl Görüntüleme (Infrared Thermography, KÖIG), tahribatsız, pratik ve işe yarar bir uzaktan algılama yöntemidir ve bu türden yerinde incelemeler (saha çalışmaları) için kullanılması isabetlidir [3,6].

Bu çalışmada, dış duvarlarda tespit edilen ısıl sorunların sıcaklık karakteristiklerini ve bu duvarların ısıl geçirgenlik niteliklerini ölçülebilir parametrelerle tanımlayabilmek için nicel analizler yapılmıştır. Bu kapsamda duvar kesitlerinin mevcut durumdaki ısıl geçirgenlik değerleri (U, $W.m^{-2}K^{-1}$) analiz edilmiş; literatürde verilen bazı denklemlerden yararlanılarak ve denklemleri mevcut yapı duvarlarının özellikleri ve ortam koşullarına uyarlayarak sadece ısıl görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklık verileri ile duvarların gerçek ısıl geçirimlilik özellikleri belirlenmiştir [1,2,3]. Her bir duvar kesitinin, proje verilerine kendisinden beklenen ısıl performansları ise, TS 825:2013, TS EN 1745:2004 ve TS EN ISO 6946:2007 standartlarında tariflenen denklemler esas alınarak hesaplanmıştır. Proje verilerine göre duvar kesitlerinden beklenen ısı geçirimlilik nitelikleri ile yapı inşa edildikten sonra mevcut durumda gösterdiği ısı geçirimlilik nitelikleri arasındaki farklılıklar değerlendirilmiştir [7,8,9].

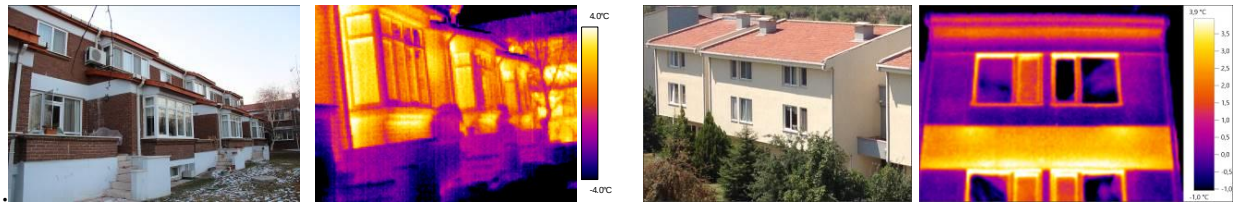
2.MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışma ile yapıların dış cephelerinde ne tür ısıl sorunların yaşandığı ve bu sorunların nedenlerinin neler olduğu, en çok nerelerde ısıl sorunların yaşandığı ve yapının ısıl performansını ne düzeyde olumsuz etkilediği gibi soruların cevapları araştırılmıştır. Bu tür araştırmalar için bir uzaktan algılama yöntemi olan KÖIG teknolojisinden faydalanılmış, pratik ve kapsamlı analizler yapılabilecek çözümleme teknikleri kullanılmıştır. Bu araştırmada kilit olan hususlar, yapıların ilgili yönetmeliklere göre gerçek ısıl performanslarını değerlendirebilecek ve sınıflandırabilecek analiz yöntemlerinin geliştirilmesi ve bu analizler için yararlı olabilecek yerinde ölçülebilir ısıl parametrelerin tanımlanmasıdır.

Bu kapsamda KÖIG tekniklerinin en fazla yararlı olabileceği ortam olan içeriden ısınmakta ve dışarıdan soğumakta olan dış duvarlar çalışma alanı seçilmiş; konut yapılarında yaygın inşaatı yapılan duvar çeşitleri üzerinde incelemeler yapılmıştır.

Bu çalışmada, Ankara'daki Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yerleşkesinde bulunan iki farklı lojman yapısında (**Şekil 1**) aşağıda listelenen beş farklı duvar çeşidi üzerinde çalışılmıştır:

- Yalıtımlı çift cidarlı pres tuğla kaplı duvar (D1): 9cm kalınlığında pres tuğla blok, 5cm kalınlığında haddeden çekilmiş (XPS) ısıl yalıtımı, 19cm kalınlığında boşluklu tuğla blok.
- Dışarıdan ısı yalıtımlı betonarme perde duvar (D2): 5cm kalınlığında genleştirilmiş polistren (EPS) ısı yalıtım levhası, 20cm kalınlığında betonarme duvar.
- Dışarıdan ısı yalıtımlı betonarme perde duvar (D3): 3cm kalınlığında genleştirilmiş polistren (EPS) ısı yalıtım levhası, 20cm kalınlığında betonarme duvar.
- Dışarıdan ısı yalıtımlı gazbeton duvar (D4): 3cm kalınlığında genleştirilmiş polistren (EPS) ısı yalıtım levhası, 20cm kalınlığında gazbeton dolgu blok.
- Yalıtımsız betonarme perde duvar (D5): 20cm kalınlığında betonarme duvar.



Şekil 1: Kızıl ötesi ısıl görüntüleme ile çalışılan konut yapıları: villa tipi lojmanlar (solda), üç katlı lojmanlar (sağda).

KÖIG saha çalışmalarında uygunluk durumuna göre FLIR ThermoCAM E65, FLIR ThermoCAM SC640 ve TESTO 875-1i termal kameralar kullanılmış; tekil ısıl görüntülerin analizleri için, FLIR ThermoCAM Researcher 2.9, FLIR QuickReport ve TESTO IRSoft 3.3 yazılımları kullanılmıştır. Arazide yapılan KÖIG çalışmasını desteklemek amacıyla iç ve dış ortamın mikroklimatik verileri kaydedilmiştir; ortam sıcaklığı, bağıl nem ve rüzgar hızı verileri "Testo–410–2" cep anemometresiyle, görüntülenen yüzey ile cihaz arası mesafe "BOSCH DLE 150" lazer mesafe ölçer ile ölçülmüştür. Analizler için duvar yüzeylerinin ısıl yayınım (emisivite) değeri 0,95 kabul edilmiştir. Isıl görüntüleme çalışması, dış duvarların içeriden ısınmakta ve dışarıdan soğumakta olduğu kararlı durumda, duvarların iç ve dış yüzeylerinde yapılmıştır. Dış yüzeylerin doğrudan güneş ışınımına maruz kalmadığı sabahın erken saatleri ve/veya güneş battıktan sonraki saatlerde çekimler yapılmış; dış duvar yüzeylerinde taşınım (convection) yoluyla ısı aktarımının en az olduğu yağışsız günler ve rüzgâr hızının 1m/s'den az olduğu dönemler tercih edilmiştir [5,6].

Isıl görüntülerden dış ve iç yüzey sıcaklık verileri elde edilmiş; bu verilerin nicel analizleri ile incelenen duvarların ısıl geçirgenlik nitelikleri ölçülebilir parametrelerle tanımlanmıştır. Bu kapsamda, literatürde mevcut olan üç farklı denklemden yararlanılmış; bu denklemler mevcut yapı duvarlarının özellikleri ve ortam koşullarına uyarlanmış; bu sayede sadece KÖIG verileriyle yapı duvarlarının gerçek ısı geçirimlilik nitelikleri "ısıl geçirgenlik değeri (U, $W.m^{-2}K^{-1}$) parametresi ile tanımlanabilmiştir. Bu amaçla her bir duvar tipi için ısı köprülerinin olmadığı (kiriş-duvar, kiriş-pencere, duvar-pencere birleşim yerlerinde ısı kaçaklarının olduğu bölgeler gibi) 8 farklı bölgeden elde edilen iç ve dış yüzey sıcakları veri olarak kullanılmış; bu veriler ile her bir duvar tipinin ortalama ısıl geçirgenlik değeri hesaplanmış; değerlendirmelerde ısıl geçirimlilik değerlerinin standart sapması göz önünde bulundurulmuştur.

Bu çalışma için kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir:

Denklem 1'de, yapı duvarlarının "dış yüzey sıcaklık verileri" ile "iç ve dış ortam sıcaklık verileri" kullanılarak ısıl geçirgenlik değeri (U, $W.m^{-2}K^{-1}$) hesaplanmaktadır [1,2].

$$U_{INSITU} = 5.67 \times \varepsilon \times \left(\frac{T_{so}^4 + T_{out}^4}{100^4}\right) + \frac{3.8054 \times v \times (T_{so} - T_{out})}{(T_{in} - T_{out})} \quad (1)$$

Burada; U, ısıl geçirgenlik değerini ($W.m^{-2}K^{-1}$); ε, yüzeyin ısıl yayınım katsayısını (birimsiz); T_{so}, dış duvar yüzey sıcaklığını (˚C); T_{out}, dış ortam sıcaklığını (˚C); v, cepheye yakın havanın hızını (m/s); T_{in}, iç ortam sıcaklığını (˚C) göstermektedir.

Denklem 2'de ısıl geçirgenlik değeri (U, $W.m^{-2}K^{-1}$), Denklem 1'den farklı olarak yapı duvarlarının dış yüzey sıcaklık verileri yerine "iç yüzey sıcaklık verileri" ve "iç ve dış ortam sıcaklık verileri" kullanılarak hesaplanmaktadır [3]

$$U_{INSITU} = \frac{4 \times \varepsilon \times 5{,}67 \times 10^{-8} \times T_{si}^3 \times (T_{si} - T_{in}) + h_{in} \times (T_{si} - T_{in})}{(T_{in} - T_{out})} \quad (2)$$

Burada; T_{si}, iç duvar yüzey sıcaklığını (˚C); h_{in}, iç ortam ısı taşınım katsayısını ($W.m^{-2}K^{-1}$) göstermektedir.

İlk iki denklem sayesinde yerinde alınan yüzey sıcaklık verileri ile gerçek durumu temsil eden ısıl geçirgenlik değerleri ($U_{INSITU-1}$, $U_{INSITU-2}$, $W.m^{-2}K^{-1}$) hesaplanabilmiştir. Projesine göre duvar kesitlerinden beklenen ısıl geçirgenlik değerleri (U_{CALC}, $W.m^{-2}K^{-1}$) Denklem 3 kullanılarak hesaplanmış [6,7,8,10]; bu hesaplamalarda duvarı oluşturan katmanların tasarımlarda kullanılan standart ısıl iletkenlik değerleri kullanılmıştır (**Çizelge 1**).

$$U_{CALC} = \frac{1}{R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \cdots + \frac{d_n}{\lambda_n} + R_{so}} \quad (3)$$

Burada; R_{si}, iç yüzeyin yüzeysel ısıl direnç değerini ($m^2K.W^{-1}$); d, duvarı oluşturan her bir katmanın kalınlığı (m); λ_i her katmanın ısıl geçirgenlik değerini ($W.m^{-1}k^{-1}$); R_{so}, dış yüzeyin yüzeysel ısıl direnç değerini ($m^2K.W^{-1}$), göstermektedir.

Yapı duvarlarının mevcut durumu yansıtan gerçek ısıl geçirgenlik değeri (U_{INSITU}) ile projesine göre hesaplanmış/tasarlanmış ısıl geçirgenlik (U_{CALC}) değeri arasındaki farklılıklar belirlenmiş; ısıl sorunların cinsleri ve dağılımı ile ilişkili olarak değerlendirilmiştir. Isıl sorunların yapının genel ısıl performansına etkisini belirmek üzere duvarın mevcut ısıl performansını yansıtan gerçek veriler dikkate alınarak "yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q_{INSITU}, $kW.h.m^{-2}$) hesaplanmıştır. Yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı Denklem 4 ile hesaplanmış [7,10], bu hesaplamalarda duvar dışında kalan yapı bileşenlerinin (çatı, toprak temas eden dış duvar ve döşeme, pencere ve kapılar) projesine göre hesaplanmış ısıl geçirgenlik değerleri kullanılmıştır (**Çizelge 2**). Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplamalarında insan faktörü, bilgisayarlar ve benzeri faktörlerin etkilerini kapsayan "iç ısı kazançları" dikkate alınmamış; pencere ve duvarların konumlanmasına göre TS825'in önerdiği "Güneş Enerjisi Kazancı" değerleri esas alınmıştır [7]. Mevcut durumu ve projesine göre tasarlanan durum için güneş enerjisi kazancı değerleri aynı kabul edilmiştir..Yapının Q_{INSITU} değerleri, projesine göre tasarlanmış olan Q_{CALC} değeri ile karşılaştırılmıştır.

$$Q = \left((U \times A_1) + \cdots + (U \times A_i)\right) \times (T_{in-av} - T_{out-av}) \quad (4)$$

Burada; T_{in-av}, ortalama iç ortam sıcaklığını (˚C); T_{out-av}, ortalama dış ortam sıcaklığını (˚C); A, binanın ısı kaybı yaşanan dış duvar yüzey alanını (m^2) göstermektedir.

Çizelge 1: Projesine göre duvar kesitlerinin ısıl iletkenlik değerleri

Duvar çeşitleri	TS-825	Malzeme	Kalınlık	Isıl iletkenlik direnci	Isıl geçirgenlik değeri
	Sıra No		m	λ ($Wm^{-1}K^{-1}$)	U_{CALC} ($Wm^{-2}K^{-1}$)
Yalıtımlı çift cidarlı pres tuğla kaplı duvar (D1)	4.4	Sıva	0,02	0,51	0,50
	7.1	Tuğla duvar	0,20	0,70	
	10.3	Isı Yalıtım Malz.	0,05	0,04	
	11.3	Hava tabakası	0,02	0,06	
	7.1	Pres tuğla	0,09	0,42	
Dışarıdan ısı yalıtımlı betonarme perde duvar (D2)	4.4	Sıva	0,02	0,51	0,60
	5.1	Donatılı Beton	0,20	2,50	
	10.3	Isı Yalıtım Malz.	0,05	0,04	
	4.10	Sıva	0,02	0,07	
Dışarıdan ısı yalıtımlı betonarme perde duvar (D3)	4.4	Sıva	0,02	0,51	0,85
	5.1	Donatılı Beton	0,20	2,50	
	10.3	Isı Yalıtım Malz.	0,03	0,04	
	4.10	Sıva	0,02	0,07	
Dışarıdan ısı yalıtımlı gazbeton duvar (D4)	4.4	Sıva	0,02	0,51	0,39
	5.5	Gazbeton	0,20	0,13	
	10.3	Isı Yalıtım Malz.	0,03	0,04	
	4.10	Sıva	0,02	0,07	
Yalıtımsız betonarme perde duvar (D2)	4.4	Sıva	0,02	0,51	3,43
	5.1	Donatılı Beton	0,20	2,50	
	4.4	Sıva	0,02	0,51	

Çizelge 2: Duvar dışında kalan yapı bileşenlerinin projesine göre hesaplanmış ısıl geçirgenlik değerleri

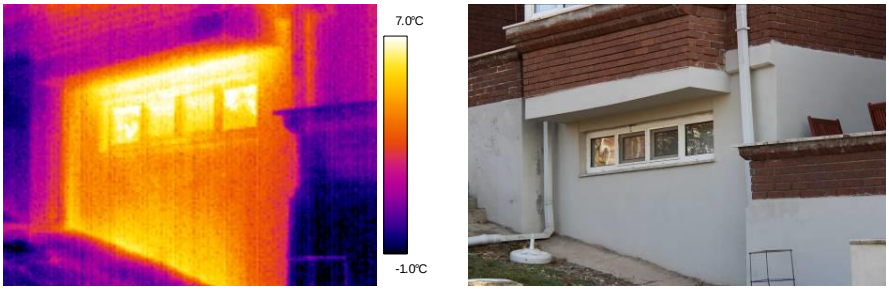
		TS-825	Malzeme	Kalınlık	Isıl iletkenlik direnci	Isıl geçirgenlik değeri
		Sıra No		m	λ ($Wm^{-1}K^{-1}$)	U_{CALC} ($Wm^{-2}K^{-1}$)
Villa Tipi Lojman	Çatı	4.4	Sıva	0,02	0,51	0,63
		5.1	Donatılı Beton	0,20	2,50	
		10.3	Isı Yalıtım Malz.	0,05	0,04	
	Toprak temaslı taban	9.1	Halı	0,01	0,06	0,54
		4.6	Şap	0,05	1,40	
		5.1	Donatısız Beton	0,10	1,65	
		5.2	Beton (perlit)	0,10	0,10	
		3.1	Dolgu	0,30	0,70	
	Toprak temaslı duvar	4.4	Sıva	0,02	0,51	4,02
		5.1	Donatılı Beton	0,20	2,50	
	Pencere		PVC doğrama	-	-	1,80
	Kapı		Dış kapı	-	-	4,00
3 katlı Lojman	Çatı	4.4	Sıva	0,02	0,51	0,96
		5.1	Donatılı Beton	0,20	2,50	
		10.3	Isı Yalıtım Malz.	0,03	0,04	
	Toprak temaslı taban	9.1	Halı	0,01	0,06	0,54
		4.6	Şap	0,05	1,40	
		5.1	Donatısız Beton	0,10	1,65	
		5.2	Beton (perlit)	0,10	0,10	
		3.1	Dolgu	0,30	0,70	
	Pencere		PVC doğrama	-	-	1,80
	Kapı		Dış kapı	-	-	4,00

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

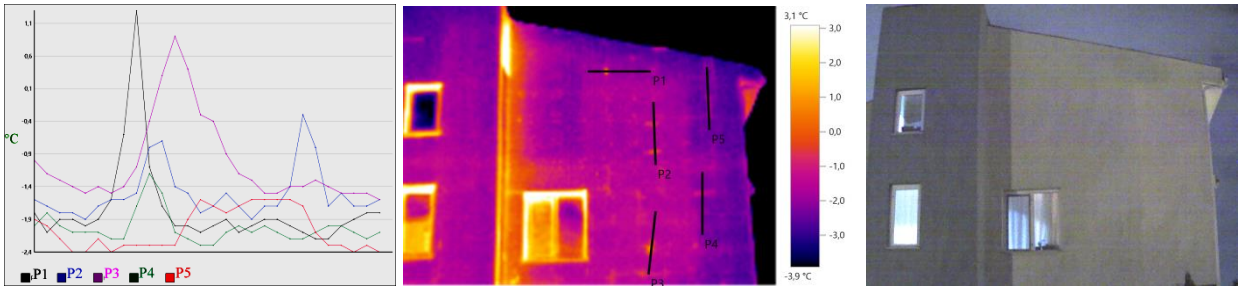
Yerinde yapılan KÖIG analizleri, incelenen yapı duvarlarında gözle fark edilemeyen ancak ciddi ısı kayıplarına sebep olan ısıl sorunların olduğu bölgeleri, yapıdaki dağılımlarını ve bu sorunların sebeplerini ortaya çıkarmıştır. Cephede var olduğu tespit edilen ısıl sorunlar;

- ısı yalıtım levhalarının duvara tespitinde yapılan uygulama hatalarından,
- hiçbir yalıtım malzemesi kullanılmamasından ya da yetersiz kalınlıklarda ısı yalıtım levhalarının kullanılmasından,
- kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin zaman içerisinde deformasyona uğramasından,
- yoğuşma sorunlarından,

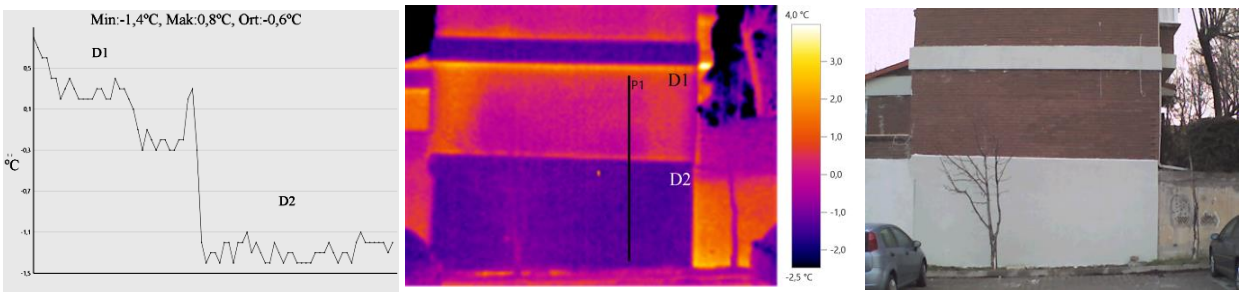
kaynaklanmaktadır (**Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5**).



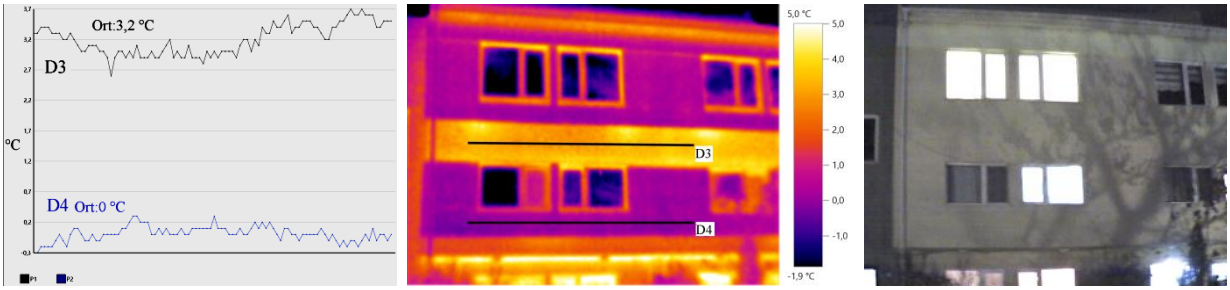
Şekil 2: Villa tipi lojman binasında yalıtımsız betonarme bodrum kat duvarının (D5), pres tuğla kaplı çift cidarlı duvardan (D1) 5ºC kadar daha sıcak olan bölgeleri vardır. Bu sıcak bölgeler dış ortam sıcaklığından 6°C'den daha yüksek sıcaklıklara sahiptir. İyi bir ısıl dirence sahip olan duvarın dış ortam sıcaklığı ile benzer bir yüzey sıcaklığına sahip olması beklenir. Binanın dış yüzeyinde bu düzeyde yüksek sıcaklık farklılıklarının mevcut olması, içeriden dışarıya doğru yalıtımsız perde duvardan ciddi boyutta ısı kaçışı olduğunun ispatıdır.
(Isıl görüntüde dış ortam sıcaklığı: 1,9ºC, bağıl nem: %43'tür)



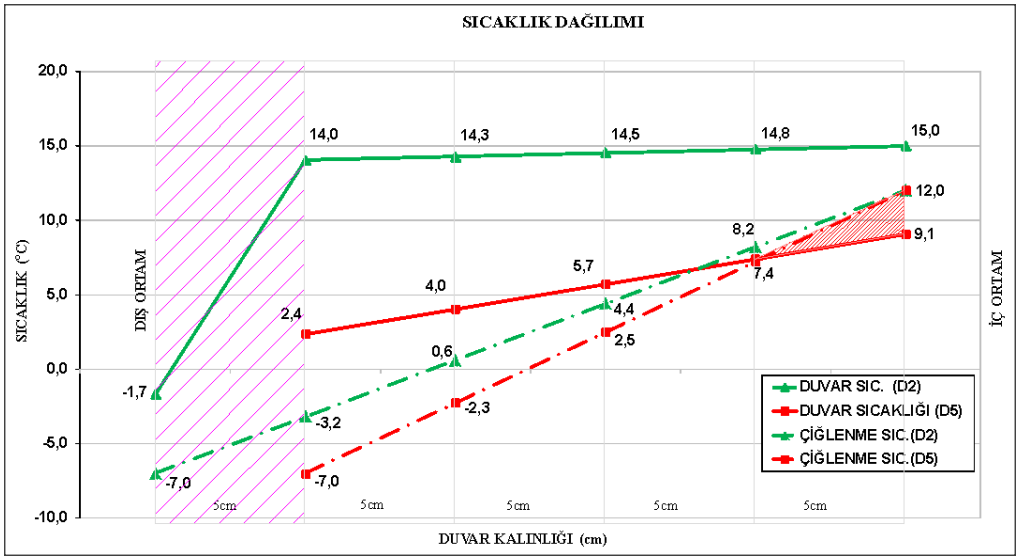
Şekil 3: Üç katlı lojman binasının dış duvarına ait ısıl görüntüsü, yapı dış duvarlarında ısı yalıtım levhalarının kullanıldığını ancak levhaların birleşim yerlerinde ısı köprülerinin oluştuğunu, yalıtımlı ve sorunlu olan bölgeler arasında 3,5°C'nin üzerinde sıcaklık farklılıklarına sebep olduğunu göstermektedir. En iyi ısıl performans gösteren yalıtımlı yüzeylerdeki sıcaklıklar, dış ortam sıcaklığından 1,5°C daha yüksektir. Bu veriler ısı yalıtım levhalarının kötü bir işçilikle duvara tespit edildiğinin ve ısı yalıtım uygulamasının yetersiz olduğunun ispatıdır. Çok yaygın görülen bu türden uygulama hataları yapının ısıl performansını olumsuz etkilemektedir.
(Isıl görüntüde dış ortam sıcaklığı: -3,9ºC, bağıl nem: %60'tır)



Şekil 4: Villa tipi lojman binasındaki pres tuğla kaplı çift cidarlı duvar (D1) ve yalıtımlı perde duvar (D2) arasındaki ısı yalıtım performansını gösteren ısıl görüntüler, ısı yalıtım uygulamasının işlevini yerine getirdiğini, bu sayede dış yüzey sıcaklığının dış ortam sıcaklığına yaklaştığını göstermektedir. Yine de D1 ve D2 duvarların yüzey sıcaklıkları dış ortamdan yaklaşık 3°C ve 1,5°C daha yüksektir; bu veriler, duvarlarda uygulanan yalıtımın yeterli olmadığının göstergesidir (Isıl görüntüde dış ortam sıcaklığı: -3,1 ºC, bağıl nem: %65'dir).



Şekil 5: Üç katlı lojman binasındaki yalıtımlı betonarme duvar (kiriş kotu) (D3) ve yalıtımlı gazbeton dolgu duvarın (D4) yüzey sıcaklıkları arasındaki farkı gösteren ısıl görüntü, yalıtımlı betonarme duvarın yalıtımlı gazbeton duvardan ortalama 3,2°C ve dış ortam sıcaklığından ortalama 4°C daha yüksektir. Bu veriler, betonarme yüzeyde kullanılan yalıtım levhasının çok yetersiz olduğunu ve bu yüzeylerden çok ciddi ısı kaçışının olduğunu göstermektedir (Isıl görüntüde dış ortam sıcaklığı: -1,0ºC, bağıl nem: %60'dir).



Şekil 6: Villa tipi lojman binasının yalıtımlı (D2) ve yalıtımsız (D5) brüt beton duvarlarındaki içerden (sıcak ortam) dışarıya (soğuk ortam) sıcaklık değişimini gösteren eğriler: Dış ortam -1,0ºC, %60 bağıl nem koşullarında olduğu bir dönemde, yalıtımsız duvarın iç yüzeyden 5cm derinliklerine kadar olan bölgesinde yoğuşma sorunu olduğu görülmektedir. Aynı dış ortam koşullarında yalıtımlı duvarda yoğuşma sorunu belirlenmemiştir.
(D2 duvarı: İç ortam, 18ºC, bağıl nem %45. D5 duvarı: İç ortam, 19,5ºC, bağıl nem %45)

Villa tipi lojman binasının yalıtımlı (D2) ve yalıtımsız (D5) brüt beton duvarlarında yapılan ısıl analizler, ısı yalıtımı yapılmayan duvarların gerçek iklim koşullarında yoğuşma sorunu ile karşı karşıya olduğunu göstermiştir. Dış yüzeyi yalıtım levhası ile kaplanmış betonarme duvarda, yoğuşma riski ortadan kalkmış görünmektedir (Şekil 6).

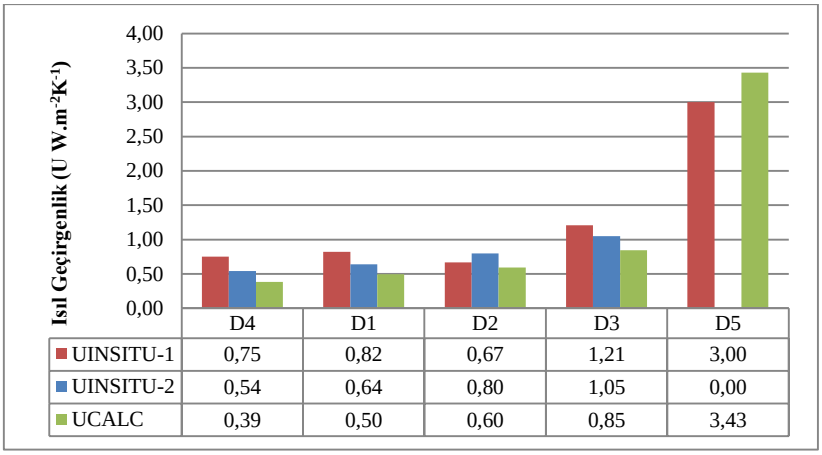
Duvarların mevcut durumunu yansıtan gerçek ısıl geçirgenlik değerleri (U_{INSITU}) ve projesine göre hesaplanmış ısıl geçirgenlik değerleri (U_{CALC}) arasındaki farklılıklar **Çizelge 3** ve **Şekil 7**'de özetlenmiştir. Elde edilen veriler aşağıda değerlendirilmiştir:

- İncelenen beş duvar arasında en yüksek ısıl performans yalıtımlı gazbeton duvardan (D4), en düşük performans ise yalıtımsız betonarme duvardan (D5) beklenmektedir (U_{CALC} değerleri).
- Tüm duvarlarda, mevcut performansı yansıtan ısıl geçirgenlik değerleri beklenenin üzerinde ($U_{INSITU} > U_{CALC}$), yani duvarların gerçek ısıl dirençleri projelerine göre hesaplanan performanslarının altındadır.
- Dış yüzey sıcaklıklarının esas alındığı gerçek durumu yansıtan ısıl geçirgenlik değerlerinin ($U_{INSITU-1}$), iç yüzey sıcaklıklarının esas alındığı hesaplamalardan ($U_{INSITU-2}$) daha hassas olduğu görülmüştür. Bu hassasiyeti sağlayan etkenler şunlardır:
  - Cephelerin dış yüzeylerindeki sıcaklık dağılımını gösteren ısıl görüntülerde ısı köprülerinin olduğu bölgeler ayırt edilebilmektedir. Bu sayede sorunlu bölgelerin ayıklanarak ve sadece duvarın homojen ısı dağılımına sahip bölgelerinden yüzey sıcaklık verileri esas alınarak duvarın gerçek ısıl performansını gösteren U_{INSITU} değerleri belirlenebilmektedir.
  - Dış yüzey sıcaklıklarının esas alındığı hesaplamalara, yapının dış yüzeyine etki eden rüzgar hızı dahil edilmekte, standart veriler yerine gerçek rüzgar hızı verisi kullanılmaktadır. Bu da $U_{INSITU-1}$ değerlerinin daha hassas hesaplanabilmesine katkıda bulunmaktadır.
- Yalıtımlı gazbeton duvara ait ısıl performansın yalıtımlı betonarme duvardan daha iyi olması beklenirken (Bakınız Çizelge 3, $U_{CALC-D4} < U_{CALC-D2}$), gerçek koşullarda yalıtımlı gazbeton duvarın ısıl performansı yalıtımlı betonarme duvardan daha düşük çıkmıştır (Bakınız Çizelge 3, $U_{INSITU-1-D4} > U_{INSITU-1-D2}$). Gazbeton üzerine monte edilen yalıtım levhaları arasında boşluklar tespit edilmiştir **(Şekil 3).** Çok ciddiye alınmayan bu işçilik hatası, aslında nefes almayan polistren levha ile çok gözenekli ve nefes alan bir malzeme olan gazbeton birlikte kullanıldıklarında, iç ortamdaki nemin gazbeton içinde hapsolmasına ve dış cephedeki ısı köprüsü olan sorunlu bölgelere yakın yüzeylerde yoğuşma sorununa sebep olmakta, tüm duvarın ısıl direncini ciddi düzeyde olumsuz etkilemektedir.
- 5cm ve 3cm kalınlıklarında ısı yalıtım levhaları ile kaplanmış betonarme duvarların ısıl performansları kıyaslandığında 2cm'lik ısı yalıtım farkının, projesine göre yapılan hesaplara göre ısıl geçirgenlik değerinde 0,25$Wm^{-2}K^{-1}$ (Bakınız Çizelge 3, $U_{CALC-D3} - U_{CALC-D2}$) kadar bir farka sebep olması beklenirken, gerçek koşullardaki ısıl performanslarının beklenenin üzerinde, 0,54$Wm^{-2}K^{-1}$ (Bakınız Çizelge 3, $U_{INSITU-1-D3} - U_{INSITU-1-D2}$) gibi bir farklılığa sebep olduğu görülmüştür. Kısacası, ısı yalıtımının yetersiz kalması durumunda, duvarın ısıl performansı beklenenin altında olmaktadır.
- Gazbeton gibi çok gözenekli malzemelerin kullanıldığı duvar kesitlerinin gerçek ısıl performansı beklenenin çok altında bulunmuştur. Ortamın nemlilik durumu ile hızla dengeye gelen gazbeton gibi gözenekli malzemelerin kuru haldeki ısıl iletkenlik değerlerinin hesaplamalarda kullanılması, duvarın ısıl performansının tahmin edilmesinde yanıltıcı olabilmektedir. Bu sebeple, TS 825'de listelenen malzemelerin ısıl iletkenlik değerlerinin gözden geçirilerek, %80 bağıl nem koşullarında dengeye gelen nemli malzemelerin ısıl iletkenlik değerlerinin listede yer alması sağlanmalıdır.

– Yalıtımsız betonarme duvarın hesaplanan ve mevcut durumdaki değerleri benzer bulunmuştur. Burada tek katmalı ve az gözenekli malzemeden inşa edilen bir duvara ait ısıl performansın daha gerçeğe yakın tahmin edilebildiği görülmüştür.

Çizelge 3: Çalışılan dış duvarların mevcut durumdaki ve projesinden beklenen ısıl geçirgenlik değerleri.

Duvar çeşitleri	$U_{INSITU-1}$ $Wm^{-2}K^{-1}$	$U_{INSITU-2}$ $Wm^{-2}K^{-1}$	U_{CALC} $Wm^{-2}K^{-1}$	$U_{INSITU1}/U_{CALC}$ %	$U_{INSITU2}/U_{CALC}$ %
D1	**0,82** ± 0,33	**0,64** ± 0,28	**0,50**	65	29
D2	**0,67** ± 0,19	**0,80** ± 0,29	**0,60**	13	35
D3	**1,21** ± 0,18	**1,05** ± 0,30	**0,85**	43	24
D4	**0,75** ± 0,43	**0,54** ± 0,19	**0,39**	95	40
D5	**3,00** ± 0,44	NA	**3,43**	-13	NA



Şekil 6: Duvarların mevcut durumdaki ve projesine göre hesaplanan ısıl geçirgenlik değerleri

Villa tipi lojman ile üç katlı lojman yapılarına ait yıllık ısıtma enerjisi tüketimi (Q, $kWh.m^{-2}$) Denklem 4 kullanılarak hesaplanmıştır. Duvarların gerçek ısıl performansını yansıtan ve projesine göre hesaplanan ısıl performansı temsil eden ısıl geçirgenlik değerleri esas alınarak hesaplanan Q_{INSITU} ve Q_{CALC} değerleri Çizelge 4'de özetlenmiştir. Elde edilen veriler aşağıda değerlendirilmiştir.

Gerçek koşullarda her iki yapının, projesine göre hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi sarfiyatından daha fazla bir tüketim yapacağı beklenmelidir. Villa tipi ve üç katlı lojmanlar için sırasıyla %17 ve %25 kadar daha fazla bir tüketim beklenmektedir. Isı köprülerinin dikkate alındığı ve çatı, toprak temaslı duvar ve döşemelerinin gerçek ısıl geçirimlilik değerlerinin dahil edildiği durumda ısıtma amaçlı gerçek enerji tüketiminin çok daha yüksek değerlere ulaşması beklenmelidir.

Çizelge 4: Çalışılan yapıların yıllık ısıtma enerjisi (Q, $kWh.m^{-2}$) ihtiyacı.

Konutlar	$Q_{INSITU-1}$ $kWh.m^{-2}$	$Q_{INSITU-2}$ $kWh.m^{-2}$	Q_{CALC} $kWh.m^{-2}$	$Q_{INSITU1}/Q_{CALC}$ %	$Q_{INSITU2}/Q_{CALC}$ %
Villa tipi lojman	179	155	153	17	1
Üç katlı lojman	198	167	157	26	6

4. SONUÇ

Sonuçlar, sadece kızıl ötesi ısıl görüntüleme (KÖIG) yöntemi kullanarak bir duvarın ısıl performansının, ısıl geçirgenlik değeri (U, $W.m^{-2}K^{-1}$) gibi ısıl parametrelerle tanımlanabileceğini ve geliştirilmekte olan nicel analiz yöntemlerinin ümit verici olduğunu göstermiştir. Saha ölçümleri ile hesaplanan ısıl geçirimlilik değerlerin duvarların gerçek ısıl performansı hakkında bilgi vermektedir. Elde edilen veriler, bir duvarın gerçek durumdaki ısıl geçirimlilik değerinin projesinden beklenen ısıl geçirimlilik değerine kıyasla 2 kat daha fazla olabileceğini; kısaca gerçek durumda duvarın ısıl performansının beklenildiğinden az olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmayı takiben ısı köprüleri ve yoğuşma bölgeleri gibi ısıl sorunları olan bölgelere ait ısıl geçirimlilik değerlerinin belirlenmesi ve duvar ortalama ısıl geçirimlilik değerlerine etkisi incelenecektir.

Yapılan analizler bir uzaktan algılama tekniği olan KÖIG yönteminin, yapılardaki ısıl sorunlar ve nedenlerinin tespiti çalışmalarının yanı sıra yapıların ısıl performans bakımından sınıflandırılması çalışmalarında da kullanılabileceğini göstermiştir. Bu sebeplerle, ısıl görüntüleme yönteminin yapı denetiminde yaygın kullanımının sağlanması önemlidir.

KÖIG yöntemi ile daha güvenilir ve hassas sonuçlar elde edilebilmesi amacıyla analizleri etkileyen ısıl yayınım (emisivite), rüzgar hızı, ortam sıcaklığı ve bağıl nem gibi parametrelerden hangilerinin daha etkili olduğunun incelenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. R. Albatici, & A. M. Tonelli, "Infrared thermo vision technique for the assessment of thermal transmittance value of opaque building elements on site," *Energy and Buildings*, *42*, (2010), pp: 2177–2183.
2. R. Albatici, A. M. Tonelli, & M. Chiogna, "A comprehensive experimental approach for the validation of quantitative infrared thermography in the evaluation of building thermal transmittance," *Applied Energy*, *141*, (2015), pp: 218–228.
3. P. A. Fokaides, & S. A. Kalogirou, "Application of infrared thermography for the determination of the overall heat transfer coefficient (U-Value) in building envelopes," *Applied Energy*, *88*, (2011), pp: 4358–4365.
4. A. Kylili, P. A. Fokaides, P. Christou, S.A. Kalogirou, "Infrared thermography (IRT) applications for building diagnostics: A review," *Applied Energy*, *134*, (2014), pp: 531–549.
5. I. Nardi, S. Sfarra, & D. Ambrosini, "Quantitative thermography for the estimation of the U-value: state of the art and a case study," *Journal of Physics: Conference Series*, 547, 012016, (2014).
6. C. A. Balaras, A. A. Argiriou, "Infrared thermography for building diagnostics." *Energy and buildings*, *34*(2), (2002), pp:171-183.
7. TS 825, "Binalarda ısı yalıtım kuralları," *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2013).
8. TS EN 1745, "Kâgir ve kâgir mamulleri - Tasarım ısıl değerlerinin tayini metotları," *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2004).
9. TS EN ISO 6946, "Yapı bileşenleri ve yapı elemanları, Isıl direnç ve ısıl geçirgenlik hesaplama yöntemi," *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2009).
10. Y. A. Çengel, A. J. Ghajar, "Heat and Mass Transfer: Fundamentals & Applications," *New York, NY: McGraw-Hill Education*,.5th edition, (2015).

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

4-6 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

TÜRKİYE'DE KONUT BİNALARININ ENERJİ YENİLENMESİNDE FOTOVOLTAİK (PV) SİSTEMLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yrd.Doç.Dr. Suzi Dilara Mangan[a]
Prof.Dr. Gül Koçlar Oral[b]
[a]İAÜ Mimarlık Fakültesi
Sefaköy, Küçükçekmece, İstanbul, 34295
[b] İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Enerji tüketimlerinde gerçekleşen yüksek düzeydeki artış nedeniyle ortaya çıkan enerji ve çevre sorunları, Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin ana kaynağı olan bina sektöründe enerji etkin önlemlerin uygulanmasını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye'nin enerji ile ilgili karşılaştığı zorlukların çözülmesinde ve sürdürülebilir çevrelerin yaratılmasında, yerinde enerji üretimini destekleyerek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik ederek kendi kendine yetebilen binaların oluşturulması, binalarda enerji tüketiminin azaltılması için alınan diğer önlemlere göre daha büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, bu çalışma ile gerek ekonomik gerekse çevresel etkilerin dikkate alındığı çok kriterli değerlendirme yöntemi aracılığıyla fotovoltaik (PV) sistemlerin enerji potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'nin üç farklı iklim bölgesi için mevcut konut binalarının enerji yenilemelerinde PV sistem uygulamalarının teşvik edilmesine etki eden enerji, ekonomik ve çevresel analizlere ilişkin önemli parametrelerin dikkate alındığı değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, Türkiye'nin düşük karbon ekonomisi hedefini başarmasında PV sistemlere ilişkin potansiyel faydaların vurgulanmasına yardımcı olmaktadır.

Anahtar sözcükler: Konut binalarının enerji yenilemesi, Fotovoltaikler, Enerji performans analizi, Ekonomik performans analizi

ABSTRACT

The energy and environmental problems, which have arisen due to the significant increase in energy consumption, require the implementation of energy efficiency measures in the building sector which is the main source of primary energy consumption in Turkey. In this regard, in order to decrease the energy demand of buildings, supporting for in situ energy production and promoting the use of renewable energy sources, which are contributing causes to the self-sufficient buildings, take precedence over the other measures for resolving the energy related challenges of Turkey and creating sustainable environments. Therefore, this paper aims to introduce a study on the assessment of the energy potential of the photovoltaic (PV) system considering a multi criteria evaluation which involves both economic convenience and environmental impacts. In this study, evaluations that account for the crucial parameters related to the energy, economic and environmental analysis which have considerably impact on the promotion of PV system applications in terms of the energy renovation of existing residential buildings were conducted for three climate zones of Turkey. The findings of the study can serve to underscore the potential PV profitability concerning the achievement of low carbon economy target of Turkey.

Key words: Residential building energy renovation, Photovoltaics, Energy performance analysis, Economic performance analysis

[a] e-posta adresi: dilaramangan@yahoo.com
[b] e-posta adresi: kgul@itu.edu.tr

1.GİRİŞ

Günümüzde, dünya enerji tüketiminin hızlı bir şekilde artması nedeniyle enerji tüketimine dayalı çevresel etkilerin azaltılması ve ithal edilen enerji kaynaklarına olan bağımlılığın azaltılarak enerji etkinliğinin sağlanması amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın bir şekilde kullanımına özellikle dikkat çekilmektedir. Dolayısıyla, gelişmiş ve gelişmekte olan pek çok ülke, enerji kaynaklarını çeşitlendirmeyi sağlayacak ve tüm sektörlerde (sanayi, bina, ulaşım ve diğerleri) CO_2 salımını azaltacak teşvikler aracılığıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmektedir. Enerji harcamaları açısından önem taşıyan sektörlerin başında bina sektörü gelmektedir. Binalar, gerek gelişmiş ve gerekse gelişmekte olan ülkelerde küresel sera gazı salımlarının üçte birinden ve küresel enerji tüketiminin %40'ından sorumludur [1].

Ülkemizde hızlı gelişen bir sektör olması nedeniyle öncelikle konut binalarında enerji tüketiminin azaltılması ve düşük karbon yoğunluğunun başarılabilmesi için sürdürülebilir enerjiye olanak sağlayan önlemlerin hayata geçirilmesi gerekli olmaktadır. Söz konusu önlemlerin başında, konut binalarının, ülkemiz açısından yüksek potansiyele sahip bir yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden yararlanılarak, elektrik enerjisi üreten sistemler olarak değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Bu kapsamda, güneş enerjisinin diğer enerji kaynaklarına göre çevresel açıdan daha yararlı olduğu kabul edilmekte, ayrıca güneş enerjisi, sürdürülebilir kalkınma programlarının da esasını oluşturmaktadır [2]. Teknik açıdan, güneş enerjisinin küresel enerji talebinin tümünü karşılayabilmesine olanak verebilecek potansiyele sahip olduğu bilinmektedir [3-4]. Güneş enerjisi teknolojileri içerisinde fotovoltaik (PV) sistemler, sessiz çalışmaları, kullanımları esnasında CO_2 salımı yapmamaları, ölçek esnekliğine ve oldukça basit bir işletim ve bakım sürecine sahip olmaları gibi öne çıkan özellikleri nedeniyle ülkemiz için gelecek vaat eden enerji sistemlerinden biri olarak kabul edilmektedirler. PV sistemler, enerji temini ya da çevresel zarar kaygısı oluşturmadan yerinde elektrik enerjisi üretimini gerçekleştirebilen, şebekeye bağlanabilme özelliği ile enerji arz güvenliğini sağlayan ve sahip oldukları modüler yapı sayesinde de binalara kolaylıkla entegre edilebilen sistemlerdir. Dolayısıyla, ülkelerin CO_2 salım azaltımı ve enerji üretme hedeflerini başarabilmelerinde etkin bir çözüm olarak PV sistemler gündemde yer almaktadır. Bu bağlamda, yüksek PV sistem potansiyeli gerek mevcut konut binalarının enerji performansının iyileştirilmesinde gerekse yeni yapılacak konut binalarının enerji stratejilerinin şekillendirilmesinde öncelikli olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla, konutlarda PV sistemlerin binaya aktif bina alt sistemi olarak entegre edilmeleri ve maksimum enerji üretimi gerçekleştirecek şekilde tasarlanmaları büyük önem taşımaktadır.

Bu bağlamda, bu çalışmada, şebekeye bağlı olduğu varsayılan PV sistemlerin;

- çok katlı konut binalarının mevcut ısıtma ve soğutma tüketimleri ile enerji tüketimlerine dayalı CO_2 salımları üzerindeki etkisinin ve
- ekonomik olarak

uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, bina kabuğunda PV sistemlerin uygulanmasına yönelik olarak ele alınan çatı ve cephe PV sistemlerinin farklı iklim bölgelerinde mevcut olduğu varsayılan örnek konut binasının toplam enerji tüketimini karşılama potansiyeli belirlenebilmektedir. Çalışma kapsamında Türkiye'nin ılımlı nemli, sıcak nemli ve soğuk iklim bölgelerinde yer aldığı kabul edilen mevcut konut binalarının enerji

performanslarının iyileştirilmesine yönelik olarak PV sistemlerin enerji ve ekonomik performanslarına ilişkin detaylı bir analiz sunulmaktadır.

2. YÖNTEM

Çalışma kapsamında yaşam döngüsü esasına dayalı olarak enerji ve ekonomik performansları açısından konut PV uygulamalarının potansiyellerinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, önerilen yöntem ile birbirini izleyen farklı hesaplama evreleri dikkate alınarak, Türkiye'nin ılımlı nemli, sıcak nemli ve soğuk iklim bölgelerinde PV sistem potansiyeli belirlenebilmekte olup gerçekleştirilen enerji ve ekonomik performans analizlerine ilişkin hesaplama evreleri ve başlıca adımlar aşağıda açıklanmaktadır:

- *Enerji performans analizi:*

-Örnek konut binasının tanımlanması,
-Isıtma ve soğutma enerjisi tüketimlerinin hesaplanması,
-Örnek konut binasının enerji performans göstergelerinin hesaplanması;
  -Birincil enerji tüketimi,
  -Enerji tüketimine dayalı CO_2 salımı,
-PV sistemin tanımlanması;
  -PV sistem tipinin belirlenmesi,
  -PV sistem uygulaması için uygun yüzeylerin belirlenmesi,
  -Verimlilik düzeylerine ilişkin olarak PV modül türünün belirlenmesi,
  -Optimum PV modül eğim açısı ve PV modül dizileri arasındaki optimum gölgeleme mesafelerine ilişkin duyarlılık analizlerin yapılması,
-PV sistemlerden üretilen yıllık enerji üretiminin hesaplanması,

- *Ekonomik performans analizi:*

-Ekonomik performans göstergelerinin hesaplanması;
  -Net güncel değer (NGD),
  -İskonto edilmiş geri ödeme süresi (İGS),
-PV sistemlerin ekonomik performanslarının hesaplanması.

Yukarıda tanımlanan yöntem ile, mevcut konut binalarının enerji performanslarının iyileştirilmesi için kullanılabilecek bütünleşik bir yaklaşım önerilmektedir. Önerilen bu yaklaşım kapsamında çözüm odaklı PV system uygulamalarına ilişkin alternatifler tanımlanabilmekte ve Türkiye'nin üç farklı iklim bölgesinde mevcut olduğu varsayılan örnek konut binasının enerji tasarrufu ve çevresel sürdürülebilirliği üzerindeki etkisi değerlendirilebilmektedir.

2.1. Enerji Performans Analizi

2.1.1 Örnek konut binasının tanımlanması

Çalışmada Türkiye'de konut üretiminde etkin rol oynayan TOKİ tarafından inşa edilmiş, yaygın kullanılan yapım teknolojilerini ve tasarım kriterlerini barındıran mevcut bir toplu konut uygulaması ele alınmaktadır. Toplu konut uygulaması kapsamındaki konut bloklarından biri, örnek konut binası olarak çalışma çerçevesinde irdelenmektedir (Şekil 1).


(a)


(b)

Şekil 1: Toplu konut projesinin uydu görüntüsü (a) ve genel görünümü (b)

Çalışma kapsamında ele alınan örnek konut binası, 17 katlı bir yapı olup kat yüksekliği 2.79 m'dir. Çatı tipi yürünebilir teras çatıdır. Biçim faktörü (plandaki bina uzunluğu/bina derinliği) 1.37, A/V oranı (toplam dış yüzey alanı / bina hacmi) 0.19, taban alanı 573 m^2 ve toplam bina yüksekliği ise 48.28 m'dir. Örnek konut binasının opak bileşenleri kapsamında dış duvar bileşeni 20 cm bims duvar ve perde duvar olmak üzere iki tiptir. Dış duvar, çatı ve toprağa temas eden döşeme bileşenlerine ilişkin mevcut ısı yalıtım kalınlığı ve toplam ısı geçirme katsayısı (*U*) değerleri, Çizelge 1'de verilmektedir. Saydam bileşen olarak plastik doğramalı çift camlı pencere (4 mm düz cam + 12 mm hava + 4 mm düz cam) sistemi (U_p:2.60 W/m^2K) kullanılmıştır. Saydamlık oranları (toplam saydam alan/toplam cephe alanı), kuzey, güney, doğu ve batı cepheleri için sırası ile %14, %15, %24 ve %30'dur.

Çizelge 1: Örnek konut binasının kabuk bileşenlerine ilişkin veriler

Kabuk bileşeni	Katmanlaşma detayı (dıştan içe)	U değeri (W/m^2K)
Dış duvar (tip_1)	0.03m dış sıva + 0.05m ısı yalıtım levhası (XPS) + 0.2m Bims duvar + 0.02m alçı sıva	U_{D1}=0.37
Dış duvar (tip_2)	0.03m dış dıva + 0.05m ısı yalıtım levhası (XPS) + 0.2m perde duvar + 0.02m alçı sıva	U_{D2}=0.58
Toprağa temas eden döşeme	1m temel betonu + 0.03m tesviye tabakası +0.04m ısı yalıtım levhası (XPS) +0.03m koruma betonu +0.05 m katkılı şap + 0.01m laminat parke	U_t =0.51
Teras çatı	çakıl + keçe serilmesi +0.05m ısı yalıtım levhası (EPS) + 2 kat su yalıtımı (EPDM) +0.04m meyil betonu +0.14m betonarme döşeme +0.02m alçı sıva	U_T =0.55
Pencere	0.06m PVC doğrama, 0.004m düz cam +0.012m hava +0.004m düz cam	U_p =2.60

2.1.2 Isıtma ve soğutma enerjisi tüketimlerinin hesaplanması

Bu çalışmada, yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri, EnergyPlus termal simülasyon motorunun kapsamlı arayüzü DesignBuilder simülasyon programı kullanılarak hesaplanmaktadır. Çalışma kapsamında ele alınan iller için dış iklime ilişkin veriler, "Tipik Meteorolojik Yıl (TMY)" formatında Meteonorm 7.0 isimli iklim verileri elde etme programı yardımı ile oluşturulmuştur [5].

Çevresel kontrol açısından, ele alınan konut binasının her katında dört konut birimi yer almakta olup her bir konut birimi şartlandırılmış (ısıtma/soğutma yapılan alan) tek bir zon olarak kabul edilmektedir. Her bir zon içerisinde kullanıcı aktivite düzeyi, 110 W/kişi olarak kabul edilmektedir. Kullanıcı giysi tipi, ısıtma dönemi için 1 clo, soğutma dönemi için ise 0.5 clo olarak

ele alınmaktadır. İç ortam konfor sıcaklığı ısıtma istenen dönem için 21ºC, soğutma istenen dönem için ise, 25ºC olarak kabul edilmektedir. Konut binasının ısıtma sistemi, çatı katı yoğuşmalı kazan tipli merkezi sistem ve kullanılan yakıt doğal gazdır. Çalışmada soğutma sisteminin mevcut olduğu ve soğutma için elektrik enerjisinin kullanıldığı varsayılmaktadır.

2.1.3 Örnek konut binasının enerji performans göstergelerinin hesaplanması

Bu çalışmada örnek konut binasının tüm enerji tüketimlerini ve bu enerji tüketimlerine ilişkin performans göstergelerini elde edebilmek için ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimlerine ilişkin birincil enerji ve CO_2 salım değerleri dikkate alınmaktadır. Birincil enerji tüketimlerinin hesaplanabilmesi için ulusal kılavuzlarda belirtilen herbir yakıt cinsine ilişkin birincil enerji dönüşüm katsayısı kullanılmakta olup aşağıda belirtilen eşitlik yardımı ile hesaplanabilmektedir:

$$E_{T,\ birincil} = E_{T,yakıt} \times f_{p,yakıtl} \quad (1)$$

$E_{T,yakıt}$ ile yakıt cinsine göre yıllık enerji tüketimi (kWh/y) ve $f_{p,yakıt}$ ile ise yakıt cinsine göre birincil enerji dönüşüm katsayısı tanımlanmaktadır. Eşitlik kapsamında Türkiye için tüketilen yakıt cinsine ilişkin birincil enerji dönüşüm katsayıları, doğalgaz enerjisi için 1.00, elektrik enerjisi için ise 2.36 alınmaktadır [6].

Örnek konut binasına ilişkin enerji tüketimlerine dayalı CO_2 salımlarının hesaplanabilmesi için IPCC Rehber Dökümanında belirtilen Tier 2 (T2) yöntemi esas alınmaktadır. T2 yöntemi çerçevesinde referans konut binasına ilişkin CO_2 salımı, aşağıda belirtilen eşitlik yardımı ile hesaplanabilmektedir [7]:

$$CO_2\ Salımı = E_{T,yakıt} \times f_{CO2,yakıtl} \quad (2)$$

$E_{T,yakıt}$ ile yakıt cinsine göre yıllık enerji tüketimi (kWh/y) ve $f_{co2,yakıt}$ ile ise yakıt cinsine göre CO_2 salımı dönüşüm katsayısı ($kgCO_2/kWh$) tanımlanmaktadır. Eşitlik kapsamında Türkiye için tüketilen yakıt cinsine ilişkin CO_2 salımı dönüşüm katsayıları, doğalgaz enerjisi için 0.20, elektrik enerjisi için ise 0.55 alınmaktadır [8].

2.1.4 PV sistemin tanımlanması

Çalışmada, örnek konut binasının yürünebilir teras çatı alanının tümünde ($510.72m^2$) ve güney cephesi opak alanlarında çatı ve cephe PV sistemleri olarak oluşturulan ve şebekeye bağlı olduğu varsayılan PV sistemlerin enerji performansları değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, PV sistemlerin enerji performanslarını etkileyen PV hücre tipleri, panellerin yönlendirilmesi, panel eğim açısı, panel dizileri arasındaki gölgeleme mesafeleri gibi parametreler dikkate alınmış ve bu parametrelerin İstanbul, Antalya ve Erzurum illeri için uygun değerleri belirlenmiştir. PV sistemlere ilişkin yapılmış kabuller, aşağıda belirtilmektedir

- Çatı PV sistemleri için kısıtlı alanda yüksek verimde çalışabilen tek kristalli (mono kristal) silikon PV modüller (190 Wp), cephe PV sistemleri için ise düşük güneş ışınımı koşullarında yüksek verimde çalışabilen ince film (amorf kristal) PV modüller (340 Wp) kullanılmaktadır.

- Çatı PV sistemlerinde PV modüller güneye yönlendirilmekte olup cephe PV sistemlerinde ise PV modüller cephe yüzeyine paralel yerleştirilmektedir.
- Çatı PV sistemlerine ilişkin optimum PV modül eğim açıları, PV*SOL Expert programı ile yapılan analiz çalışmaları sonuçlarına göre İstanbul için 31°, Antalya için 32°, Erzurum için ise 30°'dir.
- Çatı PV sistemlerine ilişkin PV modül dizileri arasındaki optimum gölgeleme mesafeleri, PV*SOL Expert programı ile yapılan analizler sonucuna göre çatı PV sistemleri için panel dizilerinde gölgelenmeden kaynaklı kazanç kaybını %1'e indirecek mesafe aralıkları, panel dizileri arasındaki uygun gölgeleme mesafeleri olarak dikkate alınmaktadır.
- Çatı ve cephe PV sistemleri için PV modüllerin güç çıkışlarında yıllık azalma (degradasyon) oranı ilk on yıl için %1, geri kalan yıllar için ise %0.5 olarak kabul edilmektedir.

Yukarıda belirtilen tüm kabuller doğrultusunda, çatı ve cephe PV sistemlerine ilişkin PV sistem yüzey alanı (Wp/m^2), kurulu güç (kWp) ve performans oranı (%) değerleri, Çizelge 2'de belirtilmektedir.

Çizelge 2: Tanımlanan PV sistemlere ilişkin veriler

Temsili İl	Çatı PV Sistemleri			Cephe PV Sistemleri		
	PV kurulu gücü (kWp)	PV yüzey alanı (Wp/m^2)	Performans oranı (%)	PV kurulu gücü (kWp)	PV yüzey alanı(Wp/m^2)	Performans oranı (%)
İstanbul	29.26	148.36	85.20	14.28	55.30	84.30
Antalya	29.83	148.36	84.10	14.28	55.30	84.50
Erzurum	29.64	148.36	85.00	14.28	55.30	84.70

2.1.5 PV sistemlerden üretilen yıllık enerji üretiminin hesaplanması

Örnek konut binasının çatı ve cephe alanlarında tanımlanan PV sistemlere ilişkin nihai enerji üretimleri, detaylı dinamik hesaplama yöntemini temsilen PV*SOL Expert simülasyon programı kullanılarak hesaplanmaktadır.

2.2. Ekonomik Performans Analizi

2.2.1 Ekonomik performans göstergelerinin hesaplanması

Çalışmada, örnek konut binasına yönelik tasarlanan PV sistem uygulamalarının ekonomik açıdan uygunluğunun değerlendirilebilmesi için net güncel değer (NGD) ve iskonto edilmiş geri ödeme süresi (İGS) yöntemleri dikkate alınmaktadır. NGD'nin hesaplanabilmesi için aşağıda belirtilen eşitlikten yararlanılmaktadır:

$$NGD = \sum_{t=1}^{N} \frac{EM_t}{(1+i)^t} - İM \quad (3)$$

EM_t ile t yılı için enerji maliyeti (TL), i ile iskonto ornaı (%), N ile PV sistemin yaşam ömrü (yıl) ve İM ile ise PV sisteme ilişkin ilk yatırım maliyeti (TL) tanımlanmaktadır. PV sisteme ilişkin ilk

yatırım maliyeti olarak PV modül ve invertörlerin maliyeti dikkate alınmaktadır. EM_t'nin hesaplanmasında ise aşağıda belirtilen eşitlikten yararlanılmaktadır:

$$EM_t = p_{pv} \times E_{pv} \quad (4)$$

p_{pv} ile PV sistemlerden üretilen elektrik enerjisi için uygulanan tarife (TL/kWh) ve E_{pv} ile ise PV sistemler aracılığıyla üretilen yıllık enerji miktarı (kWh/y) tanımlanmaktadır.

İGS ise aşağıda belirtilen eşitlik yardımı ile hesaplanabilmektedir:

$$\sum_{n=1}^{t} \frac{[\Delta EM_t]}{(1+i)^n} \geq İM \quad (5)$$

ΔEM_t ile t yılı içerisinde enerji maliyetinde sağlanan tasarruf değeri (TL) tanımlanmaktadır.

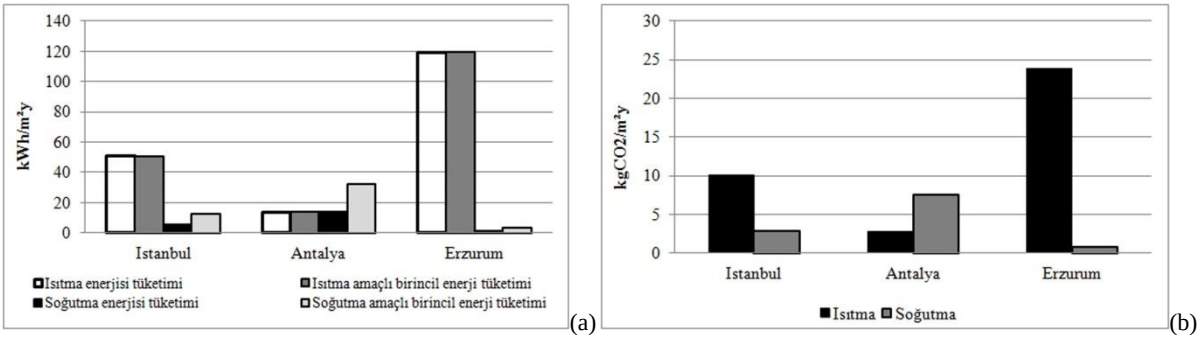
2.2.2 PV sistemlerin ekonomik performanslarının hesaplanması

Çalışma kapsamında PV sistemlerin ekonomik performanslarının hesaplanması amacıyla dikkate alınan veriler aşağıda belirtilmektedir:

- Enflasyon oranı %3.23 [9],
- İskonto oranı %6,
- PV sistemlerden üretilen elektrik enerjisinin birim maliyeti diğer bir deyişle şebekeye satış tarifesi, 13.3 ct/kWh'tir [10],
- İlk yatırım maliyetlerinin hesaplanmasında güncel piyasa tabanlı birim maliyetler esas alınmış olup 3.90 TL/Wp'tir,
- Hesaplama başlangıç yılı 2013,
- Hesaplama süresi 30 yıldır [11-13].

3. BULGULAR

Çalışma kapsamında Türkiye'nin üç farklı iklim bölgesinde (ılımlı nemli, sıcak nemli ve soğuk) yer aldığı kabul edilen örnek konut binasının ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyaçlarına ilişkin olarak hesaplanan yıllık enerji tüketimleri, yıllık birincil enerji tüketimleri ve yıllık CO_2 salımları Şekil 2'de görülmektedir.

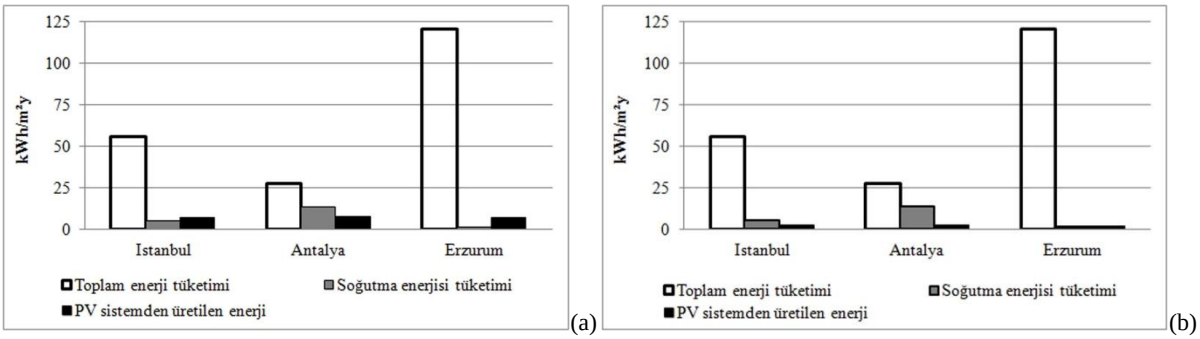


Şekil 2: Yıllık enerji ve birincil enerji tüketimleri (a) ve yıllık CO_2 salımı (b)

İklim bölgeleri çerçevesinde yapılan değerlendirme sonucunda, soğuk iklim bölgesi temsili ili Erzurum için ısıtma amaçlı birincil enerji tüketimi ve CO_2 salımı diğer illere göre oldukça

yüksektir. Diğer taraftan, sıcak nemli iklim bölgesi temsili ili Antalya için ise soğutma amaçlı birincil enerji tüketimi ve CO_2 salım değerleri diğer illere kıyasla daha fazladır.

Örnek konut binasına ilişkin tanımlı çatı ve cephe PV sistemlerinden elde edilen yıllık enerji üretimleri, örnek konut binasının yıllık toplam enerji tüketimi (ısıtma+soğutma) ve yıllık soğutma enerjisi tüketimleri ile karşılaştırmalı olarak Şekil 3'te belirtilmektedir. Analiz sonuçları çerçevesinde, PV sistemlerden üretilen yıllık enerji miktarı, diğer iklim bölgelerine kıyasla daha yüksek güneş ışınım değerlerine sahip sıcak nemli iklim bölgesi temsili ili Antalya için en yüksek olup diğer iklim bölgelerinin temsili illeri için elde edilen veriler de Antalya ili için elde edilen değerlere yakın düzeydedir. Öte yandan, ele alınan tüm iklim bölgeleri için çatı PV sistemleri ile üretilen yıllık enerji miktarı, cephe PV sistemleri ile üretilen enerji miktarına oranla daha yüksektir.



Şekil 3: Çatı PV sistemleri (a) ve Cephe PV sistemleri (b) tarafından üretilen yıllık enerji değerleri

Çalışma kapsamında tanımlı PV sistemlerin ekonomik uygunluğunun değerlendirildiği ekonomik performans analiz sonuçları, Çizelge 3'te verilmektedir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, üç farklı iklim bölgesi için 30 yıllık değerlendirme süresi içerisinde çatı PV sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerini geri ödeyebildiği, cephe PV sistemlerinin ise geri ödeyemediği görülmektedir. Çatı PV sistemleri açısından elde edilen analiz sonuçları irdelendiğinde, tüm iklim bölgeleri için pozitif net güncel değerin elde edildiği ve iskonto edilmiş geri ödeme sürelerinin 12.9 ile 16.8 yıl arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek net güncel değer ve en düşük iskonto edilmiş geri ödeme süresi sıcak nemli iklim bölgesi temsili ili Antalya için elde edilmiş olup en düşük net güncel değer ve en yüksek iskonto edilmiş geri ödeme süresi ise soğuk iklim bölgesi temsili ili Erzurum için hesaplanmıştır.

Çizelge 3: PV sistemlere ilişkin ekonomik performans sonuçları

Temsili İl	Cephe PV sistemleri			Çatı PV sistemleri		
	İlk yatırım (TL/kWp)	NGD (TL)	İGS (yıl)	İlk Yatırım (TL/kWp)	NGD (TL)	İGS (yıl)
İstanbul	3.903	36,347	14.5	3.903	-10,322	-
Antalya	3.903	49,159	12.9	3.903	-5,898	-
Erzurum	3.903	23,444	16.8	3.903	-13,634	-

4. SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı iklim bölgeleri için PV sistemler, enerji, ekonomik ve çevresel analizleri kapsayan bütünleşik bir değerlendirme ile ele alınmaktadır. Değerlendirme sonuçları,

çatı PV sistemleri ile örnek konut binasının ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimlerini kapsayan toplam enerji tüketimlerinin karşılanması oranının %6 (Erzurum) ile %30 (Antalya) arasında değiştiğini göstermektedir. Cephe PV sistemleri ile örnek konut binasının toplam enerji tüketimlerinin karşılanması oranı ise, en yüksek %9 olup bu değer, Antalya ili (sıcak nemli) için elde edilmiştir. Ekonomik performans analiz sonuçları irdelendiğinde, Çatı PV sistemleri ile tüm iklim bölgeleri için pozitif net güncel değer elde edilmiş olup iskonto edilmiş geri ödeme süreleri 12.9 ile 16.8 yıl arasında değiştiği görülmektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen değerlendirme sonuçları, ülkemiz açısından gerek sürdürülebilir ekonomik büyümenin gerçekleştirilmesi ve enerjide dışa bağlımlılığın azaltılmasına ilişkin politikaların üretilmesi gerekse Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'ne (2004) ve Kyoto Protokolü'ne (2009) taraf ve AB'ye aday ülke konumunda olması nedeniyle ilgili mevzuatların geliştirilmesi ve uygulanması için de büyük önem taşımaktadır. Ayrıca çalışmada önerilen yöntemin PV sistemlerin mevcut konut binalarının enerji etkin yenilemelerinin yanı sıra yeni tasarlanacak binalar için de uygulanabileceği açıktır. Tasarım aşamasında yapılacak değerlendirme başlangıçta enerji ve maliyet etkinliği açısından önlem alınmasını olanaklı kılacaktır. Bu nedenle mevcut konut binalarının enerji etkin yenilenmesi ve yeni tasarlanacak binalar için de enerji etkinliği açısından tasarım aşamasında doğru kararların alınabilmesi için konuya ilişkin yasa ve yönetmeliklerin hazırlanmasında kullanılacak teknik bilginin geliştirilmesi ve dolayısıyla bu tür çalışmaların çok sayıda öneri için gerçekleştirilmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

1. UNEP SBCI (2009). Buildings and climate change, summary for decision-makers.

2. Wang, Q., Qiu, H.N. (2009). Situation and outlook of solar energy utilization in Tibet, China. Renewable and Sustainable Energy Reviews 13(8), 2181–2186.

3. EPIA, European Photovoltaic Industry Association (2007). PV to Become a Leading World Energy Market. Retrieved November 1, 2008. http://www.rtcc.org/2007/html/dev solar epia.html.

4. Kurokawa, K., Komoto, K., Vleuten, V.D.P., Faiman, D. (2007). Energy from the desert: practical proposals for very large scale photovoltaic systems. Earthscan.

5. Remund, J., Müller S., Kunz, S., Huguenin-Land, B., Studer, C., Klauser, D. ve Schilter, C. (2014). *Meteonorm Global Meteorological Database.* Bern: Meteotest.

6. BEP (2010). *Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi.* <http://www.bep.gov.tr/BEPTRWEB/#.VLEkQyuUfE0>, alındığı tarih: 05.04.2012.

7. IPCC (2006). Energy. *IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories* (Vol. 2).

8. CSB (2013). Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

9. TSE, Türk Standartları Enstitüsü < http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=13559>, alındığı tarih: 05.07.2013.

10. TBMM (2011). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun, *T.C. Resmi Gazete, 27809,* 8 Ocak 2011.

11. IEA (2006). Compared assessment of selected environmental indicators of photovoltaic electricity in OECD cities. International Energy Agency, Photovoltaic power systems programme, Report IEA-PVPS-T10-02:2006.

12. Alsema, E.A., de Wild-Scholten, M.J. (2005).The real environmental impacts of crystalline silicon PV modules : an analysis based on up-to-date manufacturers data. 20th European PV Solar Conference, Barcelona.

13. EC (2012). European Commission Commission Delegated Regulation, NO:244/2012; 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

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

FARKLI BİNA FORMLARINDA GÜNEŞ PİLİ UYGULAMALARININ ENERJİ VE MALİYET ETKİNLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Y. Mimar H. Merve Yanardağ [a]
Doç. Dr. Gülten Manioğlu [b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi, Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Alternatif enerji kaynaklarından güneş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olması ve sahip olduğu potansiyel sebebiyle en verimli alternatif enerji kaynağı olarak kabul edilebilir. Binalarda enerji yüklerinin alternatif enerji kaynaklarından güneş ile karşılanabilmesi, güneş enerjisine ait pasif ve aktif sistemler yardımıyla bina kabuğunun enerji etkin tasarlanmasıyla olanaklıdır. Aktif sistemlerden güneş pilleri, güneş ışınımını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürerek binanın toplam yüklerinin bir bölümünü karşılayabilmeleri nedeniyle, binanın sürdürülebilirliği ve enerji etkinliğine katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada farklı bina formlarında güneş pili uygulamalarının enerji ve maliyet etkinliği değerlendirilerek, en etkin bina formunun ve güneş pili uygulama seçeneğinin tanımlanması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada aynı hacim ve kabuk yüzey alanı oranına (V/A) sahip olan farklı bina formları seçenekleri üretilerek, her bina formuna teras çatı, kırma çatı ve beşik çatı uygulanmıştır. Ayrıca çatıya ve cepheye uygulanan güneş pillerinde eğim açısı, uygulandığı yapı elemanı ve yönü çeşitlendirilerek farklı seçenekler üretilmiştir. Binalarda gerçekleşen yıllık toplam enerji yükleri ile elde edilen enerji kazançları karşılaştırıldığında, bina formlarına bağlı olarak, en düşük enerji yükünün ve en yüksek enerji kazancının gerçekleştiği bina formu seçeneği, maliyetleriyle birlikte belirlenebilecektir. Böylece güneş enerjisini kullanarak fosil yakıt tüketiminin yol açtığı çevresel kirliliklere ilişkin olumsuzlukları gideren ve enerji ve maliyet etkin sistemler tasarlamak mümkün olabilecektir.

Anahtar sözcükler: Bina Formu, Güneş Pili, Yasam Döngüsü Maliyeti, Enerji Etkinliği, Maliyet Etkinliği

ABSTRACT

Sun is the most efficient alternative energy resource as it provides clean energy and the potential of solar energy is huge. It is possible to meet the energy need of a building entirely with solar energy by designing an enegry efficient building envelope with passive and active solar systems. Photovoltaics (PV) is an active solar system that contributes to energy efficiency and sustainability of a building by converting solar radiation into electric energy. This study aims to identify the most effective building form for a PV application by comparing different building envelopes and evaluating energy and cost efficiencies of corresponding PV applications. Different building forms with the same building envelope surface to volume ratio (V/A) are chosen, and all forms are further fitted and compared with flat, hipped and gabled roofs. Additionally, tilted angle of PV panels, applied to the construction elements and orientations are varied for more detailed comparison. All the selected building forms are ranked according to energy efficiency and cost efectivity. The building form with the lowest energy consumption and highest energy gain is identified and its cost is calculated. The results of this study can guide the design of energy and cost effective building systems to eliminate the negative impact of fossil fuels on the environment
.

Keywords: Building form, PhotoVoltaic, Life Cycle Cost, Energy Efficiency, Cost Efficiency

[a] e-posta adresi: merveyan@hotmail.com
[b] e-posta adresi: manioglugu@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

Türkiye'de enerji harcamalarının büyük bir oranı konutların ısıtılması ve soğutması için kullanılmaktadır. '5627' Sayılı Enerji verimliliği kanunu ile birlikte binalarda fosil yakıtlar yerine alternatif enerji kullanımı teşvik edilmeye başlamıştır. Dünyada nükleer yakıtlar dışında bütün yakıtların ana kaynağı olan güneş, diğer enerji kaynaklarına oranla en yüksek potansiyele sahip bir alternatif enerji kaynağıdır **[1].** Bina ölçeğinde kullanımı kolay olan güneş enerjisi; çevreye zarar vermeyen, temiz, hiçbir ülkenin tekelinde olmayan ve böylece enerji açısından bağımlılıkları ortadan kaldırabilecek, tesis ve bakım masrafı dışında kaynağa herhangi bir ücret ödemeyi gerektirmeyen, hiçbir ulaştırma harcaması olmaksızın her yerde sağlanabilen sonsuz bir enerji kaynağı olarak görülmektedir **[2].**Bunun yanı sıra, doğal afetler, ulaşım şebekelerinde doğabilecek bir dar boğaz, ülkelerin savunma stratejilerinde yapacakları değişiklikler gibi durumlar güneş enerjisinin sürekliliğini etkilemeyecektir. Hiçbir karmaşık teknoloji gerektirmeyen güneş enerjisi, son yıllarda hızla yükselişe gecen toplu konutlarda ısıtma ve soğutma yüklerinin alternatif enerji ile karşılanabilmesi açısından büyük bir fırsat olarak görülmelidir **[3]**. Güneş pili uygulamaları bina kabuğuna kolayca uygulanabilir sistemler olduğundan bu sistemler için, uygulanan binanın özellikleri de dikkate alınarak enerji ve maliyet etkin analizlerinin yapılması bir gereklilik haline gelmiştir. Binalarda güneş pili uygulamalarında enerji yüklerini etkileyen etkenler, iklime ilişkin, binaya ilişkin ve güneş paneline ilişkin etkenler olarak ele alınabilir **[2].**

İklime ilişkin etkenler, güneş ışınımı değerleri, dış hava hareketi hızı, dış hava sıcaklığı ve dış nemlilik olarak özetlenebilir. Bu faktörlerden; bulunulan yere bağlı olarak yıl boyunca değişim gösteren güneş ışınım değerleri ve güneş ışınlarının geliş açıları, güneş pili verimlerini doğrudan etkilemektedir. Dış hava sıcaklığının yüksek değerleri, özellikle yaz koşullarında güneş pillerinin aşırı ısınmasına, dolayısıyla panelin performansının düşmesine sebep olur. Bu durumda bölgedeki hakim rüzgâr, aşırı ısınma nedeniyle verimi düşebilen güneş pillerinde modülleri soğutarak verimin düşmesini engeller.

Binaya ilişkin etkenlerden, binaların yönlendiriliş durumu, farklı yönlere bakan cephelerdeki güneş pili uygulamalarından elde edilecek enerji kazancını doğrudan etkilemektedir. Güneş pillerinden elde edilen enerji miktarı binanın bulunduğu enleme ve panelin yüzey ile yaptığı eğim açısına göre değişim göstermektedir **[4]**. Binanın yatay ve düşey doğrultudaki boyutları, bina kabuğunun yüzey alanını dolayısıyla bu binanın farklı yüzeylerinden güneş pili yardımıyla elde edilecek olan enerji miktarlarını da belirlemektedir. Bununla birlikte; bina kabuğu yüzey alanı ve bina hacmi arasındaki ilişkinin (V/A) aynı olduğu farklı bina formlarında ortaya çıkan yıllık toplam enerji yükleri de farklı olabilmektedir. Aynı şekilde aynı V/A oranını sağlayan farklı bina formlarında, farklı yönlere bakan bina kabuğu alanı da değişim göstereceğinden, enerji yükleri ile birlikte güneş pili uygulamaları sonucu elde edilen enerji kazançları da değişim göstermektedir. Bununla birlikte binalarda farklı çatı tipleri uygulandığında, çatılara yerleştirilen güneş pillerinin eğimleri ve yönleri de farklılık göstermekte ve bu durum enerji yükü ve kazancı dengesini etkileyebilmektedir **[2].**

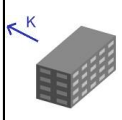
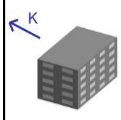
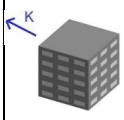
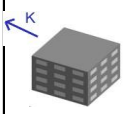
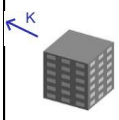
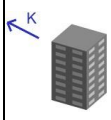
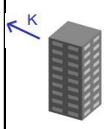
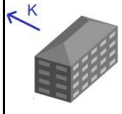
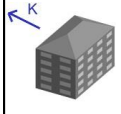
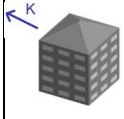
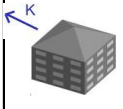
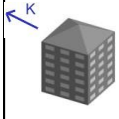
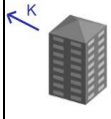
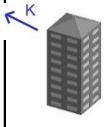
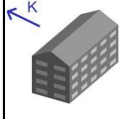
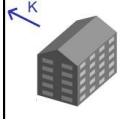
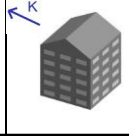
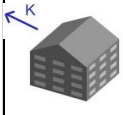
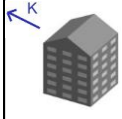
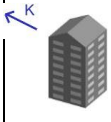
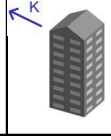
Güneş Pillerine İlişkin Etkenler ise, güneş pillerinin malzeme, hacim ve modül türlerine bağlı koşullar, yüzey alanları ve panel açıları, bağlantı türleri gibi güneş pili uygulamalarında enerji eldesini doğrudan etkileyen değişkenlerdir.

2. FARKLI BİNA FORMLARINDA GÜNEŞ PİLİ UYGULAMALARININ ENERJİ VE MALİYET ETKİNLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada farklı formlarda üretilen binalar için, binaların ısıtma, soğutma ve aydınlatma yüklerinin güneş pili sistemleri ile karşılanmasının enerji ve maliyet etkinliği açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen yaklaşımın adımları aşağıdaki gibidir.

2.1. İklime ve Binaya İlişkin Kabullerin Belirlenmesi

Uygulama çalışmasında, tüm hesaplamalar meteorolojik veriler doğrultusunda hazırlanmış meteorolojik veri dosyasının, kullanılan simülasyon programına aktarılmasıyla, gerçek atmosfer koşulları altında yapılmıştır **[6]**. Simülasyonlarda ele alınan İstanbul iline ait epw. (energy plus weather) formatındaki iklimsel veriler Design Builder simülasyon programında hesaplamalar için kullanılmıştır **[7]**. Ele alınan binalar İstanbul ilinde, düz bir arazide yer almaktadır. Binanın herhangi bir bina tarafından gölgelenmediği varsayılmıştır. Binada ısıtma ve soğutma sistemleri için elektrikli bir sistem seçilmiş ve sağlanması gereken aydınlık düzeyi ise 150 lux olarak belirlenmiştir. Kullanıcıların hafta boyunca 24 saat binada bulundukları ve kullanıcı yoğunluğunun 0,04 kişi/m2 olduğu kabul edilmiştir. Değerlendirme çalışmasında kullanılmak üzere V/A oranları aynı olan ancak farklı formlara sahip 7 farklı bina formu üretilmiştir. Her bina formunda sırasıyla teras çatı, kırma çatı ve beşik çatı uygulanmıştır. Çalışma için üretilen bina formları ve yönlendiriliş durumları **Çizelge 1**'de gösterilmektedir.

V=4800 m3 (+-%2) **A**=1760 m2 (+-%2) **V/A**=2,73 (+-%2)	BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	BF6	BF7
DÜZ ÇATI							
KIRMA ÇATI							
BEŞİK ÇATI							

Çizelge 1. Bina Formları ve Yönlendiriliş Durumları

Isıtmanın istendiği dönemde, ısıtma sistemlerinin işletme biçimi hafta içi ve hafta sonu 07:00 – 23:00 saatleri arasında iç hava sıcaklığı 20°C, 23:00-07:00 saatleri arasında ise 12°C olacak şekilde, soğutmanın istendiği dönemde ise soğutma sistemlerinin işletme biçimi hafta içi ve hafta sonu 07:00 – 23:00 saatleri arasında iç hava sıcaklığı 26°C, 23:00-07:00 saatleri arasında ise 28°C olacak şekilde ayarlanmıştır. Tüm cepheler için saydamlık oranı %30 'dur. Saydam bileşenlerin (Çift cam (e2=1) Clr 3 mm/13 mm hava) olacak şekilde, toplam ısı geçirme katsayısı U= 1,79 W/m2-K olarak kabul edilmiştir.

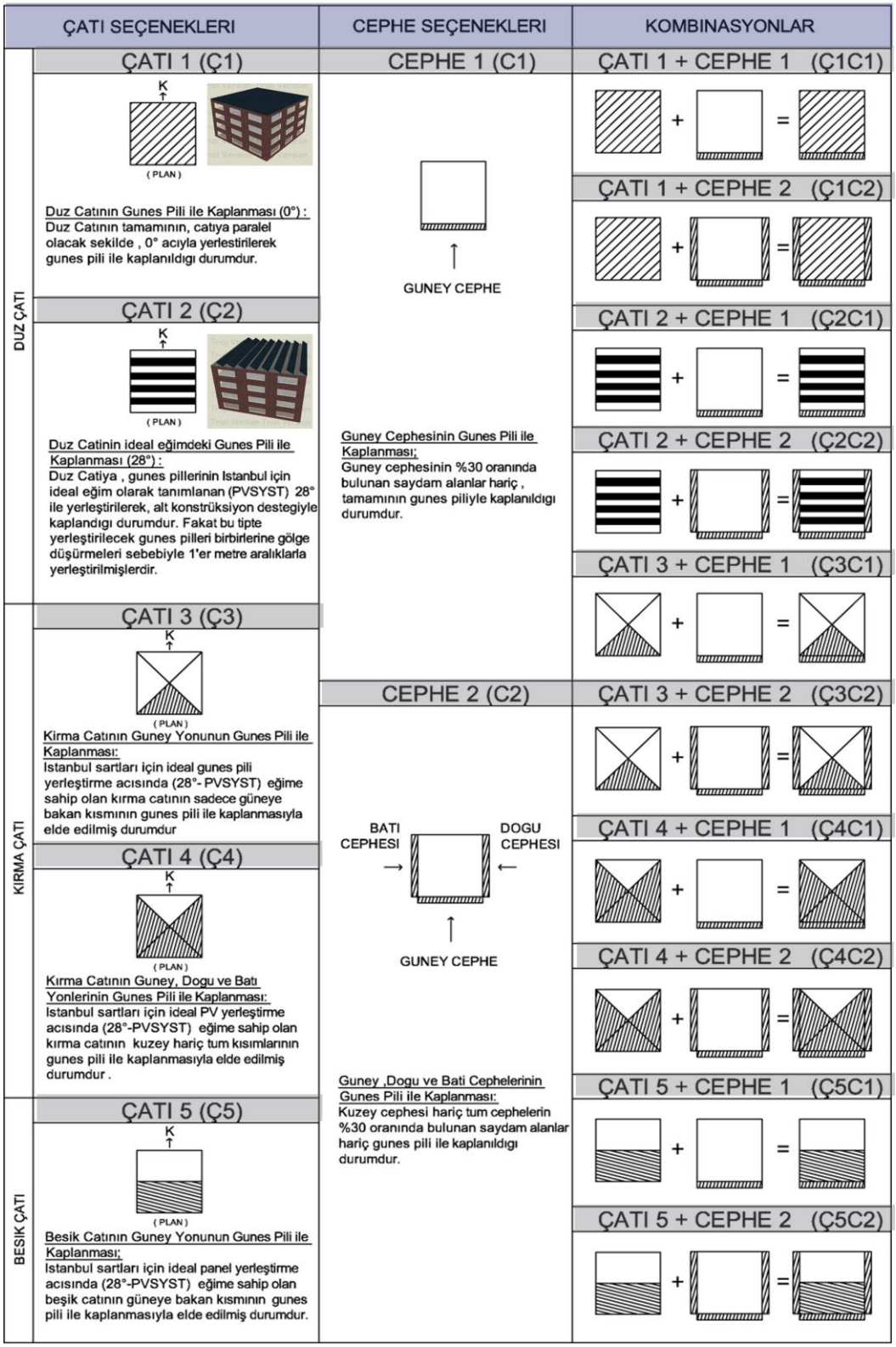
Opak bileşenlere ait toplam ısı geçirme katsayıları TS-825'de **[8],** 2. Bölgede bulunan İstanbul ili için sınır U değerleri; U_{duvar}:0,57 (W/m^{2}K), U_{tavan}: 0,38 (W/m^{2}K), U_{taban}: 0,57 (W/m^{2}K) ve $U_{pencere}$:1,8 (W/m^{2}K) dir. Bu sınır değerler esas alındığında, uygulamada seçilen binaların bina kabuklarını oluşturan malzemelerine ilişkin termofiziksel özellikler **Çizelge 2'**de gösterilmektedir.

	Malzeme	Kalınlık (m)	Isı Geçirgenlik Katsayısı λ (W/mK)	Toplam Isı Geçirme Kats. (U degeri) (W/m2k)
Düz Çatı Katmanları	Asfalt	0,01	0,7	0,36
	Çimento Sıva Harcı	0,03	0,23	
	EPS Izolasyon Malz.	0,08	0,04	
	Çimento Sıva Harcı	0,03	0,23	
	Dökme Beton	0,12	0,38	
	Alçı Sıva	0,01	0,4	
Kırma-Beşik Çatı Katmanları	Kiremit Catı	0,025	1	0,36
	Hava Boslugu	0,25	0,19	
	EPS Izolasyon Malz.	0,09	0,04	
	Dökme Beton	0,12	1,13	
	Alçı Sıva	0,01	0,4	
Dış Duvar Katmanları	Çimento Sıva Harcı	0,02	0,72	0,57
	XPS Izolasyon Malz.	0,04	0,03	
	Tugla	0,19	0,62	
	Alçı Sıva	0,02	0,4	
Zemine Oturan Döşeme Katmanları	Kaucuk Döseme	0,001	0,06	0,54
	EPS Izolasyon Malz.	0,05	0,04	
	Çimento Sıva Harcı	0,03	0,23	
	Dökme Beton	0,1	1,13	
	Blokaj	0,15	1,8	

Çizelge 2. Bina Kabugunu Oluşturan Malzemelere ilişkin Termofiziksel Özellikler

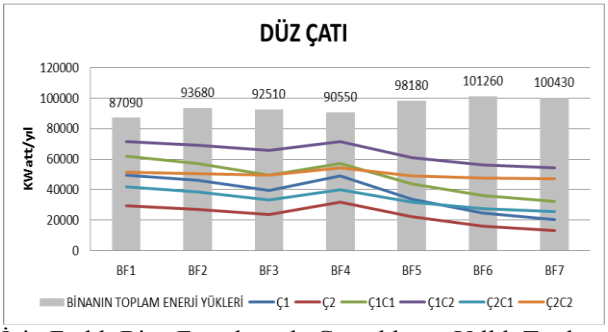
2.2. Farklı Bina Formlarında Gerçekleşen Yıllık Toplam Enerji (Isıtma, Soğutma ve Aydınlatma) Yüklerinin ve Bina Kabuğuna Uygulanan Güneş Pillerinden Elde Edilecek Enerji Miktarının Hesaplanması

Belirlenmiş olan farklı formlar ve çatı tiplerine sahip bina formları için gerekli hesaplamalar Design Builder adlı simülasyon programı yardımıyla yapılmıştır. DesignBuilder binanın ve binaya ilişkin yapma sistemlerin enerji performansını inceleyen U.S. Department of Energy tarafından geliştirilmiş dinamik termal bir bina enerji simülasyon programıdır. Çalışmada, güneşin olmadığı saatlerde ve geceleri elektrik kesintisi durumunda şebekeye bağlı olan bir sistem kurulması uygun görülmüştür. Tüm Çatı tipleri için Polikristal PV Panel, tüm cepheler için ise İnce Film güneş pili panellerinin kullanıldığı kabul edilmiştir. Bina kabuğuna uygulanan güneş pillerinden elde edilecek enerji miktarları PVSYST adli simülasyon programı yardımıyla hesaplanmıştır. PVSYST yazılımı, söz konusu bölgenin aylık veya saatlik ölçülmüş iklim verilerine dayanarak dizi eğimi ve yönü değişkenlerine göre, üretilebilecek elektrik enerjisini hesaplamaktadır **[9,10].** Hesaplamalarda güneş pillerinin bina kabuğuna eklendiği (entegre edilmediği) dolayısıyla bina kabuğunun U değerinde ve enerji yüklerinde bir değişiklik olmadığı varsayılmıştır. Güneş pili uygulamasına ilişkin oluşturulan çatı ve cephe kombinasyonları **Şekil 1**'de görülmektedir.

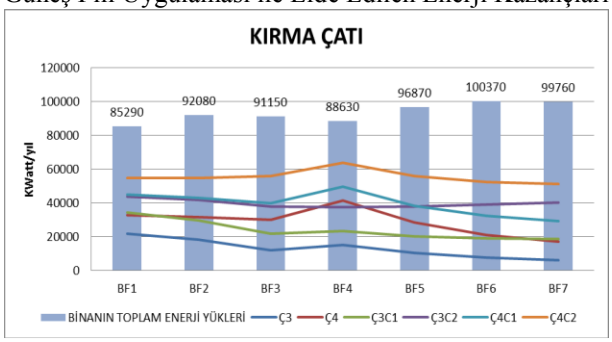


Şekil 1. Güneş Pili Uygulamasına İlişkin Oluşturulan Çatı ve Cephe Seçenekleri Kombinasyonları

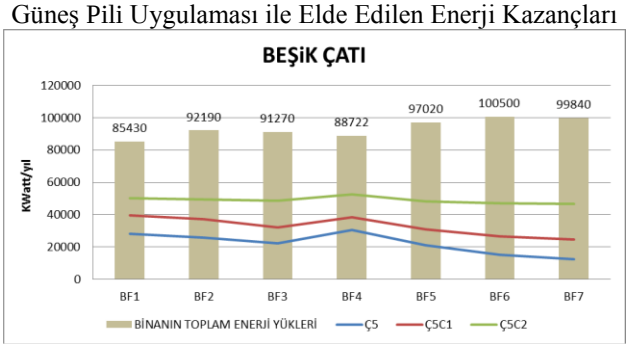
Ele alınan binalarda gerçekleşen yıllık toplam enerji yükleri ile elde edilen enerji kazançları **Şekil 2-4 '**de, ve güneş pili uygulamaları ile elde edilen yıllık enerji kazançlarının, binaya ait yıllık toplam enerji yüklerini ne oranda karşıladığı da **Şekil 5'de** gösterilmiştir. Tüm bina formlarında en yüksek enerji kazançları çatı için; düz çatıya 0° eğim ile güneş pili döşendiği (Ç1), kırma çatının doğu, güney ve batı yüzeylerine güneş pili döşendiği (Ç4) ve beşik çatının da güney yüzeyine güneş pili döşendiği (Ç5) seçeneklerde, cephe için ise; binaların doğu, güney ve batı cephelerinin tamamına güneş pili döşendiği (C2) seçenekte elde edilmiştir. Buna göre, tüm kombinasyonlar karşılaştırıldığında, en yüksek enerji kazancı düz çatılı bina formları için Ç1C2 kombinasyonu ile BF1'de, kırma çatılı bina formları Ç4C2 kombinasyonu ile BF4'de, beşik çatılı bina formları Ç5C2 kombinasyonu ile BF4'de elde edilmiştir. Tüm bina formları kendi aralarında karşılaştırıldığında ise en yüksek enerji kazancı Ç1C2 kombinasyonu ile BF1 de sağlanmıştır (**Şekil 2-4**). Karşılaştırmalar sonucunda, tüm bina formlarında binanın yıllık enerji yüklerini en yüksek güneş pili verimiyle karşılayan seçeneğin Ç1C2 kombinasyonu olduğu belirlenmiştir. BF1, BF2, BF3, BF4, BF5, BF6 ve BF7 için Ç1C2 seçeneğinde yıllık toplam enerji yüklerine karşı güneş pilleri ile elde edilen verim; %82, %74, %71, %79, %62, %56 ve %54'tür. **(Şekil 5)**



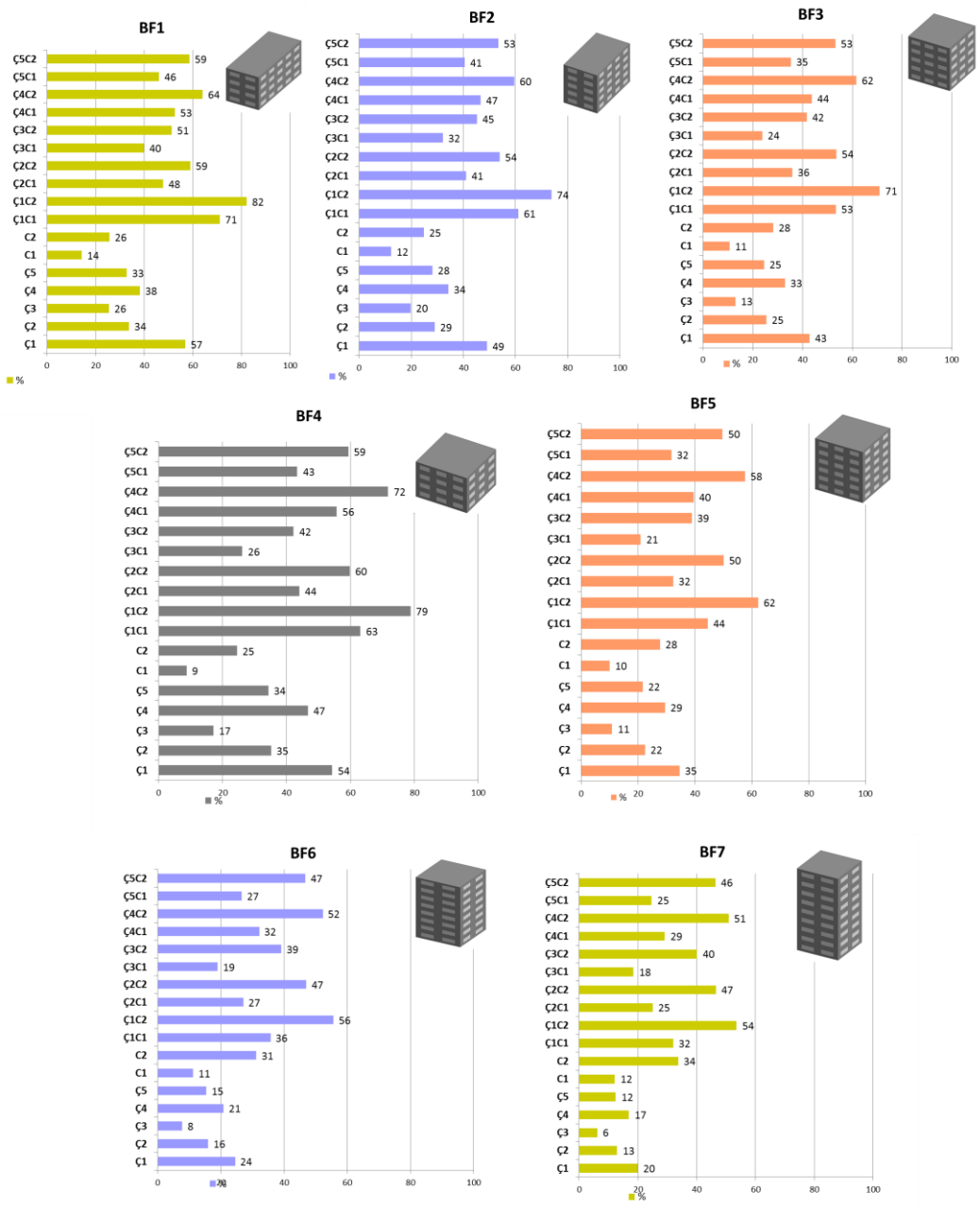
Şekil 2. Düz Çatı İçin Farklı Bina Formlarında Gerçekleşen Yıllık Toplam Enerji Yükleri ve Güneş Pili Uygulaması ile Elde Edilen Enerji Kazançları



Şekil 3. Kırma Çatı için Farklı Bina Formlarında Gerçekleşen Yıllık Toplam Enerji Yükleri ve Güneş Pili Uygulaması ile Elde Edilen Enerji Kazançları



Şekil 4. Beşik Çatı için Farklı Bina Formlarında Gerçekleşen Yıllık Toplam Enerji Yükleri ve Güneş Pili Uygulaması ile Elde Edilen Enerji Kazançları



Şekil 5. Bina Formu 1-7'de Güneş Pili Uygulamasıyla Elde Edilecek Enerji Kazancının, Binaya ait Yıllık Toplam Enerji Yüklerine Oranı

2.3. Farklı Bina Formları İçin En Yüksek Kazancın Elde Edildiği Seçeneğin Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi

Çalışmada en yüksek enerji kazanımı gerçekleştiren bina formları için yasam döngüsü maliyet analizi bağıntı 1.1 ile, ve maliyetlerin hazırlanması için kullanılan Net bugünkü güncel değeri ise bağıntı 1.2 ile hesaplanmıştır.

YDM (LCC) = I + M + R + E – S **(1.1)**

I: İlk yatırım maliyeti giderleri (€), M: Bakim, Onarım, İşletme giderleri (€), R: Yenileme giderleri (€), E: Enerji giderleri (€), S: Hurda değeri (€) **[5]**

$$P = A.[(1+i)^n - 1/I(1+I)^n] \quad \textbf{(1.2)}$$

P: paranın güncel değeri, F: paranın gelecek değeri, i: indirgeme oranı, n: indirgeme periyotlarının sayısı, A: eşit zaman aralıklarında yapılan uniform serideki ödemeler–taksitler **[11]**

Güneş pillerinde ilk yatırım maliyetleri şantiye maliyetleri ve genel giderlerden oluşmaktadır. Binaya sabitlenecek olan polikristal yapıda güneş pili sistemi için ilk yatırım maliyetleri açısından yüzdelik oranlar **Çizelge 3**'de belirtilmiştir.

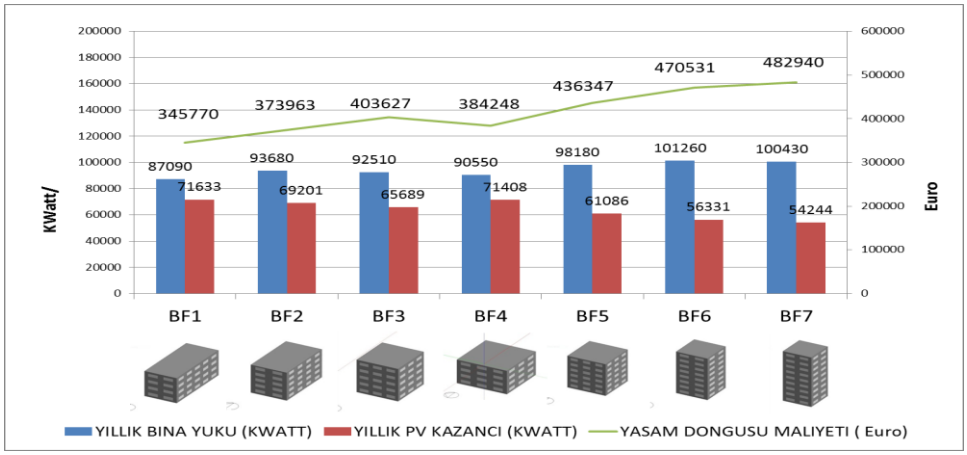
ILK YATIRIM MALİYETLERİ							
SANTİYE MALİYETLERİ						GENEL GİDERLER	
MALZEME MALİYETLERİ				İŞÇİLİK MALİYETLERİ	ARAÇ MAKİNA TESİS MALİYETLERİ	VERGİLER	MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ
PANEL MALİYETİ	İNVERTÖR MALİYETİ	KABLOLAMA MALİYETİ	KONSTRÜKSİYON				
35%	16%	6%	8%	13%	9%	3%	10%

Çizelge 3. Güneş Pilleri İlk Yatırım Maliyet Kalemlerinin Oranları [12]

Güneş pilleri sistem kurulumlarının anahtar teslim ilk yatırım maliyetleri; Polikristal Yapıdaki ilave konstrüksiyon gerektirmeyen güneş pilleri için 1.5 Euro/WattPeak, Polikristal Yapıdaki ilave konstrüksiyon gerektiren güneş pilleri için 1.56 Euro/WattPeak ve İnce film Yapıdaki ilave konstrüksiyon gerektiren güneş pilleri için: 1.4 Euro/WattPeak olarak kabul edilmiştir **[12].** Çalışma kapsamında güneş pillerinin yazın 2'ser hafta, diğer mevsimlerde ise 1,5 ay arayla temizlendikleri kabul edilmiştir. Çatı için ilk yatırım maliyetinin %1 inin temizlik için yeterli olduğu, cephe için ise daha zor olması sebebiyle %1,5 alındığı kabul edilmiştir **[12].** Periyodik bakım ve kontrol maliyetinin, sadece cephe ya da çatı için 500 Euro, hem cepheye hem de çatıya uygulanan sistemler için ise 750 Euro olduğu kabul edilmiştir **[12].** Bu çalışma kapsamındaki projede işletme ve yönetim maliyeti bulunmamaktadır. İlk yatırım maliyetindeki vergiler dışında proje 'lisanssız elektrik enerjisi üreten' sistemler olarak kabul edildiğinden düzenli vergi verilmesi gerekmemektedir. İhtiyaç fazlası üretilen enerji 0,133$ / kWh karşılığında devlete satılabilmektedir. Güneş pillerinin ürettiği enerjinin yeterli gelmemesi durumunda ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi ise 0,36 TL/ kWh olarak faturalandırılmaktadır **[13].** Sistemlerin devreye girmesi için enerji harcaması olmadığından enerji maliyetleri de yoktur.

Yok etme maliyeti olan güneş pili sisteminin sökülmesi ve parçalara ayrılması, ilk yatırım maliyetinin %10 u olarak alınmıştır **[12].** Güneş pili sistemi kurulumunda en önemli kalem olan panellerin herhangi bir hurda değerinin olmadığı fakat panellerin etrafını çevreleyen alüminyum profillerin hurda değerinin olduğu kabul edilmiştir. Bu durumda panel birim alanında 4,6 TL (1,67 Euro) alüminyum hurda değeri bulunmaktadır **[13,14].**

Ortalama bir güneş pili sisteminin ömrünün 25 yıl olduğu kabul edilerek yaşam dönemi maliyet analizi yapılmıştır. Bu çalışmada da yatırım için gerekli tüm finansmanın, alternatif olarak bankaya yatırıldığı durumda yıllık %1 Euro faiz aldığı kabul edilmiştir **[15].** Farklı bina formlarında en yüksek kazancın elde edildiği güneş pili uygulaması seçeneklerinin yasam dönemi maliyetleri 1.1 ve 1.2 bağıntıları yardımıyla hesaplanmıştır (**Şekil 6**)



Şekil 6. Ç1C2 Kombinasyonu İçin Farklı Bina Formlarında Gerçekleşen Yıllık Toplam Enerji Yükleri, Güneş Pili ile Elde Edilen Enerji Kazançları ve Yaşam Dönemi Maliyeti

Enerji kazançları ve enerji yükleri ile yasam dönemi maliyetlerinin karşılaştırılması sonucu 'en yüksek enerji kazancını sağlayan güneş pili uygulamasında, minimum yasam dönemi maliyetini veren bina formu seçeneğinin **Bina Formu 1** seçeneği olduğu belirlenmiştir.

3. SONUÇLAR

Günümüzde fosil kaynakların hızla tükenmesi ve dünyadaki insan nüfusunun artması sebebiyle ihtiyaç duyulan enerji miktarının artışı alternatif enerji kaynaklarına yönelimi arttırmıştır. Güneş potansiyeli en yüksek alternatif enerji kaynağıdır ve binalarda sınırsız enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Bu çalışmada, farklı bina formlarında güneş pili uygulamalarının enerji ve maliyet etkinliği değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen genel sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Farklı bina formlarında güneş pili uygulamalarının farklı çatı ve cephe kombinasyonları ile kullanılmaları sonucunda; bina formları aynı bina kabuk alanına (A) ve iç hacme (V) sahip olmalarına rağmen, aynı yönlere bakan cephe ve çatı alanlarının farklı olması sonucunda güneş ışınımından elde edilen kayıp ve kazançların farklılığı nedeniyle farklı yıllık toplam enerji yükleri gerçekleştirmişlerdir.
- Tüm çatı tipleri ve cephe yönlendirilişleri incelendiğinde, bina formunun belirleyicileri olan, binanın çatı alanı ve farklı yönlere bakan cephe alanlarının; güneş ışınım kazancı ve seçilmiş olan güneş pili tiplerine bağlı olarak farklı performans gösterdikleri belirlenmiştir.
- Çatı ve güney cephesi alanı arttıkça, yıllık toplam enerji yükleri azalmakta ve güneş pili verimi artmakta, çatı ve güney cephesi alanı azaldıkça, yıllık toplam enerji yükleri artmakta ve güneş pili verimi azalmaktadır.
- Bina formları yatayda geliştiğinde, yıllık toplam enerji yükleri azalmakta ve güneş pili verimi artmakta, bina formları düşeyde geliştiğinde ise yıllık toplam enerji yükleri artmakta ve güneş pili verimi azalmaktadır.
- Tüm bina formlarında en yüksek enerji kazancı düz çatıda (Ç1) ve doğu güney ve batı cephesinde (C2) güneş pili uygulamasının yapıldığı seçeneklerinin bir araya geldiği Ç1C2 kombinasyonu ile elde edilmiştir.

- Aynı çatı alanlarında uygulanan düz çatı, kırma çatı ve beşik çatı seçeneklerinde, hem güneş pili alanı hem de eğim açısı, enerji kazançlarını etkilemektedir.
- Güneş pilinin düz çatıya, kırma çatıya ve beşik çatıya uygulanması halinde, her bina formu için en yüksek verimi sağlayan uygun seçeneğin aynı olmadığı, bina formu değiştikçe çatı ve cephe alanları da değiştiği için, verimin de değiştiği görülmektedir.
- Maliyet analizleri sonucunda, enerji yükleri en düşük olan bina formunda en düşük yaşam dönemi maliyeti elde edilmiştir.

Geliştirilen yaklaşım ile alternatif enerji kaynaklarından güneş enerjisini kullanarak fosil yakıt tüketiminin yol açtığı çevresel kirliliklere ilişkin olumsuzlukları gideren ve enerji ve maliyet etkin sistemler tasarlamak olanaklı hale gelmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Çıtıroğlu, Ahmet., Haziran 2000; "*Güneş Enerjisinden Yararlanarak Elektrik Üretimi*" TMMOB Makine Mühendisler Odası Dergisi (http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/0000022A.pdf)

[2] Yanardağ, H.Merve., 2015; "*Farklı Bina Formlarında Güneş Pili Uygulamalarının Enerji ve Maliyet Etkinliği Açısından Değerlendirilmesi"*, Yüksek Lisans Tezi, I.T.U. Mimarlık Fakültesi

[3] Borand, Bahadır., 1997; "*Mevcut Binalarda Güneş Enerjisinden Yararlanmak İçin İyileştirme Önerileri*"; Yüksek Lisans Tezi, I.T.U Mimarlık Fakültesi

[4] Roberts, Simon., Guariente, Nicole., 2009: "*Building Integrated Photovoltaics, A Handbook*".

[5] Manioğlu, Gülten.; 2002 ; "*Isıtma Enerjisi Ekonomisi ve Yasam Donemi Maliyeti Açısından Uygun Bina Kabuğu ve İşletme Biçimi Seçeneğinin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım*", Doktora Tezi, I.T.U. Mimarlık Fakültesi

[6] Erdim, Banu.; 2010; "*Binalarda Enerji Korunumu Açısından Isı Pompalarının Farklı İklim Bölgelerinde Uygulanması*"; Yüksek Lisans Tezi; I.T.U. Mimarlık Fakültesi

[7] Saltı, Soner.; 2015; "*Binalarda Isı Pay Ölçer Uygulamasının Isıtma Enerjisi Harcamalarının Dengeli Bir Biçimde Paylaştırılması Açısından Değerlendirilmesi*" , Yüksek Lisans Tezi, I.T.U. Mimarlık Fakültesi

[8] TSE 825 Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği; 05.12.2008; Bayındırlık ve Iskan Bakanlığı.

[9] Mutlu, Ayşe., Türkeri, Nil.; Mayıs 2010; "*Fotovoltaik Modüllerin Çatı ve Sistemleri ile Bütünleştirilmesi ve İstanbul Örneği*"; Çatı ve Cephe Dergisi.

[10] 'PVSYST' simulasyon yazilimi, 10.04.2016, "http://www.pvsyst.com/en/software/functionalities"

[11] Tas, Elçin.; 2014-2015 Güz Yarıyılı; "*Yapım Yönetimi ve Ekonomisi Dersi, Fizibilite Çalışmaları Uygulamaları*" Ders Notları

[12] Firmalar ile Yapılan Görüsmeler; Şubat 2015; Merk Solar Enerji Çözümleri A.S. , SolarTurk Enerji , Anel Enerji, Inform Elektronik Sanayi ve Tic. A.S.,

[13] Url- <http://www.epdk.org.tr/index.php/elektrik-piyasasi/lisanssiz-uretim 06.04.2015

[14] Gülsan Metal A.S., 2015 Şubat

[15] Garanti Bankası ; 2015 Şubat, "Yıllık Brüt Faiz Verileri"

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

AVLULU YAPILARDA GÜNEŞ IŞINIMI KAZANÇLARININ ISITMA-SOĞUTMA YÜKLERİNE ETKİSİ

Araş. Gör. İdil Erdemir Kocagil[a]
Prof. Dr. Gül Koçlar Oral[b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Geleneksel evler iklime uyumlu tasarım parametreleri ile enerji etkin tasarım çözümleri sunmaktadır. Sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan geleneksel Diyarbakır evleri, bu yörede yaz döneminde görülen yüksek dış sıcaklıklarına ve yüksek güneş ışınımı miktarı rağmen doğru tasarım parametreleri sayesinde pasif olarak oldukça konforlu mekanlar sunmaktadır. Bu çalışmada sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan geleneksel Diyarbakır evleri referans alınarak, avlulu yapılarda güneş ışınımından kazanılan ısıl kazançların, farklı A/V oranlarına bağlı olarak ısıtma-soğutma yükleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Ayrıca avlu etrafındaki yapı kütlelerinin güneş ışınımına göre optimum konumlandırılması ile ortaya çıkan yaşama hacmi olarak kullanılan mevsimlik kitlelerin güneş ışınımı kazançlarına bağlı olarak ısıtma ve soğutma yüklerinin iç mekan koşullarında yarattığı değişimler analiz edilmiştir. Sonuç olarak, sıcak-kuru iklim bölgelerinde avlulu bina formunun güneş ışınımı kazançlarına ve pasif bina performansına etkisi ele alınarak, iklime uygun tasarımın ısıtma-soğutma yüklerinde sağladığı enerji etkinliğinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Anahtar sözcükler: güneş ışınımı, sıcak-kuru iklim, geleneksel evler, avlulu yapı formu, ısıtma-soğutma yükü.

ABSTRACT

The Effect of Solar Heat Gain on Heating-Cooling Loads in Courtyard Buildings
Traditional houses offer an energy efficient design due to their design parameters that are developed compatible with the climate. Traditional Diyarbakir houses in the hot-dry climate zone provide passively comfortable indoor spaces based on their proper design parameters especially in the cooling period despite the high amount of solar radiation. In this study, the effect of solar heat gain on heating-cooling loads in courtyard-formed houses derived from different A/V ratios is evaluated. Moreover, the alterations of indoor conditions between seasonal living units, which are placed around courtyard according to the optimum amount of solar gain, are analyzed. As a result, the energy efficiency of heating-cooling loads provided by climate compatible design is aimed to be highlighted by considering solar heat gain and the passive building performance of courtyard-formed building parameters in hot-dry climate zones.

Key words: solar radiation, hot-dry climate, traditional houses, courtyard building form, heating-cooling loads

[a] e-posta adresi: erdemir@itu.edu.tr
[b] e-posta adresi: kgul@itu.edu.tr

1.GİRİŞ

Binaların en önemli işlevlerinden biri; kullanıcıların biyolojik, psikolojik, sosyo-kültürel ve bunun yanı sıra iklimsel ihtiyaçlarını optimum düzeyde sağlayan yapma çevreler oluşturmaktır; ancak günümüzde binalar bu koşulları sağlamak için önemli ölçüde enerji tüketmekte ve giderek artan çevresel sorunlara yenilerini eklemektedir. Hızla tükenen enerji kaynakları da göz önünde bulundurulduğunda sürdürülebilir enerji kaynaklarını kullanan enerji etkin yapılar tasarlanmalıdır. Bu kapsamda güneş enerjisinin aktif ve pasif sistemler dahilinde yapılara entegre edilmesi son derece önemlidir; böylelikle hızla tükenen enerji kaynaklarından bağımsız sürdürülebilir güneş enerjisi ile işletilecek binalar tasarlanması ile binaların gelecekte çevreye verecekleri zararlar minimize edilmiş olacaktır.

Yapıların, aktif sistemlerin görev paylarını minimize ederek öncelikle iklimle uyumlu ve güneş enerjisinden yarar sağlayan pasif sistemler olarak tasarlanması, enerji etkin yapma çevrelerin gerçekleştirilmesinde önemli bir adımdır. Bulundukları bölgenin iklimsel koşullarına uyumlu olarak tasarlanan yapılar, güneşten optimum kazanç sağlamayı hedeflemektedir. Bu tür yapılar ısıtma istenen dönemde güneşten elde edilecek ısıl kazanç sayesinde harcanan aktif enerji miktarının azaltılmasını ve ısıtmanın istenmediği dönemde ise güneş ışınımı kazançlarını minimize ederek aktif soğutma enerjisi miktarlarının azaltılmasını olanaklı kılarlar. Bu doğrultuda, çevresel koşulların doğru analiz edilmesi ile uygun pasif tasarım parametreleri seçilerek tasarlanan yapılar, güneşten optimum kazanç elde etmeleri sayesinde ısıtma ve soğutma yüklerini minimize ederek, diğer bir deyişle düşük miktarda enerji harcayarak konforlu ortamlar sağlayabilen enerji etkin yapılar olarak tanımlanabilirler. Enerji etkin yapılara en iyi örnekler olarak geleneksel yapılar gösterilmektedir. Farklı iklim bölgelerinde yer alan ve iklime uyumlu tasarım anlayışlarıyla enerji harcamalarını minimize eden geleneksel yapılar, yıllar süren deneyimle kazanılan birçok bilgiyi bugüne aktararak, çağdaş yapılara enerji korunumu açısından önemli veriler sunmaktadır.

Türkiye beş farklı iklim bölgesine sahip olmanın getirdiği çeşitlilik ile geleneksel mimari açısından zengin bir mirasa sahiptir. Özellikle sıcak-kuru iklim bölgesinde, karakteristik iklimsel özellikler ile bağlantılı olarak bina tasarımında ortaya çıkan birçok kısıtlama, bilinçli olarak geliştirilmiş enerji etkin çözümler ile bu iklim bölgesine has karakteristik bir mimariye dönüşmüştür. Türkiye'nin en yüksek güneş ışınımı değerlerinin görüldüğü bu bölgede geleneksel yapılar tasarım parametreleri ile iklimsel koşulları kontrol ederek pasif olarak konforlu mekanlar sunmaktadır. Yapıya ilişkin tasarım parametreleri arasında iklimin en belirgin şekilde bina formunun biçimlenmesinde etkili olduğu görülmektedir. Yaz döneminde oluşan yüksek sıcaklıklar ve düşük nem oranına karşın konforlu mekanlar sunabilmek için bu iklim bölgesinde genellikle avlulu yapı formu kullanılmaktadır. Avlu, yapıda etkin ısı kontrolü sağlayan bir dış mekan görevi üstlenmektedir. Bu kritik özelliği sayesinde avlu sıcak-kuru iklim bölgesi için yapı tasarımında belirleyici bir unsur olarak ön plana çıkmakta ve yapı formunun karakteristiğini belirlemektedir

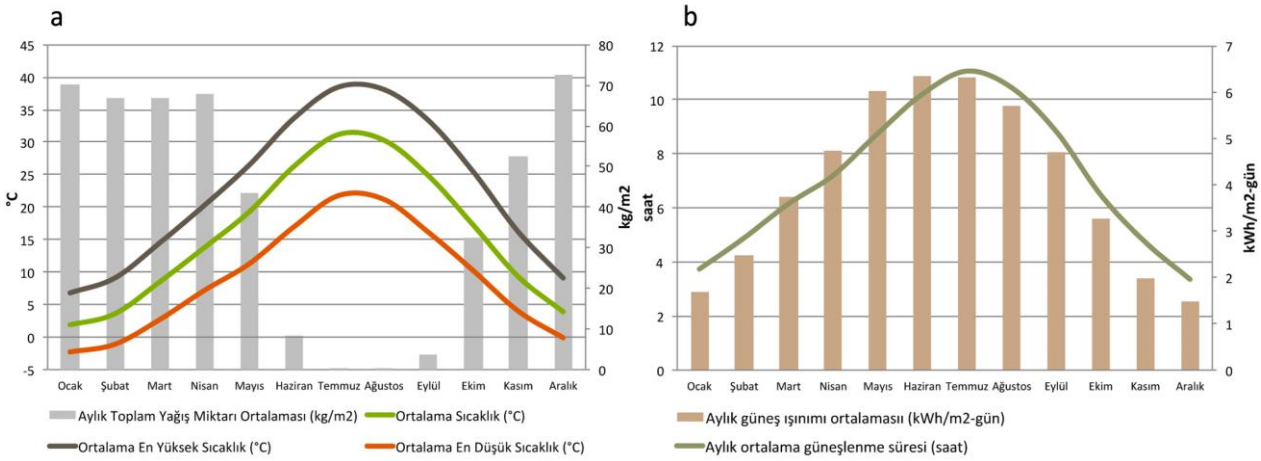
Diyarbakır şehri Türkiye'nin sıcak-kuru iklim bölgesinin pilot şehri olarak iklimsel koşullarının yanı sıra tarihi ve kültürel dokunun etkileri ile oluşan köklü bir geleneksel mimariye sahiptir. Yapıların tasarım parametreleri incelendiğinde avlulu yapı formunun diğer sıcak-kuru iklim

bölgelerinde olduğu gibi yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca bu yapılarda mekanların mevsimlik kullanımı karakteristik bir özellikler ortaya çıkmaktadır. Avlunun çevresinde yer alan farklı yönlendirilmiş yapı kitleleri, güneş ışınımından elde ettikleri ısıl kazanç miktarına göre dönemsel koşullara uygun olacak şekilde yazlık, kışlık ve baharlık olarak işlevlendirilmiştir.

Bu çalışmada sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan geleneksel Diyarbakır evleri referans alınarak, avlulu yapılarda güneş ışınımından elde edilen ısıl kazançların, farklı A/V oranlarına bağlı olarak ısıtma-soğutma yükleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Ayrıca avlu etrafında yer alan mevsimlik yaşama hacimlerinin sağladığı ısıl kazançların iç mekan koşullarına etkisi çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Bu sayede Diyarbakır evleri referans alınarak sıcak-kuru iklim bölgelerinde avlulu bina formunun diğer karakteristik tasarım parametreleri ile birlikte ısıtma-soğutma yüklerinde sağladığı enerji etkinliğinin ön plana çıkarılması hedeflenmiştir

2. GELENEKSEL DİYARBAKIR EVLERİ

Türkiye'nin güneydoğusunda yer alan Diyarbakır ili çevresi yüksek dağlarla çevrili Diyarbakır Havzası olarak adlandırılan bir düzlüktür. Bölgede kuvvetli karasal etki ile sıcak-kuru bir iklim egemendir. Türkiye'nin en yüksek güneş ışınımı alan bölgesinde yer alan Diyarbakır'da yazlar güneyden gelen rüzgarın etkisi ile çok sıcak ve kurak geçerken, kışlar Güneydoğu Toroslar yayının kuzeyden gelen soğuk rüzgarları kesmesi sonucu çok daha ılık geçmektedir (**Şekil 1**). Meteorolojik verilere göre, en yüksek sıcaklık ortalama 31.2°C ile Temmuz ayında, en düşük ortalama ise 1.6°C ile Ocak ayında tespit edilmiştir **[1].**



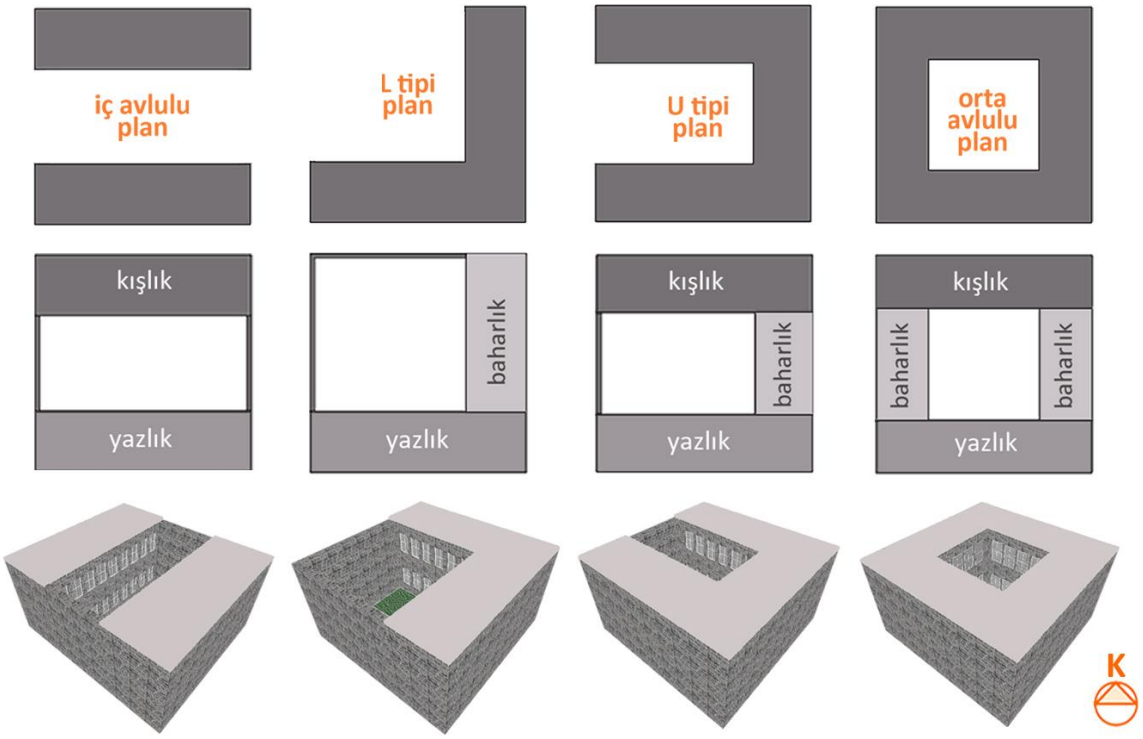
Şekil 1: (a) Diyarbakır iline ait ortalama iklimsel veriler **[1]** ve **(b)** ortalama güneş ışınımı verileri **[2].**

Eski Diyarbakır yerleşimi surlarla çevrili sınırlandırılmış bir alan üzerine kuruludur. Bu sınırlandırılmış alana yerleşme zorunluluğu evlerin birbirleriyle kurdukları ilişkileri etkileşmiş ve bitişik düzen içine yerleşen organik formlu yapılar ortaya çıkmıştır. İklimsel ve sosyo-ekonomik nedenlerle dışa kapalı olarak tasarlanan yerleşim dokusunda gün boyu gölgeli alanlar

sağlayabilmek için sıkışık nizamda yerleşen binalar arasında oldukça dar sokak aralıkları bırakılmıştır.

İklimin etkisi, geleneksel Diyarbakır evlerinin tasarımında önemli bir faktör olarak ön plana çıkmaktadır. Sıcak-kuru iklim bölgelerinde yaygın olarak kullanılan avlulu yapı formu, bu bölgede de yaygın olarak görülmektedir; özellikle yaz aylarında yaşama alanı olarak kullanılan avlu sayesinde gündüzleri konveksiyon ile yapının içerisinde biriken sıcak havanın uzaklaştırılması sağlanırken, geceleri iç mekana doğal vantilasyon ile serin hava girişi sağlanarak yapı strüktürü serinletilmektedir. Evlerin plan tipleri incelendiğinde Diyarbakır bölgesinde dört farklı avlulu yapı formunun kullanıldığı görülmektedir; iç avlulu plan, orta avlulu plan, L tipi plan ve U tipi plan (**Şekil 2**).

Diyarbakır evlerinin en karakteristik özelliği, planlardaki uygun düzenlemeler sonucu ortaya çıkan ve evin merkezinde yer alan avlu etrafında konumlandırılmış mevsimlik kitlelerdir **[3].** Bu kitlelerin güneş ışınımı optimizasyonu açısından uygun yönlendirilmeleri sonucu farklı iklimsel gereksinimlere uyum sağlayan ve dönemsel olarak kullanılan yaşama mekanlarının ortaya çıktığı görülmektedir.



Şekil 2: Geleneksel Diyarbakır evlerinde görülen plan tipleri ve mevsimlik kitle yerleşimleri.

Avlunun güneyinde kalan ve kuzeye bakan yazlık kitle, evin en özellikli kısmı olarak tanımlanmaktadır. Bu kitlede ana cephe kuzeye yönlendirildiği için diğer kitlelere göre yazın daha az güneş ışınımı alarak güneşin ısısal etkilerine karşı korunmaktadır. Böylece yaz mevsimi boyunca güneş ışınımından korunmuş daha gölgeli ve serin yaşama alanları oluşturulmuştur.

Bununla birlikte daha yüksek tavan ve daha büyük döşeme alanlarına sahip yazlık mekanlar; hem düşük ortalama ışınımsal sıcaklıkları, hem de konveksiyon yoluyla oluşturulan hava akımları sayesinde daha hızlı bir şekilde serinletilebilmektedir **[4].**

Yazlık kitlenin karşısında konumlanan kışlık kitle, soğuk kuzey rüzgarlarından korunmak için tüm açıklıkları güneye bakacak şekilde inşa edilmiştir; bu sayede kış aylarında güney yönünden maksimum güneş ışınımı kazancı sağlanmaktadır. Taban alanları küçük ve tavan yükseklikleri düşük odaların cephelerine, hava hareketleri nedeniyle oluşan ısı kayıpları azaltmak için az sayıda küçük pencereler yerleştirilmiştir.

Diyarbakır evlerinin kabuk tasarımında, yaz aylarında görülen yüksek sıcaklıkların ve gün içinde yaşanan büyük sıcaklık değişimlerinin iç mekanlarda hissedilen etkilerini azaltmaya yönelik çözümler geliştirilmiştir. Şehrin Karacadağ volkanik bir alanı üzerinde yer alması nedeniyle yaygın olarak bulunan ve ısıl iletim katsayısı 1.40 W/m°K olan bazalt taşı, geleneksel evlerde opak yapı elemanlarının ana malzemesi olarak kullanılmaktadır **[5].** Bazalt taşı ile oluşturulan 50-80 cm aralığında değişen sandık duvarlar, malzemenin termofiziksel özellikleri sayesinde ısıyı depolayarak, gün içinde yükselen hava sıcaklığının iç mekana etki etmesini geciktirirler.

Geleneksel Diyarbakır evlerinde, dış duvarların kazanacağı güneş ışınımının minimize edilmesi için komşu binaların duvarları mümkün olduğunca birbirine bitişik olarak yapılarak, yapıların dış yüzey alanları azaltılmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte sokak cepheleri; hem sosyo-kültürel nedenler, hem de bu yönden kazanılacak güneş ışınımının azaltılması amacıyla küçük havalandırma pencereleri dışında neredeyse penceresi olmayan sade sağır cepheler olarak tasarlanmıştır. Bu evlerin bütün pencereleri, evin merkezinde yer alan avluya bakacak şekilde iç cephelere yerleştirilmiştir.

3. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ VE KAPSAMI

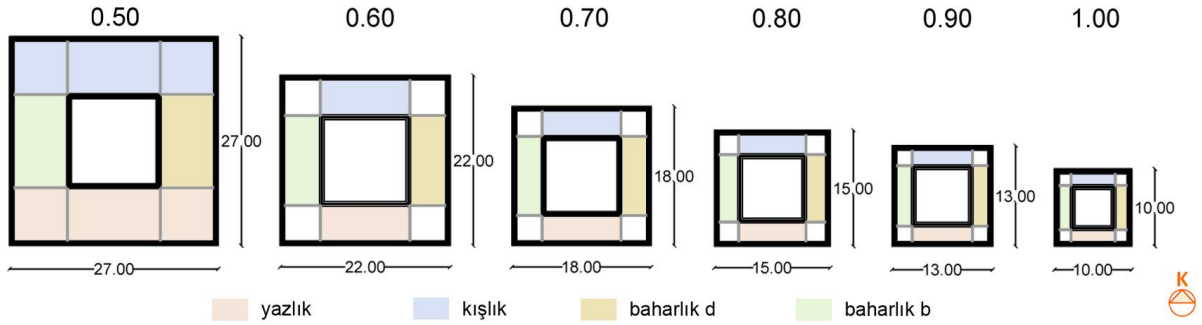
Çalışmanın amacı; geleneksel Diyarbakır evlerinde görülen avlulu yapı formunun güneş ışınımı kazançlarına bağlı olarak ısıtma-soğutma yükleri üzerindeki etkisinin ve avlu etrafında konumlandırılan mevsimlik hacimlerin enerji verimliliğinin, enerji simülasyonları aracılığıyla değerlendirilmesidir. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın yöntemi aşağıdaki adımlar doğrultusunda açıklanmıştır.

3.1. Avlulu Yapı Alternatiflerinin Belirlenmesi

İlk aşamada referans plan tipi olarak ele alınmak üzere geleneksel evlerde kullanılan orta avlulu plan seçilmiş ve farklı A/V oranları ile oluşturulan alternatiflerin ısıtma-soğutma yükleri sonuçları açısında kıyaslanması hedeflenmiştir. Ayrıca orta avlulu planın biçimsel özellikleri sayesinde avluyu çevreleyen dört yapı kitlesinin farklı yönlendirilmesi ile yazlık, kışlık ve baharlık olarak kullanılan mevsimlik hacimlerin güneş ışınımı kazançlarına bağlı olarak ısıtma-soğutma yüklerindeki farklar analiz edilmiştir.

Yapı formu, binaya ilişkin geometrik değişkenler aracılığıyla tanımlanabilir. Aynı hacme ve farklı dış cephe alanına sahip birden fazla bina formu belirlemek mümkündür. Buna bağlı olarak farklı formlardaki yapıların ısıtma ve soğutma harcamaları farklı olacaktır. Bu noktada, toplam ısı

kayıp alanı (A) ile yapının ısı kayıplarına karşı korunmuş hacmi (V) arasındaki oranın ele alınması ve A/V ile ısıtma-soğutma yükü arasındaki ilişkinin incelenmesi mümkündür. Bu çalışmada kıyaslanacak yapı formları orta avlulu plan tipinin farklı A/V oranlarına sahip alternatifleri ile üretilmiştir. Bu sayede farklı alternatiflerin sağladığı toplam ısı kayıp alanı (A) ile yapının ısı kayıplarına karşı korunmuş hacmi (V) arasındaki oranın ilişkisi ve avlu büyüklüğünün etkisi gözlenebilmiştir. Çalışmada kullanılan A/V oranları; 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90 ve 1.00 olarak seçilmiş ve seçilen oranlar kullanılarak 4 m kat yüksekliğine sahip iki katlı yapılar oluşturulmuştur (**Şekil 3**). Aynı koşullar altında kıyaslama yapabilmek için kare tabanlı planlar oluşturulmuş ve mevsimlik kitlelerin aynı miktarda güneş ışınımı alması için pencereler avluya bakan herbir cephenin saydamlık oranı %40 olacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 3: Seçilen A/V oranları için oluşturulan farklı orta avlulu yapı alternatifleri.

Orta avlulu plan tipinde avlunun dört tarafında mevsimlik kitleler yer almaktadır. Avlunun güneyinde yazlık yaşama hacmi, avlunun kuzeyinde kışlık yaşama hacmi ve doğu-batı yönlerine yerleşen baharlık yaşama hacimleri için değerlendirmeler yapılmıştır. Yönlenmenin etkisini görebilmek için bu kitlelerin içinde aynı taban alanına, saydamlık oranına ve buna karşılık farklı yönlendiriliş durumlarına sahip yaşama hacimleri ele alınarak mevsimlik kitle kullanımının enerji etkinliği açısından irdelenmesi sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan yapı elemanı katmanlaşmaları geleneksel yapılarda görülen yerel ve sürdürülebilir malzemelerle özgün duruma uygun olacak şekilde oluşturulmuştur. Opak yapı bileşenlerinin ana malzemesi bazalt taşı olup, opak bileşen katmanları ve malzemelerinin ısı geçişine ilişkin fiziksel özellikleri **Çizelge 1**'de verilmiştir.

3.2. Isıtma-Soğutma Yüklerinin Hesaplanması

Geliştirilen alternatiflerin ısıtma ve soğutma enerjisi harcamalarının hesaplanmasında Design Builder enerji simülasyon programı kullanılmıştır. İç hava sıcaklığı konfor değeri ısıtma dönemi için 21°C, soğutma dönemi için de 26°C olarak alınmıştır. Simülasyonlarda Diyarbakır'a ait iklimsel IWEC (Enerji Hesaplamaları İçin Uluslararası İklimsel Veri) dosyaları kullanılmıştır.

Bu çalışmada, orta avlulu yapı formunda seçilen A/V oranlarının ve farklı yönlendirilen mevsimlik hacimlerin ısıtma-soğutma yükü açısından performansını değerlendirmek üzere yapılan enerji simülasyonları sonucu elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmaların A/V oranlarına bağlı olarak ortaya çıkan farklı alansal büyüklüklerden etkilenmeden

yapılabilmesi için sonuçlar birim alan başına düşen yıllık enerji harcamaları (kWh/m^2) olarak verilmiştir

Çizelge 1: Çalışmada kullanılan yapı elemanlarının katmanlaşması ve fiziksel özellikleri.

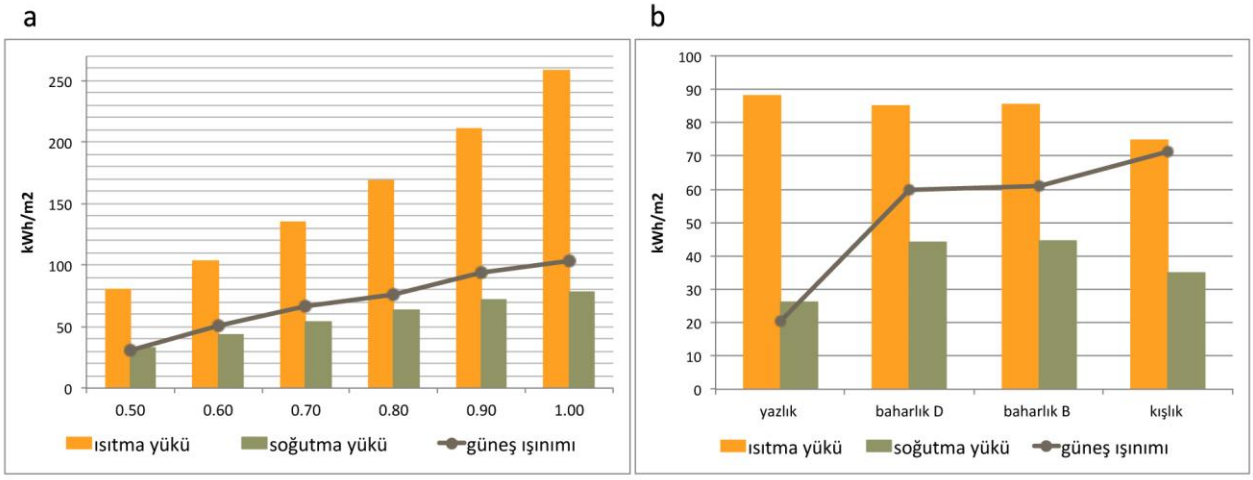
	malzeme	**ısı iletkenlik (λ)** [W/m°K]	**özgül ısı (c)** [J/kg°K]	**yoğunluk (ρ)** [kg/m³]	**kalınlık (d)** [m]	**U-değeri** [W/$m^{2\circ}$K]
dış duvar	bazalt	1.40	1013.00	2852.00	0.20	0.98
	moloz	0.36	840.00	1840.00	0.20	
	bazalt	1.40	1013.00	2852.00	0.20	
ara kat döşemesi	bazalt	1.40	1013.00	2852.00	0.10	0.36
	toprak+kireç	1.16	880.00	1460.00	0.20	
	ahşap levha	0.13	2000.00	900.00	0.05	
	ahşap kiriş	0.13	896.00	2800.00	0.25	
zemine oturan döşeme	bazalt	1.40	1013.00	2852.00	0.10	1.50
	toprak	1.28	880.00	1460.00	0.40	
çatı	kara harç	0.61	880.00	1680.00	0.20	0.22
	kil	0.47	1000.00	1200.00	0.30	
	saman	0.10	2100.00	300.00	0.05	
	yonga levha	0.14	1700.00	600.00	0.10	
	ahşap levha	0.13	2000.00	900.00	0.15	
	ahşap kiriş	0.13	896.00	2800.00	0.25	

Şekil 4a'da verilen sonuçlar değerlendirildiğinde, A/V oranı büyüdükçe metrekare başına düşen güneş ışınımı miktarının ve buna bağlı olarak soğutma yüklerinin de arttığı görülmektedir; ancak A/V oranın artması ile ısıtma yükleri de artmaktadır. A/V oranının büyümesi ile oransal olarak dış yüzey alanı genişlemekte ve bu durum yapı kabuğundan kazanılan güneş ışınımı değerini arttırırken aynı zamanda kaybedilen ısı miktarını da arttırmaktadır. Çalışmada oluşturulan alternatifler kıyaslandığında, A/V oranı büyüdükçe yapı formlarının güneş ışınımı ile kazandıkları ısı miktarı, kabuk yüzeyinden kaybettikleri ısı miktarını karşılayamamakta ve bu sebeple alternatiflerin ihtiyaç duydukları ısıtma yükü miktarı daha yüksek çıkmaktadır.

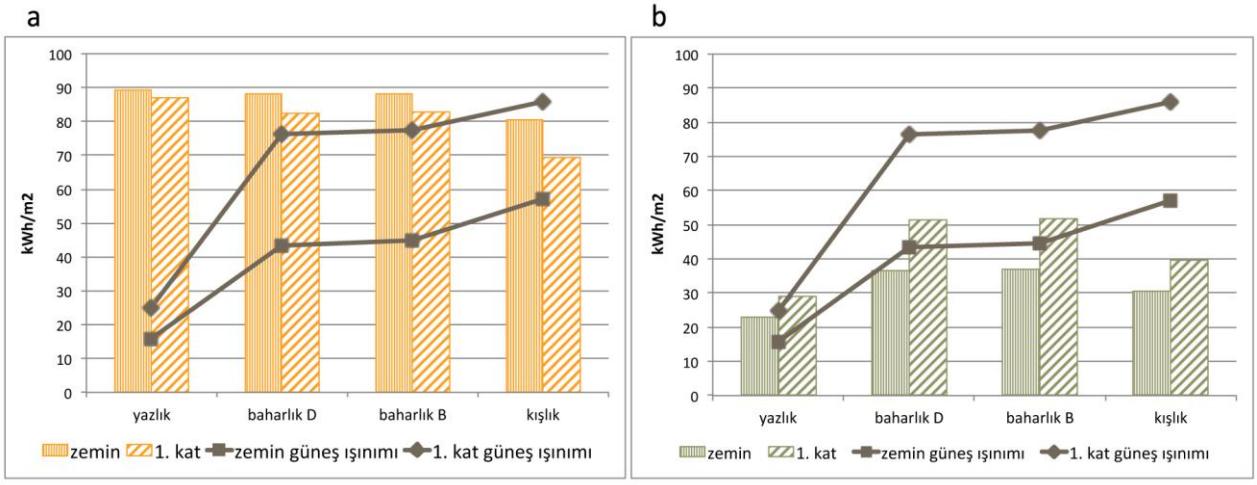
Yapı formu alternatiflerinin tamamında soğutma yüklerinin ısıtma yüklerine göre belirgin şekilde daha düşük sonuçlar verdiği gözlenmektedir. Sıcak-kuru iklim bölgesinde görülen avlulu plan tipleri, biçimsel özellikleri itibari ile yüksek sıcaklıklara karşı ısıl konforun sağlanmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Avlular gündüzleri gölgeli ve serin alanlarla sağlarken, geceleri düşük hava sıcaklıklarının etkisiyle yapının soğutulmasına yardımcı olmaktadır. Diğer bir deyişle, avlu iklim kontrolünde etkin bir öğe görevini sürdürerek yapıların soğutma yüklerinin düşürülmesine katkı sağlamaktadır.

Geleneksel Diyarbakır evlerinin analiz edilen bir diğer özelliği mevsimlik kitle kullanımının ısıtma-soğutma yükleri üzerindeki etkisidir. **Şekil 4b**'de en düşük ısıtma-soğutma yüküne sahip A/V oranı 0.50 olan orta avlulu alternatifin mevsimlik yaşama hacimlerinden elde edilen ısıtma-soğutma yükleri ve güneş ışınımı değerleri verilmiştir. Sonuçlara göre kuzeye yönlendirilen yazlık hacim en düşük güneş ışınımı kazancına ve buna bağlı olarak en düşük soğutma yüküne

sahipken; kışlık hacim güneye yönlendirilmesi nedeniyle en yüksek güneş ışınımı kazancına ve en düşük ısıtma yüküne sahiptir. Elde edilen verilere göre, aynı saydamlık oranına sahip olan yaşama hacimleri, sadece yönlendirmenin etkisi ile pasif açıdan farklı performanslara sahip olmakta ve bu durum ısıtma-soğutma yüklerini etkilemektedir. Çalışmada yazlık hacim kuzeye yönlendirilerek güneş ışınımı kazancının (20.40 kWh/m2) kontrol edilmesi ile soğutma yükleri kışlık hacme göre %34.47 oranında azaltılmıştır. Kışlık yaşama hacminin güneye yönlendirilmesiyle ise güneş ışınımından ısı kazancı sağlanarak (71.49 kWh/m2) ısıtma yükleri pasif yollarla yazlık hacmin yükünden %17.58 oranında azaltılmıştır.



Şekil 4: (a) Farklı A/V oranına sahip yapı formlarının ısıtma-soğutma yükleri ve güneş ışınımı değerleri.
(b) A/V oranı 0.50 olan orta avlulu yapının mevsimlik yaşama hacimleri için güneş ışınımına bağlı ısıtma soğutma yükleri



Şekil 5: (a) A/V oranı 0.50 olan orta avlulu yapının mevsimlik yaşama hacimlerinin zemin kat ve 1.kat ısıtma yükleri.
(b) A/V oranı 0.50 olan orta avlulu yapının mevsimlik yaşama hacimlerinin zemin kat ve 1.kat soğutma yükleri.

Çalışmada mevsimlik yaşama hacimleri iki katlı olarak ele alınmış ve her kat için ayrı hesaplama yapılarak aynı iç koşulların sağlanmasında güneş ışınımı kazancına bağlı olarak oluşan farklar gözlenmiştir. **Şekil 5**'te verilen sonuçlara göre bütün yaşama hacimlerinde zemin kat 1. kattan daha az güneş ışınımı alarak daha yüksek ısıtma yüküne ve daha düşük soğutma yüküne ihtiyaç duymaktadır. Kışlık yaşama hacminin zemin katı 1. katından %50.54 daha az güneş ışınımı alarak %15.84 daha fazla ısıtma yüküne sahiptir. Yazlık yaşama hacminde ise zemin kat 1. kattan %57.17 daha az güneş ışınımı alarak %26.43 daha az soğutma yüküne sahiptir. Bu değerlendirme sonucu pasif olarak konfor koşullarının sağlanmasında yönlendirmenin yanı sıra mekanların bulundukları katın ve çevredeki engellere bağlı olarak gölgelenme oranının da oldukça etkili olduğu görülmektedir.

4. SONUÇ

Çalışmada geleneksel Diyarbakır evleri referans alınarak farklı A/V oranlarına sahip avlulu yapıların sıcak-kuru iklim bölgeleri için pasif sistem olarak sağladıkları iç mekan koşulları ısıtma-soğutma yükleri üzerinden analiz edilmiştir. Geleneksel Diyarbakır evlerinde avlunun, gölgeli alanlar sunmasının yanı sıra, ekstrem iklimsel özelliklere karşı konforlu iç mekanlar sunabilmek için iklim kontrolünü sağlamadaki önemi büyüktür. Özellikle güneş ışınımı kazancını optimize edecek şekilde yönlendirilerek dönemsel ihtiyaçlara uygun olarak kullanılan mevsimlik kitleler, tasarım parametrelerini doğru kullanmanın ve güneş ışınımından optimum düzeyde yararlanmanın enerji etkin sonuçlar verdiğinin göstergesidir.

Öncelikle farklı A/V oranları ile oluşturulan orta avlulu yapı formlarının karşılaştırılması sonucu yapı formunun güneş ışınımından sağlanan ısıl kazanç ve buna bağlı olarak özellikle sıcak-kuru iklim bölgesi için önemli olan soğutma yükleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Yapılan simülasyonlar sonucu küçük A/V oranı ile tasarlanan yapıların oransal olarak daha küçük dış kabuk alanına sahip olmaları nedeniyle dış iklim koşullarından daha az etkilendikleri ve iç konfor sıcaklıklarının daha az enerji yükü ile sağlanabildiği belirlenmiştir. Geleneksel Diyarbakır evlerinin ön plana çıkan özelliği mevsimlik kitle kullanımı ile sağlanan yönlendirilmeye bağlı olarak elde edilen optimum güneş ışınımı ile konfor koşullarının düşük enerji harcamaları ile sağlanması mümkündür. Bu sayede Diyarbakır Türkiye'nin en yüksek güneş ışınımı alan bölgeleri arasında olmasına rağmen yazlık kitleler aracılığıyla güneş ışınımının pasif yollar ile kontrolü sağlanmakta ve soğutma yükleri binanın diğer bölümleri ile karşılaştırıldığında minimize edilebilmektedir. Ayrıca mekanların bulundukları kata bağlı olarak aldıkları güneş ışınımı miktarı enerji yükleri üzerinde oldukça etkilidir.; üst katlar ısıtma, alt katlar ise soğutma yükü açısından daha etkin sonuçlar vermiştir.

Sonuç olarak, güneş ışınımının optimizasyonu ve iklime uygun tasarım parametrelerinin seçilmesi ile geleneksel evler konforlu mekanları minimum enerji yükleri ile sağlayarak güncel yapılara yol gösterebilecek enerji etkin çözümler sunmaktadırlar. Bu sebeple, çağdaş enerji etkin yapıların tasarımında geleneksel yapıların tasarım ilkeleri göz ardı edilmemelidir. Farklı iklim bölgelerinde birçok sayıda yapı alternatifi için yapılacak enerji etkinliğin değerlendirilmesi çalışmalarıyla elde dilecek sonuçlar, mimarlara yol gösterici bir tasarım rehberlerinin hazırlanması ve enerji etkin yapıların üretilebilmesi için son derece gereklidir.

KAYNAKLAR

1. Meteoroloji Genel Müdürlüğü İnternet Sitesi, <http://www.mgm.gov.tr >.

2. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü İnternet Sitesi, <http://www.eie.gov.tr>.

3. Bekleyen, A., Eski Diyarbakır Evlerinin Kitlesel Biçimlenmesini Etkileyen Asal Etmenlerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 1993.

4. Baran, M., Yıldırım, M. ve Yılmaz, A., Evaluation Of Ecological Design Strategies in Traditional Houses in Diyarbakır, Journal of Cleaner Production, 19(2011), sayfa:609-619.

5. Erçin Kahveci, A., Diyarbakır Yöresinde Bazalt Taşının Yapı Malzemesi Olarak Kullanımının İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2008.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

BİNALARDA ISI PAY ÖLÇER UYGULAMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Soner Saltı[a]
Doç.Dr. Gülten Manioğlu[b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Türkiye'de tüketilen enerjinin büyük bir bölümü ithal edilmekte ve her sene enerji bakımından diğer ülkelere daha da bağımlı hale gelinmektedir. Toplam tüketilen enerjinin oldukça büyük bir bölümü konut binalarının ısıtılmasında kullanılmaktadır. Konutların enerji harcamalarının değerlendirilmesi konusu konut yapım sayısının artmasıyla birlikte her geçen gün daha önemli bir hale gelmektedir. Türkiye'de özellikle konutlarda ısıtma enerjisi harcamalarını azaltabilmek ve kullanıcılar arasında dengeli bir gider paylaşımı oluşturabilmek için yönetmelikler yoluyla çeşitli uygulamalar zorunlu hale getirilmiştir. Bu zorunlu uygulamalardan biri olan ısı pay ölçer uygulaması 02.05.2012 tarihinden itibaren konut binalarında uygulanmaktadır. Ancak konut binalarında farklı ısıtma enerjisi harcamalarının gerçekleştiği dairelerde yapma çevre değişkenlerine ait değerler farklıdır. Bu nedenle daireler arasında ısıtma enerjisi harcamalarına ilişkin ödemelerdeki dengesizlik devam etmekte ve ısı pay ölçer uygulamasına ilişkin sorunlar gündemde önemli bir yer teşkil etmektedir. Bu nedenle, konut binalarında, öncelikle ısıtma enerjisi harcamalarının azaltılması, daha sonra da giderlerin dengeli paylaştırılması enerji korunumunun sağlanması açısından öncelikli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışma kapsamında dairelerde gerçekleşen yıllık ısıtma enerjisi harcamaları hesaplanarak, dairelerin bulundukları farklı koşullar, ısıtma enerjisi harcama oranları ve dairelerde sağlanan konfor koşulları karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve "konfor koşullarının tüm kullanıcılar için eşit ısıtma enerjisi harcama miktarlarıyla sağlanabilmesi" amacıyla değerlendirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Isı Pay Ölçer, Binalarda Isıtma, Enerjisi Tüketimi,

ABSTRACT

Most of the energy consumed in Turkey is imported, each year Turkey is gradually becoming more dependent on other countries, in terms of energy. A major part of the total consumed energy is used for heating in residential buildings.The evaluation of energy consumption in residences is getting more important as the number of constructions increase. In Turkey, various applications are obliged through regulations to reduce heating costs in residential buildings and to create a balanced cost allocation. One of those obligatory applications, heat cost allocator, has been implemented in residential buildings since May 2nd, 2012. However, the values of environmental parameters for the flats where different heating energy consumptions occur are different. The imbalances of heating energy costs between the flats continue, and issues related to heat cost allocation applications constitute an important issue of our agenda. In order to provide energy conservation in residential buildings, the primary issue is first to reduce heat energy costs and then to provide a balanced cost allocation. In this study, annual heat costs in flats were calculated; distinct conditions of the flats, their heating energy cost rates and achieved comfort conditions in the flats were compared and evaluated with the aim of "providing comfort conditions for all occupants with equal heat energy cost".

Key words: Heat Cost Allocator, Heating in Buildings, Eenergy Consumption

[a] e-posta adresi: sonersalti@hotmail.com
[b] e-posta adresi: manioglugu@itu.edu.tr

1.GİRİŞ

Enerji kavramının giderek dikkat çekici bir noktaya gelmesi, kaynakların tükenme riski ve çevreye verilen zararın yıldan yıla artması ile ilişkilidir. Türkiye'de 2013 yılında ithalat için yapılan harcamaların %22'si enerjiye aittir. Bu oran Türkiye için gerekli enerjinin %70'nin ithalat ile karşılandığını, Türkiye'nin enerji açısından dışa bağımlı olduğunu göstermektedir.

Binalarda tüketilen enerjinin yüzde 82'si ısıtma için kullanılmaktadır. Bu oran ülke genelinde harcanan toplam enerjinin yüzde 26'sını oluşturmaktadır. Bu nedenle ithal edilen enerjinin önemli bir kısmının ısıtma amaçlı olarak binalarda kullanılması, binalarda ısıtma enerjisi harcamalarının azaltılmasını gerektirmektedir. Binalarda ısıtma enerjisi harcamalarının azaltılması öncelikle binalarda ısıtma enerjisi yüklerini etkileyen değişkenlere ilişkin doğru kararlar alınmasıyla olanaklıdır. Enerji harcamalarını azaltmanın bir diğer yolu da kullanıcının enerjiyi bilinçli harcamasını sağlayacak şekilde yasa ve yönetmelikler yoluyla önlemler almaktır.

Merkezi sistem ile ısıtılan binalarda, dairelerde tüketilen enerji miktarları ile doğru orantılı olarak ısıl konfor sağlanamadığı bir gerçektir. Ülkemizde uygulanmaya başlanan ısı pay ölçer sistemi ile kullanıcıların harcadıkları ısıtma enerjisi miktarına bağlı olarak ödeme yapmaları amaçlanmıştır. Ancak binada yapma çevre değişkenlerine ait değerleri farklı olduğundan, farklı ısıtma enerjisi harcamalarının gerçekleştiği daireler arasındaki ısıtma enerjisi harcamalarına ilişkin ödemelerdeki dengesizlik devam etmektedir. Bu çalışmada dairelerdeki yıllık ısıtma enerjisi harcamaları bir simülasyon programı yardımıyla hesaplanıp, dairelerin bulundukları farklı koşullar, ısıtma enerjisi harcama oranları ve dairelerde sağlanan konfor koşulları karşılaştırmalı olarak incelenerek; "konfor koşullarının tüm kullanıcılar için eşit ısıtma enerjisi harcama miktarlarıyla sağlanabilmesi" amacıyla değerlendirilmiştir.

2. BİNALARDA ISI PAY ÖLÇER SİSTEMİNİN UYGULANMASI

Konutlardaki enerji tüketiminde ısıtmanın en fazla paya sahip olduğu bilinen bir gerçektir. Yapılan çalışmalar, binalarda mekanik ısıtma sistemi için tüketilen enerjiden tasarruf sağlamanın, binaların yapım aşamasında standartlara ve yönetmeliklere uygun olarak yapılması ve konut içerisinde kullanılan mekanik ısıtma sistemlerinin enerji etkin olacak şekilde seçilmesi gibi önlemler alınarak sağlanabileceğini göstermektedir. Isıtma enerjisi kaynakları açısından dış ülkelere bağımlı olmamız AB uyum süreci ve dünya üzerindeki enerji politikaları nedeniyle ülkemizde de ısıtma enerjisi harcamalarını azaltmak amacıyla yürürlükte olan yasa ve yönetmelikler mevcuttur. 26847 Sayılı "Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik" doğrultusunda ülkemizde pay ölçer sistemi uygulaması başlamıştır **[1]**. 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu 02.05.2012 tarihinden itibaren merkezi ısıtma sistemi bulunan binalarda ısı pay ölçer uygulamasını zorunlu hale getirmiştir **[2].**

Merkezi sistem ile ısınan binalarda uygulanan pay ölçer sistemi daire içindeki radyatörlere monte edilen termostatik vana ve ısı pay ölçer adı verilen ekipmanlardan oluşmaktadır. Isı pay ölçer uygulaması, merkezi ısıtma sisteminin farklı kullanıcı isteklerine göre kontrol edilememesi sonucu, mekânlardaki iç hava sıcaklığı değerlerinin kullanıcı tarafından kontrol edilmesi esasına dayanır. Isı pay ölçer uygulaması ile kişisel gereksinimlere bağlı olarak gerçekleşen mekanik

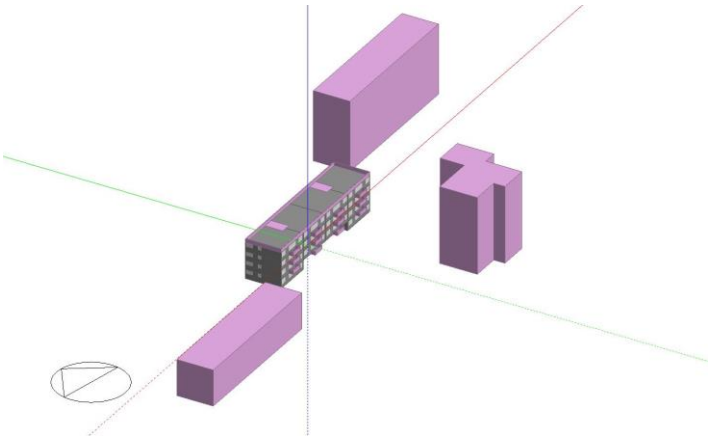
ısıtma sistemine ait giderlerin adil olarak paylaştırılması ve bu sayede kullanıcıların mekanik ısıtma sistemi kullanımı sonrasında bilinçlenerek tasarruf etmelerine olanak sağlanması hedeflenmektedir. Ancak böyle bir uygulamanın başarılı olması dairelerde gerçekleşen konfor koşullarının eşdeğer olması dolayısıyla her bir dairede gerçekleşen ısı kayıp ve kazanç miktarlarının aynı olması koşulu ile olanaklı olabilir. Oysa ki binayı oluşturan dairelerin bina içindeki konumları birbirlerine göre farklılık göstermektedir. Bu durum ise, her dairede aynı konfor koşullarının sağlanabilmesi için farklı enerji harcamaları gerektiğini göstermektedir. Farklı konumları nedeniyle eşdeğer ısı kaybı miktarları gerçekleşmeyen dairelerde ortaya çıkan mekanik ısıtma sistemine ilişkin enerji giderlerinin de adil olarak paylaştırılmasından söz etmek olanaklı değildir.

3. DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI

Bu çalışmada İstanbul, Ataköy'de yer alan bir binada; ısıtma enerjisi harcamalarını azaltmak amacıyla 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu gereği zorunlu kılınan ısı pay ölçer uygulaması sonucu, ısıtma enerjisi harcamalarının dengeli bir biçimde paylaştırılması açısından değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu hedefe yönelik olarak yapılan tüm yıllık ısıtma enerjisi harcamaları ve yıllık güneş ışınım kazançları hesaplamalarında Energyplus programının kullanıcı dostu ara yüzü ve dinamik termal bir simülasyon programı olan Design Builder programı kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucunda mevcut bina kabuğu özellikleri ve önerilen iyileştirilmiş bina kabuğu özelliklerine ilişkin dairelerde gerçekleşen yıllık ısıtma enerjisi harcamaları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın adımları aşağıdaki gibidir.

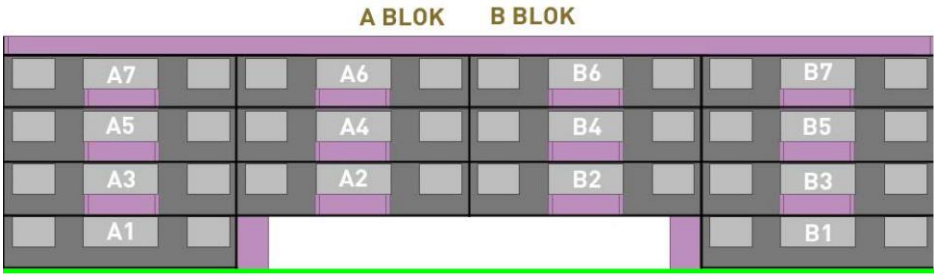
3.1. Binaya Ait Verilerin Tanımlanması

Çalışmada değerlendirilen bina düz bir arazide İstanbul ili, Bakırköy ilçesi, Ataköy semti 1. Kısım $40^0$58'46.41" enlemi, $28^0$51'58.10" boylamında bulunmaktadır. Bina toplamda dört katlı olup toplam yüksekliği 10,6 m ve toplam bina alanı 1440 m²'dir. Binanın çatı tipi teras çatı olup toprağa oturan ve altı açık döşemesi olan daireler mevcuttur. Bina, konumu gereği diğer binaların etkisiyle günün belirli saatlerinde gölge altında kalmaktadır. Binanın çevresindeki diğer binalarla birlikte Design Builder ile modellenmiş üç boyutlu görüntüsü **Şekil 1'**de gösterilmiştir. İki farklı bloktan (A ve B bloğu) oluşan binanın zemin katta iki adet girişi vardır İki bloğun birleşmesiyle her bir blokta yedi, toplamda 14 adet daire bulunmaktadır.



Şekil 1: Binanın Design Builder ile yapılan model görünüşü

Binada bulunan ısıtma sistemi ile birlikte ısı pay ölçer sistemi de kullanılmaktadır. Isı pay ölçer sisteminde enerji harcamalarının pay edilebilmesi için, harcamaların gerçekleştiği her bir daire bir ısıl zon olarak tanıtılmıştır. Buna göre oluşturulan modelde toplamda 14 adet ısıl zon bulunmaktadır (**Şekil 2**).



Şekil 2: Binanın cephesi ve 14 adet ısıl zon

Mevcut binanın yönlere bağlı olarak belirlenmiş olan saydamlık oranları güney ve kuzey yönler için % 45, doğu ve batı yönler için ise % 4'tür.

3.2. Mevcut Bina ve geliştirilen iyileştirme önerileri için Isıtma Yüklerinin Hesaplanması

Mevcut bina kabuğunda herhangi bir yalıtım yoktur. Bu nedenle mevcut duruma ilişkin hesaplanacak ısıtma yüklerinin çok yüksek olacağı açıktır. Binanın öncelikle bugünkü yönetmelikçe istenen koşullara getirilmesi ve daha sonra ısı payölçer uygulaması sonucu ortaya çıkan ısıtma enerjisi harcamalarının karşılıklı değerlendirmelerinin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle; önce mevcut bina için, daha sonra da TSE 825 Binalarda Isı Korunumu Yönetmeliği'nce önerilen sınır U değerlerini sağlayabilen iyileştirilmiş bina için (öneri TS 825) ısıtma yüklerinin hesaplanması gerekmektedir. Hesaplamalar için hacimlerdeki ısı kazançları üzerinde etkili olan ısıtma ve yapma aydınlatma sistemlerine ilişkin değişkenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Buna göre; kullanıcıların hafta içi 18:00-08:00 saatleri arası, hafta sonu ise 24 saat binada bulundukları kabul edilmiştir. Isıtma sisteminin işletme biçimi; hafta içi 18:00-08:00 ve hafta sonu 24 saat boyunca iç hava sıcaklığı 21 °C, hafta içi 08:00-18:00 arası ise iç hava sıcaklığı konfor değerinin alt sınır değeri olarak da kabul edilen, pay ölçer uygulamasında termostatik vana üzerinde bulunan minimum değer olan 15 °C olarak kabul edilmiştir. İç aydınlatmada kullanılan armatürlerin

aydınlatma yoğunluk değeri 10 w/m^2 olarak seçilmiştir. Yapma aydınlatmanın hafta boyunca 08:00 – 24:00 saatleri arasında kullanıldığı kabul edilmiştir.

Elektrikli ekipmanların güç yoğunlukları 5 W/m^2 olarak kabul edilmiştir. DesignBuilder programında oluşturulan modelde yapılan hesaplamalar sonucu bina için dizayn faktörü 1,3 alınmış, mekanik ısıtma sistemi kapasitesi de 133,74 kW olarak bulunmuştur. Modelde kullanılmak üzere 170 kW kapasiteye sahip bir sıcak su kazanı seçilmiştir. Sistemdeki su giriş-çıkış sıcaklıkları 80/60°C olarak belirlenmiştir. Maksimum debi 0,002 m^3/sn ve minimum debi 0,0005 m^3/sn olarak hesaplanmıştır. Mekanik ısıtma sistemi gereği sıcak suyun dairelerdeki radyatörlere basılmasını sağlamak amaçlı kullanılacak pompanın elektriksel güç tüketimi 0,37 kW; basma yüksekliği ise 68600 Pa'dır. Pompa motoru verimlilik değeri 0,9 olarak alınmış ve modellemelerde kesintili olarak çalışan bir pompa seçilmiştir. Kazan ısıtma için gerekli enerjiyi doğalgazdan sağlayacak olup, kazanın verimlilik değeri 1 olarak seçilmiştir.

Hesaplamalar önce mevcut bina için yapılmış, daha sonra da bina kabuğunda, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı gereği 2. Bölgede yer alan İstanbul ili için tavsiye edilen toplam ısı geçirme katsayısı sınır değerleri sağlanacak şekilde hesaplamalar tekrarlanmıştır**[3].** Bina kabuğunun mevcut ve TS 825'e göre iyileştirilmiş detayı, termofiziksel özellikleriyle birlikte **Çizelge 1'**de verilmektedir. Mevcut binada kullanılan pencerelerin toplam ısı geçirme katsayısı U=3,63 W/m^2K, bina infiltrasyon değeri 0,7 ac/h olarak seçilmişken; TS 825'e göre iyileştirilmiş binada kullanılan pencerelerde U=1,56 W/m^2K, bina infiltrasyon değeri 0,5 ac/h olarak seçilmiştir.

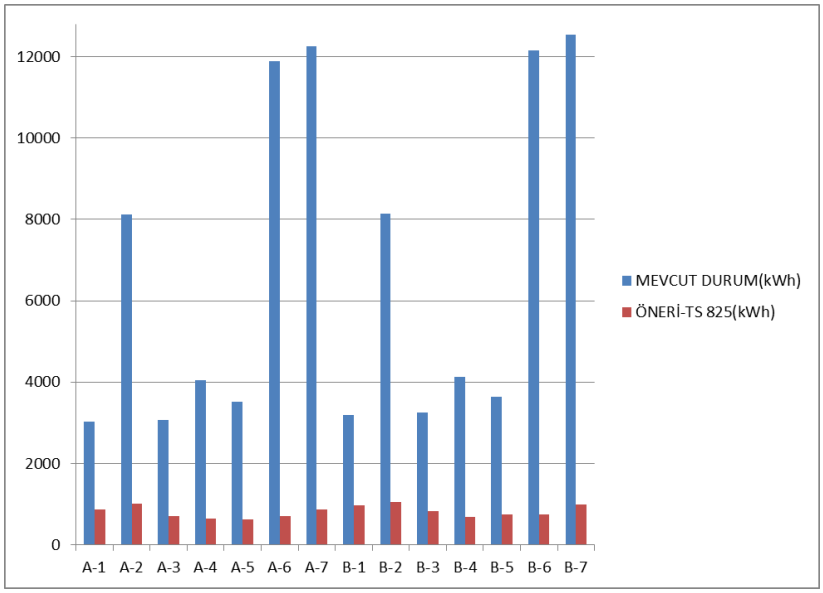
Çizelge 1: Mevcut ve TS 825'e göre iyileştirilmiş binanın opak bileşen detay ve termofiziksel özellikleri

Opak Bileşen	Mevcut-Malzeme	TSE 825-Malzeme	λ (W/mK)	Kalınlık (m)	Mevcut-U (W/m^2 K)	TSE 825-U (W/m2 K)
Dış duvarlar	Perlit sıva	Perlit sıva	0,08	0,02	0,87	0,59
	Tuğla	Tuğla	0,62	0,22		
	-	**XPS yalıtım**	0,034	0,03		
	Alçı sıva	Alçı sıva	0,4	0,015		
Zemin kat	Betonarme döşeme	Betonarme döşeme	2,5	0,15	2,05	2,05
	Yüksek yoğ. beton	Yüksek yoğ. beton	2	0,03		
	Harç	Harç	0,88	0,03		
	Halı	Halı	0,06	0,01		
Teras çatı	Asfalt	Asfalt	0,7	0,01	4,05	0,37
	Harç	Harç	0,88	0,03		
	Yüksek yoğ. beton	Yüksek yoğ. beton	2	0,03		
	-	**XPS yalıtım**	0,034	0,08		
	Betonarme döşeme	Betonarme döşeme	2,5	0,15		
	Alçı sıva	Alçı sıva	0,4	0,015		
Altı açık döşeme	Alçı sıva	Alçı sıva	0,4	0,015	2,256	0,6
	-	**XPS yalıtım**	0,034	0,04		
	Betonarme döşeme	Betonarme döşeme	2,5	0,12		
	Parke	Parke	0,114	0,01		

Binada daha önce belirlenmiş olan ısıl zonlarda gerçekleşen ısıtma yükü harcamaları için gerekli hesaplamalar Design Builder adlı simülasyon programı yardımıyla yapılmıştır. Design Builder binanın ve binaya ilişkin yapma sistemlerin enerji performansını inceleyen US Department of Energy tarafından geliştirilmiş dinamik, termal bir bina enerji simülasyon programıdır.

Mevcut bina için yapılan enerji simülasyon sonuçlarına göre ısıl zonlarda gerçekleşen ısıtma enerjisi harcamalarının eşit olmadığı, en düşük harcamanın gerçekleştiği ısıl zon ile diğer ısıl zonlar arasında ısıtma enerjisi bakımından % 1 ila % 313 farklar olduğu gözlemlenmiştir. En fazla ısıtma enerjisi harcanan ısıl zonlar sırasıyla B-7, A-7, B-6, A-6, B-2 ve A-2'dir.

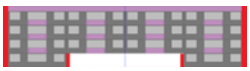
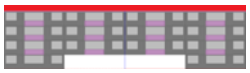
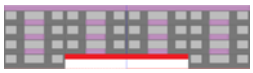
TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları standardı ile uyumlu olarak yapılan iyileştirmelerin ardından elde edilen ısıtma enerjisi harcamalarına göre binadaki 1, 2 ve 7 no'lu ısıl zonlar, yıllık ısıtma enerjisi harcaması diğer ısıl zonlara göre fazla olan ısıl zonlar olarak belirlenmiştir. Öneri TS 825 iyileştirme seçeneği ile yıllık ısıtma enerjisi harcamalarında azalmalar olduğu ancak tüm ısıl zonların harcama oranlarının eşitlenmediği, en düşük harcamanın gerçekleştiği ısıl zon ile diğer ısıl zonlar arasında ısıtma enerjisi bakımından % 1 ile % 66'ya varan farklılıklar olduğu belirlenmiştir. **Grafik 1**'de enerji modeli sonuçları yer almaktadır.



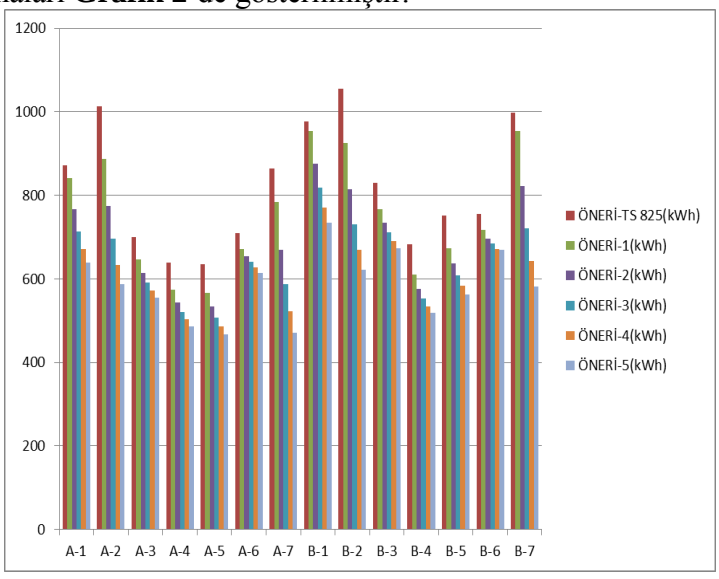
Grafik 1: Mevcut ve Öneri TSE 825 sonrası binada ısıl zonlara göre yıllık ısıtma enerjisi harcamaları

Isıl zonlar arasında ısıtma enerjisi harcamaları bakımından bir eşitlik sağlanamadığından, çalışmanın bundan sonraki adımında, en çok ısıtma enerji harcaması gerçekleşen ısıl zonlar için iyileştirme önerileri geliştirilmiştir. Geliştirilen iyileştirme önerilerinin pratik olarak uygulanabilirliği ve mekânsal boyutların kullanıcı ihtiyaçlarına ve planlama esaslarına göre niteliklerini yitirmemeleri göz önünde bulundurularak 5 cm'den daha fazla ek yalıtım yapılmayacak şekilde öneriler arttırılmıştır. İlave yalıtımların 1'er cm arttırıldığı 5 farklı öneriye ait bina kabuğu termofiziksel özellikleri ve toplam ısı geçirme katsayısı değerleri **Çizelge 2**'de gösterilmektedir.

Çizelge 2: Öneri-1, 2, 3, 4 ve 5 sonucunda bina kabuğunun termofiziksel özellikleri

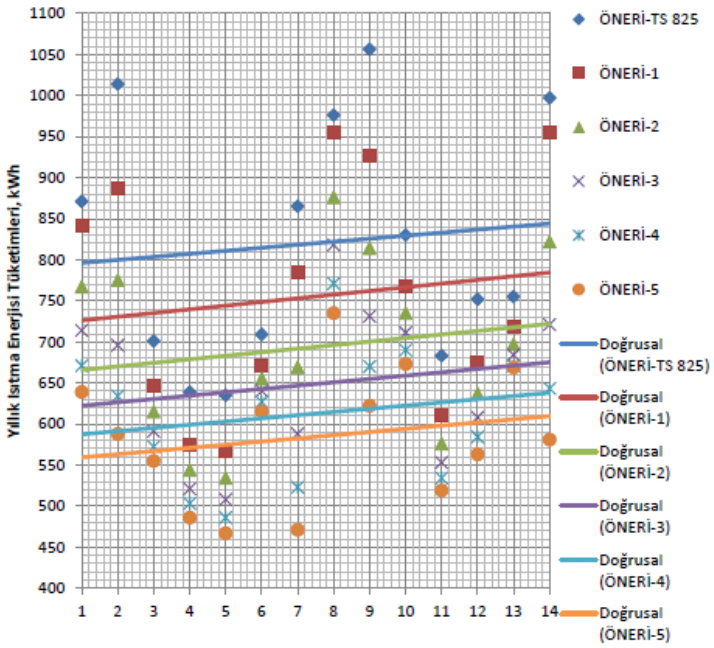
Opak Bileşen	Malzeme	λ (W/mK)	Kalınlık (m)	U (W/m^2 K)	
1 ve 7 no'lu ısıl zonların dış duvarlar 	XPS yalıtım	0,034	0,04	0,503	Öneri-1
			0,05	0,438	Öneri-2
			0,06	0,338	Öneri-3
			0,07	0,322	Öneri-4
			0,08	0,316	Öneri-5
7 no'lu ısıl zonun teras çatı döşemesi 	XPS yalıtım	0,034	0,09	0,346	Öneri-1
			0,1	0,314	Öneri-2
			0,11	0,287	Öneri-3
			0,12	0,265	Öneri-4
			0,13	0,246	Öneri-5
2 no'lu ısıl zonun altı açık döşemesi 	XPS yalıtım	0,034	0,05	0,515	Öneri-1
			0,06	0,447	Öneri-2
			0,07	0,395	Öneri-3
			0,08	0,321	Öneri-4
			0,09	0,265	Öneri-5

Binanın SE 825'e ve 5 yeni öneriye göre yapılan hesaplamalar sonucu ısıl zonlarında gerçekleşen ısıtma enerjisi harcamaları **Grafik 2**'de gösterilmiştir.



Grafik 2: Binanın mevcut hali, TSE 825 ve yapılan beş öneri sonucunda ısıl zonlarda gerçekleşen ısıtma enerjisi tüketim değerleri karşılaştırılması

Yapılan hesaplamalar sonucunda ısıl zonlar arası ısıtma enerjisi harcama değerlerinin birbirine ne kadar yaklaştığını görmek için dağıtım grafikleri çizilmiştir. **Grafik 3**'te sonuçlar yer almaktadır.



Grafik 3: Bina kabuğunda yapılan iyileştirmeler sonucu ısıl zonların yıllık ısıtma enerjisi harcama değerlerinin dağıtım grafikleri yardımıyla gösterilmesi

Yapılan değerlendirmeler sonrasında; ısıl zonlarda gerçekleşen yıllık ısıtma enerjisi harcama değerleri hiçbir öneride eşitlenmemekle birlikte, Öneri 5 de ısıl zonlar arası en yakın değerler oluşmuş ve binanın toplam ısıtma enerjisi tüketimi en düşük seviyeye ulaşmıştır. Ayrıca yapılan iyileştirmelerden sonra ısıtma enerjisi tüketimi en düşük olan ısıl zon seçilmiş ve diğer ısıl zonlar ile arasındaki harcama farkı oransal olarak **Çizelge 3**'te gösterilmiştir.

Çizelge 3: Isıtma enerjisi tüketimi en düşük olan ısıl zonun diğer ısıl zonlar ile karşılaştırılması

Daireler	Öneri TS 825 (kWh)	Isıl zonlar arası farklılık %	Öneri-1(kWh)	Isıl zonlar arası farklılık %	Öneri-2(kWh)	Isıl zonlar arası farklılık %	Öneri-3(kWh)	Isıl zonlar arası farklılık %	Öneri-4(kWh)	Isıl zonlar arası farklılık %	Öneri-5(kWh	Isıl zonlar arası farklılık %
A-1	871	37	841	48	767	44	714	41	671	38	639	37
A-2	1014	59	887	56	775	45	696	37	634	30	588	26
A-3	701	10	646	14	615	15	591	16	572	18	555	19
A-4	639	1	575	1	544	2	521	3	503	3	486	4
A-5	**635**	0	**567**	0	**534**	0	**508**	0	**486**	0	**467**	0
A-6	709	11	672	19	655	23	640	26	627	29	615	32
A-7	865	36	784	38	669	25	588	16	523	8	471	1
B-1	976	53	954	**68**	876	**64**	818	**61**	771	**59**	735	**57**
B-2	1056	**66**	926	63	814	52	731	44	670	38	622	33
B-3	830	30	767	35	735	38	711	40	690	42	673	44
B-4	683	7	611	8	576	8	553	9	534	10	519	11
B-5	752	18	674	19	637	19	608	20	584	20	563	21
B-6	755	18	718	27	697	31	684	35	671	38	669	43
B-7	997	57	954	68	822	54	721	42	643	32	581	24

Yalıtım kalınlığı arttırıldıkça ısıl zonlardaki ısıtma enerjisi harcamalarının ve ısıl zonlar arası harcama oranlarının da azalacağı açıktır. Bunun sonucunda en çok enerji harcayan ısıl zonlarda önerilen iyileştirmeler sonucu en az enerji harcanan ısıl zondaki enerji harcamaları daha da düşmüştür. Bu durum, farklı bina kabuğu alanına ve bina kabuğu koşullarına sahip ısıl zonlarda gerçekleşen ısı transferinin doğal bir sonucudur.

4. SONUÇLAR

Isı pay ölçer uygulamaları; merkezi sistem ile ısınan konutlarda, ısıtma harcamalarının; kullanıcıların harcadıkları enerji miktarına göre adil bir şekilde paylaştırılmasını amaçlamaktadır. Sistemin en önemli avantajının ise kullanıcılara istediği kadar ısınma hakkını sağlaması ve ona göre faturalandırması olduğu vurgulanmaktadır. Ancak önerilen yaklaşımın uygulanması sonrası, ısı pay ölçer uygulamasının pek çok bağımsız bölümden oluşan apartmanlarda bağımsız bölümlerin birer müstakil konut gibi varsayılmasına uygun olmadığı ortaya çıkmıştır. Binayı oluşturan tüm bağımsız bölümler, ısı transferi açısından birbirleriyle sürekli etkileşim halindedirler. Dolayısıyla bir bağımsız bölüm için önerilen bir değişiklik sadece söz konusu bağımsız bölümü değil tüm binayı etkileyecektir. Binanın toplam performansı, her bir bağımsız bölümün birbirleriyle etkileşimli olarak ortaya çıkan ayrı ayrı performansının bir sonucudur. Isı ve enerji korunumu hedeflendiğinde tüm binayı bir bağımsız hacim şeklinde ele almak ve bu bağımsız hacmin her noktasında eşit konfor koşullarını sağlamak kullanıcılara ve ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.

Önerilen yaklaşımlarda, kullanıcıların hepsi aynı koşullarda sistemi kullandıkları halde ve hiçbir farklı kullanım tercihleri olmamasına rağmen TS 825 standardının sağlanması önerisi ile bile % 66 ya varan enerji harcama farkları ortaya çıkmıştır. O halde binanın performansının bir bütün olarak ele alınarak binanın tamamının minimum enerji harcayacak şekilde tasarlanması enerji harcamalarının dengeli dağılımı açısından oldukça önemlidir. Önerilen yaklaşımın uygulanması sonucu aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Isıtma enerjisi harcamalarının dengeli olabilmesi için dairelerin konumlarının tasarım aşamasında dengeli hale getirilmesi gerekmektedir. Binalar pasif olarak ne kadar az etkin tasarlanırsa yapma sistemlerin yükleri de o kadar artacaktır. Minimum enerji harcayan dairenin, maksimum enerji harcayan daire olmaksızın, minimum enerji harcaması gerçekleştirmesi olanaklı değildir. Bir başka deyişle, en iyi koşulları sağlayan daire diğer dairelerin mevcut koşulları sayesinde en uygun şartlara sahip olabilmektedir.

Bazı dairelerde minimum enerji harcamasının gerçekleşmesi onları çevreleyen ve daha kötü koşullara sahip olan dairelerde dairelerin konumu gereği ve kullanıcıların kontrol dışı daha fazla enerji harcamasının bir sonucudur. Dolayısıyla ısı pay ölçer uygulamasının sonucu olarak ısıl zonlarda ortaya çıkan harcama miktarları gerçekte kullanıcıların tercihleri sonucu değil dairelerin bina içinde bulundukları konum gereği ortaya çıkmıştır.

Maksimum enerji harcanan dairelerdeki kullanıcıların kontrolleri dışındaki olumsuz koşullar nedeniyle, bazı daireler minimum enerji harcayabildikleri için, enerji giderlerinin adil bir biçimde paylaştırılması ancak tüm kullanıcıların maksimum enerji harcanan dairelerde ortaya çıkan giderlere katkıda bulunmaları ile olanaklıdır.

Dairelerde gerçekleşen ısıtma enerjisi harcamalarını eşitleyebilmek için yalıtım kalınlıkları ne kadar arttırılırsa arttırılsın dairelerde eşit konfor koşullarının sağlanamayacağı dolayısıyla pay ölçer uygulamaları sonucu ortaya çıkan enerji harcamaları ödemelerinde kullanıcılar arasında eşitsizliğin devam edeceği açıktır.

Yalıtım ile hacimlerin kayıplarını azaltmak da pratikte belli bir yalıtım kalınlığına kadar olanaklıdır. Yalıtım kalınlığı arttıkça mekânların kullanım alanları azalmakta, yalıtımın yapı elemanı yüzeyine uygulanmasında sorunlar yaşanmaktadır. Ayrıca daha önceki çalışmalardan bilindiği üzere ısıtmanın istenmediği dönemlerde yalıtım kalınlığının artması ile binalarda soğutma yüklerinin arttığı bilinmektedir **[4, 5].**

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda ısı pay ölçer uygulamalarında daireler arası adil enerji gideri paylaşımı sağlanabilmesi için aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir.

Yönetmeliklerde, her binanın koşullarına bağlı olarak daireler arasındaki farkın belli bir oranın altında kalmasını sağlayacak bir referans harcama değeri önerilmelidir.

Referans harcama değeri, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nce geliştirilen "referans bina" koşullarının sağlandığı binalarda gerçekleşebilecek m2 başına düşen birincil enerji harcaması harcama miktarlarıyla bağlantılı olarak belirlenmelidir. Dolayısıyla binalarda ilk önce enerji kimlik belgesi uygulaması ile ısıtma enerjisi harcamaları kontrol altına alınmalıdır. Böylelikle, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ile Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik birbiri ile tutarlı hale getirilebilecektir.

Isıl zonlarda gerçekleşen enerji harcamaları kullanıcıların tercihlerine göre değil ısıl zonların birbirleri arasında gerçekleşen ısı transferine bağlı olarak gerçekleştiği için, binada gerçekleşen ısıtma enerjisi harcamaları ısıl zonlara göre değil, binanın bütünü ele alınarak değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada belli bir plan tipine sahip belli bir konumda ve belli bir iklim bölgesinde seçilmiş bir bina değerlendirilmiştir. Farklı plan tiplerine ve farklı konumlarda ısıl zonlara sahip olan farklı bina tiplerinde ve farklı iklim bölgelerinde yapılacak değerlendirme çalışmaları sonrası elde edilecek veriler, ısı pay ölçer uygulamalarında kullanılabilecek adil paylaşım yöntemlerinin gelişmesine katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

1. 26847 Sayılı, Merkezi ısıtma ve sıhhi sıcak su sistemlerinde ısınma ve sıhhi sıcak su giderlerinin paylaştırılmasına ilişkin yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 2008.
2. 5627, Enerji verimliliği kanunu, Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, 2007.
3. TS 825, Binalarda ısı yalıtım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2008.
4. G. K. Oral, G. "Manioğlu, Evaluation of building envelope concerning energy efficiency for heating and cooling," *International Building Physics Conference,* (2012) p:585, Kyoto.
5. A. Tıkır, İstanbul'da Mevcut Bir Konutun Dış Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenmesi ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesine Yönelik bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi, İstanbul, (2009).

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

BİNALARDA RADON VE SAĞLIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Mimar Feyza Cabi Degerli[a]
Y. Doç Dr. Filiz Umaroğulları[b]
TÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Öğrencisi[a]
TÜ Mimarlık Fakültesi[b]
Merkez, Edirne, 22100

ÖZET

İnsanlar zamanlarının büyük bir kısmını kapalı ortamlarda geçirmektedirler. Araştırmalar kapalı ortam havasının dış ortama göre çok daha fazla oranda kirli olduğunu vurgulamaktadır. Bu durum kapalı ortam havasında bulunan bileşiklerin insan sağlığına etkileri konusunu gündeme getirmiştir. Kapalı ortam havasında birçok kirletici bulunmakta ve bunların herbiri farklı şekillerde insan sağlığını etkilemektedir. Bu kirleticiler; parçacıklar ve lifler, biyolojik kirleticiler ve gaz halde ortam havasında bulunmakta ve nefes yoluyla insan vücuduna etki etmektedir. Radon gazı, hem radyoaktif bir gaz olması hem de uzun vadede çağımızın en yaygın hastalıklarından biri olan kansere neden olması açısından incelenmesi gereken kirletici gazlardandır. Radon gazı toprak ve kayaç, yapı malzemesi, su ya da doğalgaz kaynaklı olarak kapalı ortam havasını kirletmektedir. Bu çalışmanın amacı, kanser gibi insan hayatını olumsuz etkileyen ve hatta ölümle sonuçlanabilecek bir hastalığın etkenlerinden biri olarak görülen radon gazının önemini vurgulayarak; alınabilecek önlemler konusuna dikkat çekmektir. Radon gazı, binalarda radon kaynakları, insan sağlığına etkileri ve binalarda radona karşı alınabilecek önlemler ve çözüm önerileri çalışma kapsamında aktarılacaktır.

Anahtar sözcükler: Binalarda radon, Kanser, Sağlık

RADON IN BUILDINGS AND EFFECTS ON HEALTH

ABSTRACT

People spend most of their time in closed areas. Researches emphasize that the air in closed areas is way more dirtier than open areas. This situation brings the effects of the components of indoor air on the health of human beings into question. There are a lot of pollutants in indoor air and each one of them affects human health in different ways. These pollutants; particles and fibres, biological pollutants are present in gaseous state in the surrounding air and affect human body via breathing. Radon gas is one of the contaminative gases which needs to be analysed since it is both radioactive and causes one of the most common diseases in our are, cancer. Radon gas contaminates the indoor air by being originated from soil and rock, material of construction, water or natural gas. The purpose of this study is to emphasize the importance of the Radon that is seen as a factor of a disease like cancer which affects the human life adversely and which might even cause to death, and to draw attention to the precautions to be taken. Radon gas will be explained in this study in the scope of the sources of radon in buildings, the effects on human health and the precautions that can be taken against radon in buildings and solution suggestions.

Key words: Radon In Buildings, Cancer, Health

[a] e-posta adresi: cabifeyza@gmail.com.tr
[b] e-posta adresi: filizu@trakya.edu.tr

1. GİRİŞ

Zamanlarının %90'ını kapalı mekanlarda geçiren insanlar için bina içi solunan havanın niteliği önemlidir [**1**]. Kapalı ortam havasında azot, oksijen, hidrojen vb. yararlı gazlar bulunduğu gibi ortam koşullarına bağlı olarak zararlı gazlar da bulunmaktadır. Bina içi solunan havanın kirliliğine neden olan bu zararlı gazlardan biri olan radon insan sağlığını ciddi olarak tehdit eden radyoaktif bir elementtir.

1960'li yılların ortalarından itibaren radonun her yerde bulunabileceği ve özellikle binalarda yoğunlaşması nedeniyle akciğer kanseri riski oluşturabileceği konusundaki bilgilerin yaygınlaşması, radyasyon maruziyeti konusuna yeni bir yaklaşım getirmiştir [**2**]. Bu tarihten itibaren özellikle kapalı ortamlarda radon seviyelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Dünya ülkeleri kapalı ortamlardaki radon düzeylerinin belirlenmesi amacıyla haritalar oluşturmuştur. Ülkemizde de 1984 yılında, TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) tarafından bu konuda çalışmalar başlatılmıştır. Ancak ülkemize ait radon haritası henüz tamamlanamamıştır [**3**].

Radon ile ilgili sağlık sorunları son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Bu artışın sebebi radonun yerkürede daha yaygın hale gelmesi değil; enerji kullanımını azaltmaya yönelik yapılan çalışmalar, yalıtım uygumaları ve binalarda doğal havalandırma oranının giderek azalmasıdır. Bu sebeple radon yaşam alanlarına girdikten sonra sıkışıp kalmakta ve insan sağlığını ciddi ölçüde tehdit etmektedir [**4**]. ABD'de yapılan bir araştırmada kapalı ortamlarda biriken radon gazının yılda 20.000 den fazla ölüme sebebiyet verdiği tespit edilmiştir. Sigara içmeyen insanlarda görülen akciğer kanserinin bir numaralı sebebinin radon gazı olduğu açıklanmıştır [**5**].

Bu çalışmanın amacı, kanser gibi insan hayatını olumsuz etkileyen ve hatta ölümle sonuçlanabilecek bir hastalığın etkenlerinden biri olarak görülen radon gazının önemini vurgulamaktır. Bu amaçla; öncelikle binalarda radon kaynakları tespit edilmiş, insan sağlığına etki edebilecek konsantrasyon seviyeleri belirtilmiştir. Radonun olumsuz etkilerinden korunabilmek için alınması gereken önlemler incelenerek çalışma kapsamında ortaya konulmuştur.

2. RADON VE KAYNAKLARI

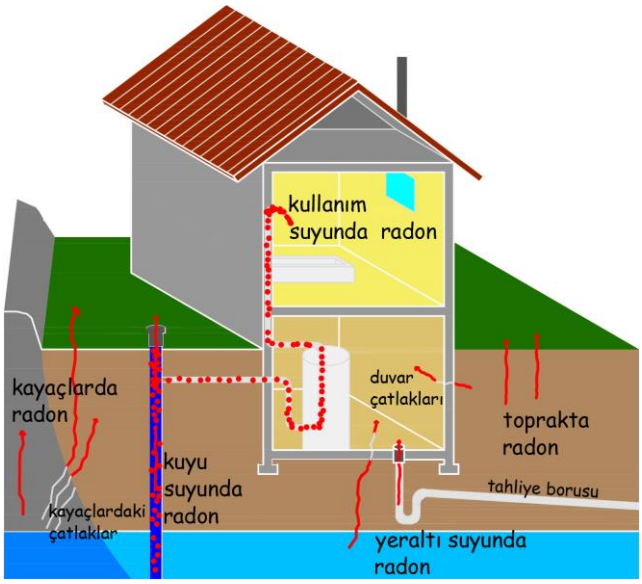
Soluduğumuz havadaki radon, kayaçlarda doğal uranyum ve radyum elementlerinin bozuşmasından oluşan atom numarası 86, simgesi Rn olan, tatsız, kokusuz, renksiz asal bir gazdır. Asal gazlar içinde erime ve kaynama noktası en yüksek olandır. Havadan 7,5 kez ağırdır ve yerden genellikle 50 cm yükseklikte birikmektedir. Bu nedenle kapalı ortam havası içerisinde bulunan radon gazı binada kalma eğilimindedir. Bir soygaz olan radon doğada saf olarak bulunur ve kimyasal reaksiyona girmez [**2,6,7**].

Yeryüzünde bulunan tüm radyasyon kaynakları içerisinde en yüksek doza maruz kalınan doğal radyasyon kaynaklarıdır. Radyoaktivite Marie Curie'nin radyum üzerindeki çalışmalarıyla bulunmuş ve bu gelişmeden sonra doğal radyoaktivite ile ilgili olarak önemli sayıda bilimsel çalışma yapılmıştır. 1900 yılında Ernst Dorn radyum tuzlarının radyoaktif radon gazı çıkardığını bulmuştur. Gazın yapı içinde biriktiği gerçekliği ise 1950'li yıllarda bulunmuştur. Evlerde radon

ölçümü ilk kez 1956 yılında İsveç'te yapılmıştır. Bazı evlerde çok yüksek konsantrasyonda radon bulunmasına rağmen sorunun söz konusu ölçüm bölgesine özel bir durum olduğu düşünülerek herhangi bir önleme gerek duyulmamıştır. Ancak 20 yıl kadar sonra tüm dünyada değişik ülkelerde geniş ölçekli sistematik çalışmalar başlatılmıştır [**1,2**].

Günümüzde EPA (ABD Çevre Koruma Ajansı)'nın yaptığı çalışmalar neticesinde ülkenin ayrıntılı radon haritası çıkarılmış ve 1. derecede tehlikeli kabul edilen alanlarda inşa edilecek yapılarda mutlaka radon azaltma sistemi olması önerilmiştir [**6**]. Kanada Hükümeti Ulusal Araştırma Konseyi, The National Code adlı çalışmada yeni yapılan tüm evler için radon gazı ile ilgili önlem alınması gerekliliğini vurgulamıştır [**8**]. İsveç, Norveç, Finlandiya ve İngiltere gibi birçok ülkede halk sağlığı programları başlığı altında ulusal radon politikası ile coğrafi bölgelerin haritasının çıkarılıp, halkın ve yapı üreticilerinin bilinçlenmesine yönelik etkinlikler yapılmaktadır. Türkiye'de ise radon haritası çalışmaları 2012 yılında TAEK tarafından sunulan raporda yer almaktadır. Ancak harita henüz tamamlanamamıştır. Bunun yanı sıra akciğer kanseri ile radon gazı arasında bağlantı kurmaya yönelik araştırmalar ve toplumun konu ile ilgili bilinçlenmesine yönelik uygulamalar oldukça az sayıdadır [**9**].

Atmosfere salınan radon gazının insan sağlığına olumsuz bir etkisi yokken kapalı ortamda birikmesi sonucu insanlar için tehlike oluşturur. Radon yapı içi havasını; toprak ve kayaçlardan sızarak, su ve doğal gazdan ayrışarak, yapı malzemelerinden salınarak kirletmektedir (**Şekil 1**).



Şekil 1: Radonun yapı içine girme yolları

2.1. Toprak ve Kayaç Kaynaklı Radon

Binalardaki radon kaynağının büyük bir kısmı, binanın temelindeki toprak ve kayaçlardır. Radon, radyumun mevcut olduğu tüm toprak ve kayaçlardan gelmekte olup, toprak boyunca yükselerek, binanın altında hapsolmakta ve basınç oluşturmaktadır. Özellikle ılıman ve soğuk iklimlerde bina içindeki havanın dış havaya göre daha sıcak olması, oluşan basınç farkı ile baca ve diğer bina

boşluklarındaki hava dolaşımı gibi nedenlerle bina altındaki radon gazı; beton zemin ve duvardaki çatlaklardan, zemin ve döşeme arasındaki boşluklardan, tuğla duvar gözeneklerinden, tesisat boru boşluklarından bina içlerine sızmaktadır [**10**]. Topraktan salınan radon miktarı;

- Topraktaki radyum konsantrasyonuna,
- Yayılma gücüne,
- Toprağın gözenekliliğine ve nem içeriğine,
- Meteorolojik koşullara (toprak ve hava sıcaklığı, hava basıncı, rüzgâr hızı, rüzgârın yönü),
- Bölgenin yüksekliğine bağlıdır [**1**].

Topraktan atmosfere salınan radon gazı yoğunluğu 10-20 Bq/m³ (Bq/m³: 1 m³ havada bulunan radon gazı miktarıdır ve beqerel birimi ile ifade edilir) arasında değişir. Bu miktar havadaki seyrelmeden ötürü düşüktür. Bina içinde bu değer 1000 Bq/m³ seviyelerine kadar çıkabilmektedir [**11**].

2.2. Su Kaynaklı Radon

Sularda bulunan radon bina içlerine kullanım suyu olarak girmektedir. Aynı zamanda sudan ayrışarak yapı içi havasına karışabilmektedir. Sudaki radon yoğunluğu ve suyun sıcaklığı arttıkça bina içindeki radon düzeyi de artmaktadır [**12**]. Suda ölçülen radon sadece suyun içerisinde bulunan radyumdan kaynaklanmamakta, aynı zamanda suyun geçtiği yerlerdeki toprak ve kayaçlarda bulunan radyumdan da ileri gelmektedir [**13**]. Kullanılan suyun yeraltı suyu olması sudan kaynaklı radon gazı miktarını daha da arttırmaktadır. Finlandiya ve Maine(ABD) bölgelerinde kayalık bir alanda açılmış olan kuyulardan alınan musluk suyunun radon konsantrasyonunu anlamlı olarak arttırdığı gözlenmiştir [**14**]. Yapılan araştırmalara göre; yüzey sularındaki ortalama radon konsantrasyonu 0,4 Bq/L iken; bu değer yeraltı sularında 20 Bq/L'dir. Kullanım suyunu yutma riski göz önüne alındığında, sudaki radonun mide kanserine sebep olma ihtimali de vardır [**10,15**].

2.3. Doğal Gaz Kaynaklı Radon

Doğal gazın önemli bir ev içi radon kaynağı olduğu bilinmektedir. Isınma, pişirme gibi eylemler için kullanılan doğal gazın içindeki radon ayrışarak yapı içi havasına karışmaktadır [**14**]. Doğal gazdan yapı içine giren radon miktarı doğal gaz içindeki radon yoğunluğuna, kullanım oranına ve doğal gaz üretimi ile tüketimi arasında geçen zamana bağlıdır.

Radon gazının bir binaya giriş hızı, yaklaşık olarak yapı malzemeleri ve topraktan 60 kBq/gün, dış ortam havasından 10 kBq/gün, sudan 4 kBq/gün ve doğal gazdan 3 kBq/gündür [**7**].

2.4. Yapı Malzemesi Kaynaklı Radon

Yapı malzemeleri dış radyasyon kaynaklarına karşı bir koruyucu olmasına rağmen, bina içlerinde radyasyon kaynağı gibi davranabilmektedirler [**7**]. Taş, kum, çimento, beton, tuğla, alçı gibi hammaddesi topraktan elde edilen yapı ürünleri değişik oranlarda radyum içerebilmekte ve bozunarak radon kaynağı oluşturabilmektedirler [**16**]. Yapı malzemelerinin radyum yoğunlukları, ülkelere ve hammaddenin çıkarıldığı bölgeye bağlıdır (**Çizelge 1**). Bu nedenle de aynı ürünlerin radon değerleri değişiklik gösterebilmektedir.

Yapı malzemelerinden salınan radon miktarı; malzemenin radon yoğunluğuna, içerdiği nem miktarına, gözeneklilik oranına, difüzyon katsayısına ve kullanıldığı miktara göre değişiklik göstermektedir. Malzemenin gözeneklilik oranı arttıkça radyumun bozunması ile oluşan radon, gözenekler boyunca daha rahat ve hızlı devinim yapacağı için ortama salınımı da daha fazla olmaktadır [**9**].

Çizelge 1: Farklı ülkelerdeki yapı malzemelerinin içerdiği radyum yoğunlukları [**9,17**].

Yapı malzemesi	**Ülke**	**Radyum yoğunluğu** (Bq/kg)
Kum (doğal)	Rusya	23,3
Çimento	İngiltere İsveç Rusya	44,4 55,5 44,4
Beton	Almanya Norveç	66,6 26
Tuğla	Almanya İngiltere İsveç Norveç Polonya Rusya	96,2 51,8 96,2 104 18 55,5
Alçı	Rusya	9,3
Alçıtaşı	Almanya İngiltere İsveç	<18,5 22,2 3,3
Fosfoalçı	Almanya Amerika İngiltere Polonya	15,5-55,5 1480 777 580-740
Granit	Almanya İngiltere Rusya	96,2 88,8 111
Kireçtaşı ve mermer	Almanya	<18,5
Kaya agrega	Finlandiya İngiltere İsveç	102 51,8 48,1

2008'de Pakistan'da, yapı malzemelerindeki nemin radon salınımına etkisini incelemeye yönelik bir araştırma yapılmış ve bu araştırma kapsamında kum, tuğla, mermer ve çimentonun farklı nem oranlarındaki radon salınımları incelenmiştir (**Çizelge 2**).

Çizelge 2: Yapı malzemelerinin farklı nem oranlarındaki radon salınım değerleri [**18**].

Nem miktarı (%)	**Radon salınımı** (mBq $m^{-2} h^{-1}$)			
	Kum	Çimento	Tuğla	Mermer
0	165	110	209	109
5	212	120	309	127
10	301	212	621	120
15	399	124	453	113
20	327	95	212	95

Araştırma sonucuna göre, ortalama %10-15 nem oranına kadar, örnek yapı ürünlerinde radon salınımında artış görülürken, bu değerden sonra salınımda azalma gözlemlenmiştir. Çünkü nem %10' dan daha fazla oranda olduğu zaman gözeneklerdeki su oranı fazlalaştığı için radon deviniminde yavaşlama olmaktadır [**18**].

3. RADONUN SAĞLIK ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Radonun sağlık açısından tehlikeli olması ve sürekli olarak maruz kalınması durumlarında bina içi radon konsantrasyon değerlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Ölçüm olmaksızın binalarda radon konsantrasyonu değerini tespit etmek mümkün değildir. Bina altlarında bulunan toprak ve kayaçlardaki farklı radyum konsantrasyonları başta olmak üzere bir çok faktöre bağlı olarak bina içindeki radon konsantrasyonu değişim göstermektedir. Birbirine çok yakın mesafelerde bulunan, hatta aynı kattaki dairelerde bile farklı değerler elde edilebilmesi mümkündür [**5,19**]. Binalarda radon konsantrasyonunu etkileyen temel faktörler şunlardır:

- İklim koşulları,
- İç-dış hava sıcaklık ve basınç farkı,
- Yerden yüksekliği,
- Bina içinde kullanılan doğalgaz ve suyun özellikleri (radon miktarı, kullanım sıklığı vb.),
- Toprakla temas eden yapının yüzey alanı ve yalıtım özelliği,
- Toprak ve yapı malzemesinin özellikleri (nem oranı, radon miktarı vb.),
- Binanın havalandırma kapasitesi ve hacmi,
- Kullanıcıların yaşam alışkanlıkları [**1,20**].

Tüm bu faktörlerin etkisiyle oluşan bina içi radon konsantrasyonu değerine, aktif ve pasif ölçüm yöntemleri kullanılarak ulaşılabilir. Elde edilecek sonuçlara göre gerekli düzenlemelerin yapılarak binanın radon gazından korunması, sağlık açısından büyük önem teşkil etmektedir. WHO (Dünya Sağlık Örgütü), EPA gibi kuruluşlar radonun kapalı mekanlarda risk oluşturduğu sınır değerleriyle ilgili belgeler yayınlamıştır. Bunlar var olan yapılarda iyileştirmeye başlama ve yeni üretilecek yapılar için sınır değerlerine ilişkindir **(Çizelge 3).** Birçok ülkenin yürürlükte olan radon programları bu düzenlemelerin sonucunda biçimlendirilmiştir [**21,22**].

Çizelge 3 : Kapalı mekanlardaki radonun sınır değerleri [**9,17,20**].

Kurum	**Var olan yapılarda iyileştirmeye başlama sınır değeri** (Bq/m^3)	**Yeni yapılar için sınır değeri** (Bq/m^3)
WHO	370	111
ICRP (Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu)	200	200
IAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu)	200	200
EPA	148	148
ASHRAE (Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Birliği)	-	37
TAEK	400	400

Bina içinde biriken radon radyoaktif dönüşüme uğrar. Dönüşüm ürünleri gaz değil katı parçaçıklardır. Bu parçacıkların bir kısmı havadaki tozlara ve su damlacıklarına tutunarak; radyoaktif aerosoller oluştururlar. Solunan havayla birlikte vücuda giren bu radyoaktif aerosoller solunum yoluna yerleşerek, radyoaktif alfa ışıması yapar ve dokudaki DNA zincirini bozarlar. Vücut bozulan dokuyu onarmaya çalışırken, radon gazına sürekli ve yoğun maruz kalınması sonucunda onarılamayan hücrelerde oluşan tümörler akciğer kanserine neden olurlar [**9,11,23**]. Bazı araştırmalar çocukların solunumlarının daha hızlı olması ve fiziksel aktivitelerinin daha çok olması nedeniyle yetişkinlere oranla radondan daha çok etkilendiklerini göstermektedir. [**14,24**].

Radon; asbest, arsenik ve benzen gibi A sınıfı kanserojen madde olarak kabul edilmektedir. Kapalı mekanlarda radon soluması; solunum yetmezliği, baş ağrısı, öksürük vb. akut etkilere neden olmaz. Vücutta herhangi bir olumsuzluk gözlenmediğinden radon etkisi kısa sürede farkedilemez. Radona maruz kalınan süre ve yapı içi radon düzeyinin artışıyla akciğer kanseri riski de artmaktadır **(Çizelge 4)** [**4,6**].

Çizelge 4 : Yapı içi radon düzeyi ve etkilenim süresine bağlı olarak akciğer kanseri sebepli ölüm riski [**17**].

Yapı içi radon düzeyi (Bq/m^3)	**Etkilenim süresi (yıl)**	**Akciğer kanseri ölümleri (%)**
148	70	1-5
740	70	6-21
7400	70	44-77
7400	10	14-42

İngiltere Ulusal Radyasyondan Korunma Komitesi (NRPB), İngiltere'deki yıllık toplam 41.000 akciğer kanserinden en az 2.500'ünün, ABD Halk Sağlığı Servisi yıllık akciğer kanseri vakalarının, sigara içmeyenlerden 5.000, sigara içenlerden ise 15.000'inin, Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP) ise toplam akciğer kanserlerinin %10'unun radon kaynaklı olduğunu belirtmektedirler [**1**].

Bina içi havada bulunan partikül sayısının sigara içilmesi gibi bir nedenle artması durumunda daha fazla miktarda radon bu partiküllere tutunma ve solunma riskine sahiptir. Yani sigara içenlerin radon kaynaklı kanser olma riski daha fazladır [**24,25**].

4. BİNALARDA RADONA KARŞI ALINABİLECEK ÖNLEMLER ve ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Radonun yapıya girişini engellemek, girdikten sonra ise dışarı atmak radona karşı alınabilecek önlemlerin ana başlıklarıdır. Radonun yapıya girişini engellemek için;

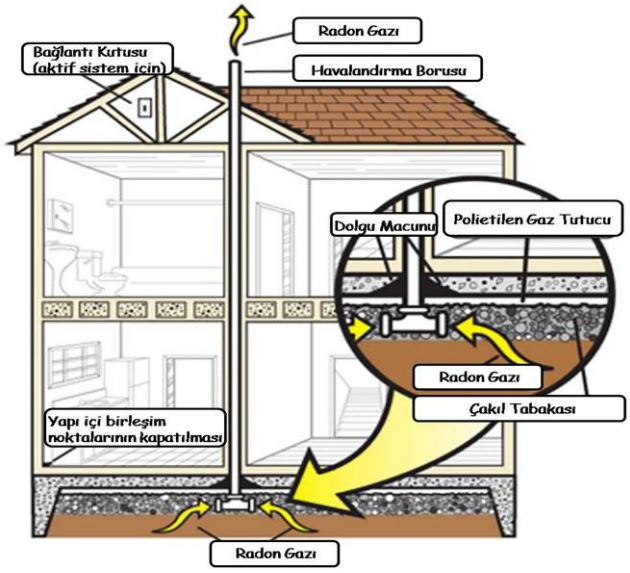
- Yapı malzemesi seçiminde belirleyici etmenlere radonu da içeren sınırlamalar getirilmelidir. Yapı malzemelerinin radyoaktivite analizleri yapılarak, değerlendirme sonuçları tavsiye edilen radyoaktivite düzeylerinin üzerinde olan malzemeler bina yapımında kullanılmamalıdır. Ayrıca belirlenen sınır değerlerin üzerinde radon bulunan yerlerden yapı malzemesi için ham madde alınmamalıdır.
- Binalar toprakla temasa imkan vermeyecek şekilde izole edilmelidir. Bodrum ve zemin katlarının tabanına betondan sızıntıyı önlemek amacıyla çatlağı olmayan şap uygulaması

yapılmalıdır. Binalarda temelden gelebilecek radona karşı en iyi çözümlerden birisi de temelde su yalıtımı için yapılan bohçalamadır. Bohçalama uygulamasının esnek, uzun ömürlü yalıtım malzemeleriyle detayına uygun olarak yapılması gereklidir.

- Binaların duvarlarında, su ve kanalizasyon borularının geçtiği yerlerde bulunan çatlaklar onarılmalıdır. Gerekli durumlarda izolasyon yapılmalıdır.
- Su ve doğalgaz sistemleri denetim altında tutulmalıdır [**9,20**].

Bina içindeki radonu dışarı atmak için; ortamın havalandırılmasına özen gösterilmelidir. Pencereler doğal havalandırmanın en verimli olacağı şekilde konumlandırılmalıdır. Doğal havalandırmanın yetersiz olduğu zamanlarda yapay havalandırma yöntemleri de kullanılmalıdır.

Mevcut binalarda radon konsantrasyonunun sınır değerleri aşması durumunda; bina içindeki radonu dışarı atmak için zemin altındaki radon gazı, havalandırma borusu yardımıyla atmosfere verilebilir. Zemin altında oluşturulan gaz geçirgen tabakaya (çakıl tabakası) radon havalandırma borusu yerleştirilir. Topraktan yapı içine gelebilecek radon gazı basınç farkından faydalanılarak boruya iletilir. Havalandırma borusu çatıdan atmosfere açılarak radonun güvenli bir şekilde dışarı atılması sağlanır. Radon konsantrasyonunun daha yoğun olduğu durumda pasif olan bu sisteme bir fan eklenerek aktif hale getirilebilir. Gazın bina içine girişini önlemek için; çakıl tabakası üzerine uygulanan polietilen gaz tutucu kaplama malzemesi veya buhar geciktirici aynı zamanda beton döküldüğü zaman çakıl tabakasının tıkanmasını da önler (**Şekil 3**). Bu sistem binaların projelendirme safhasında da radonun yapıya girişini önleme amaçlı kullanılabilir [**26,27**].



Şekil 2: Radon gazının havalandırma borusu ile binadan tahliyesi [**27**].

5. SONUÇ

Yapı içi havasını farklı noktalardan yapı içine girerek kirleten radon gazı akciğer kanseri sebebi olmasıyla dikkat çekmektedir. Solunan havayla beraber insan sağlığını riske atan radon, az veya çok miktarda tüm kapalı mekanlarda bulunmaktadır. Risk etmeni olmasından ötürü tamamen güvenli olduğu bir seviye yoktur. Maruz kalınan radon seviyesi ile beraber maruziyet süresi de

etkili olmaktadır. Havada beraber bulunduğu sigara dumanı ile çok daha tehlikeli hale gelmektedir.

Herhangi bir ölçüm yapmadan miktarını anlayamadığımız radon ile ilgili yapılacak çalışmalar ve sonrasında alınacak önlemler önem arz etmektedir. Tasarımcıların tasarım aşamasında, risk oluşturacak olumsuzluk etkenlerine karşı uygun tasarımı yapması, var olan olumsuz durumlarda ise; kullanıcıların çözüm önerilerine yönlendirilmesi ve denetimin sağlanması önemlidir. Olumsuzluk etkenlerini tespit için; çevresel etmenler araştırılmalı, uygun ölçüm sistemi ile ölçülen radon seviyelerine karşı çözüm önerileri değerlendirilmelidir. Seviyeler sınır değerlerde veya üzerinde olduğunda denetim amaçlı olarak belirli aralıklarla ölçümler yenilenmelidir. Bu noktada kullanıcının bilinçlenmesi için yapılacak farkındalık faaliyetleri önemlidir. Ülkemizde radon haritası çalışmalarının hızlandırılarak tamamlanması gerekmektedir. Yapı malzemelerinin radon seviyeleri belirlenmeli, standart ve yönetmeliklere sınırlamalar getirilerek malzeme seçiminde dikkate alınması sağlanmalıdır. Ayrıca akciğer kanserine yakalanan insanlarda radon etkileri izlenmelidir. Bu sayede binalarda radon seviyeleri insan sağlığını tehdit etmeyecek seviyelere çekilerek hastalık kaynağı olmaktan uzaklaşacaktır.

KAYNAKLAR

1. E. Kapdan, "Adapazarı merkezi kış dönemi radon ölçüm ve analizleri, " İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, (2009).

2. Ç. Güler, Z. Çobanoğlu, "Radon Kirliliği," T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, (1997), s:20.

3., N. Çelebi "Türkiye'de radon ölçümleri", Uluslararası Katılımlı Tıbbi Jeoloji Sempozyumu Kitabı, (2008), s:69-72.

4.http://www.waterproofmag.com/back_issues/201010/underslab_radon_barriers.php adresinden 08.01.2016 tarihinde alınmıştır.

5. EPA (United States Enviromental Protection Agency), National Program, "Radon outreach kit," (2013), www.epa.gov/iaq.

6. EPA (United States Enviromental Protection Agency), "Building radon out," (2001), pp:5.

7. G. Yılmaz Şen, "Doğalgaz kullanımının bina içi radon düzeylerine etkisinin incelenmesi" Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, (2009).

8. https://northernhealth.ca/ adresinden 06.01.2016 tarihinde alınmıştır.

9. H. Apak, "Yapılarda radon etkisini azaltmaya ya da yok etmeye yönelik bir yaklaşım," Yıldız Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, (2014).

10. WHO (World Health Organization), Information Sheet "Radon and health," (2002), pp:2, http://www.who.int/ionizing_radiation/env/Radon_Info_sheet.pdf .

11. O. Öztürk, "Kapalı ortamlarda hava kalitesi ve boşluklu döşeme sistemleri," Ekoyapı Dergisi, (2013), http://www.ekoyapidergisi.org/245-kapali-ortamlarda-hava-kalitesi-ve-bosluklu-doseme-sistemleri.html.

12. UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), "Sources, effects, and risks of ionizing radiation," United Nations sales publication No.E. 94.IX.2, New York , (1993).

13. UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), "Ionizing radiation: sources and biological effects", (1982).

14. UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), "Sources, effects, and risks of ionizing radiation," United Nations sales publication, New York, (1988).

15. EPA (United States Enviromental Protection Agency), "Radiation education activities: Radon, " pp:4.

16. J. Bower, "The healthy house: How to buy one, how to build one, how to cure a sick one, " The Healthy House Institute, India, (1997).

17. A. Balanlı, M. Vural, T. Taygun, "Yapı ürünlerindeki radonun yapı biyolojisi açısından irdelenmesi", 2. Ulusal Yapı Malzemeleri Kongresi ve Sergisi, İstanbul, (2004).

18. M. Faheem, B. Matiullah, "Radon exhalation and it dependence on moisture content from samples of soil and building materials", Radiation Measurements, 43:1458-1462.

19. M. Eisenbud, "Environmental radioactivity : from natural, industrial, and militay sources," Academic Press, San Diego, (1987).

20. TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu), "Kapalı ortamlarda radon gazı," Teknik Rapor, (2012).

21. International Radon Project, "Survey on radon guidelines programmes and activities final report", Health Security and Environment, Switzerland, (2007).

22. H. Synnot, D. Fenton, ERRICA 2 (European Radon Reasearch and Industry Collaboration Concerted Action), "An evaluation of radon reference levels and radon measurement techniques and protocols in European countries," Radiological Protection Institute Of Ireland, (2005).

23. H. İ. Uludağ, "Radon kirliliği ve halk sağlığı ilişkisi," Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Bitirme Tezi, İzmir, (2010).

24. N. Çobanoğlu, N. Kiper, "Bina içi solunan havada tehlikeler," Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, Sayı:49, (2006), s: 71-75.

25. EPA, "EPA assessment of risks from radon in homes," Office Of Radiation And Indoor Air United States Environmental Protection Agency, Washington, (2003).

26. Building and Safety Standards Branch, "New Radon Rough-in Requirements," Information Bulletin, No. B14-07, British Columbia, (2014).

27. http://www.epa.gov/radon/radon-resistant-construction-basics-and-techniques adresinden 05.01.2016 tarihinde alınmıştır.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

CEPHE TASARIMINDA GÜNIŞIĞI PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ : GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Araş. Gör. Dr. Feride Şener Yılmaz[a]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Binalarda günışığının etkin şekilde kullanımı, istenen görsel konfor koşullarının sağlanması ve aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin en aza indirgenmesi açılarından önemlidir. Binalarda günışığı performansının belirlenmesi hedefiyle farklı performans ölçütleri geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Bu ölçütler, günümüzde dinamik günışığı simülasyonu programlarında dikkate alınarak mimarların, aydınlatma tasarımcılarının ve cephe danışmanlarının kullanımına sunulmakta, böylelikle tasarlanan cephe alternatiflerinin günışığı performansının değerlendirilmesi, geliştirilen tasarım alternatiflerinin karşılaştırılması ve tasarım aşamasında gerekli revizyonların gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır. Bu bildiri çalışması kapsamında cephe tasarımında günışığı performansının değerlendirmesi için bir süreç önerilerek cephe tasarımında ve uygulamalarında kullanılabilecek güncel yaklaşımlar tanıtılmaktadır. Önerilen süreç, tasarlanan cepheye ilişkin günışığı performansı, günışığına bağlı kamaşmanın önlenmesine yönelik performans ve dış görüş performansının belirlenmesi aşamalarından oluşmaktadır. Önerilen sürecin cephe tasarımında uygulanması ile binalarda görsel konfor koşullarının sağlanması ve aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin en aza indirgenmesi olanaklıdır.

Anahtar sözcükler: Cephe tasarımı, Günışığı Performansı, Günışığı Ölçütleri

ABSTRACT

Daylighting is a key component for incorporating visual comfort conditions and reducing energy consumption. In order to assess daylight potential in buildings, diverse performance metrics are developed and are being used. These metrics are also integrated into several dynamic lighting simulation algorithms so architects, lighting designers or façade consultants can practically determine the daylight performance of designated façade alternatives in terms of daylight availability, compare design variants and perform necessary revisions during the building design phase. This study deals with proposal of a façade design process in terms of daylight performance determination and aims to describe current daylight metrics that can be used for façade design and applications. Proposed process consists of determination stages based on daylight illuminance, glare and view out. With the implementation of this process to façade design, it is possible to provide visual comfort conditions and minimise lighting energy efficiency in buildings.

Key words: Façade design, Daylight Performance, Daylight Metrics

[a] e-posta adresi: fsener@itu.edu.tr

1.GİRİŞ

Mimaride günışığı, doğal ışığın iç mekan tasarımına olan katkısı, saydamlık ve dış çevre ilişkisine yönelik gereksinimler, görsel ve psikolojik konfor koşullarına olan dinamik etkileri ve aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin en aza indirgenmesi hedefleriyle kullanılmaktadır. Mimaride günışığının etkin kullanımı, bina tasarım aşamasından itibaren doğal aydınlatma sistemlerine ilişkin olarak gerçekleştirilen görsel konfor ve günışığı performansı değerlendirmeleri ile mümkündür. Böylelikle, gerçekleştirilen günışığı performansı analizleri yardımı ile ileride karşılaşılabilecek sorunların önlenmesi ve tasarım alternatiflerinin optimize edilmesi sağlanabilmektedir.

Binalarda cephe tasarımı aşaması, günışığı açıklıklarının yön, boyut ve konumlarının belirlendiği ve güneş kontrolü elemanlarının kullanımlarına ilişkin kararların verildiği bir aşamadır [**1**]. Cephe tasarımı aşamasında alınan kararlar, hacimlerde gerçekleşen günışığı miktarını ve görsel konfor koşullarının sağlanmasını doğrudan etkilemektedir. Cephe tasarımında günışığı etkeni önemli bir tasarım parametresi olarak yorumlanabilmekte, geleneksel ve çağdaş sistemlerin kullanımı ile iç mekana kontrollü olarak doğal ışık alınabilmektedir.

İç mekanlarda istenen aydınlık düzeyinin günışığı ile sağlanabilmesi, günışığına bağlı kamaşmanın önlenmesi, yeterli dış görüş koşullarının elde edilmesi doğal aydınlatma sistemlerinden beklenen özellikler olup cephe tasarımlarının bu koşulları sağlayacak şekilde geliştirilmesi son derece önemlidir. Cephe sistemlerinin tasarımında günışığı konusunun dikkate alınması ve günışığı performansının değerlendirilebilmesi için günümüzde çeşitli yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu bildiri çalışması kapsamında cephe tasarımında günışığı performansının değerlendirmesi için bir süreç önerilerek bu doğrultuda kullanılabilecek güncel yaklaşımlar tanıtılmaktadır.

2. CEPHE TASARIMINDA GÜNIŞIĞI PERFORMANSINI DEĞERLENDİRME SÜRECİ

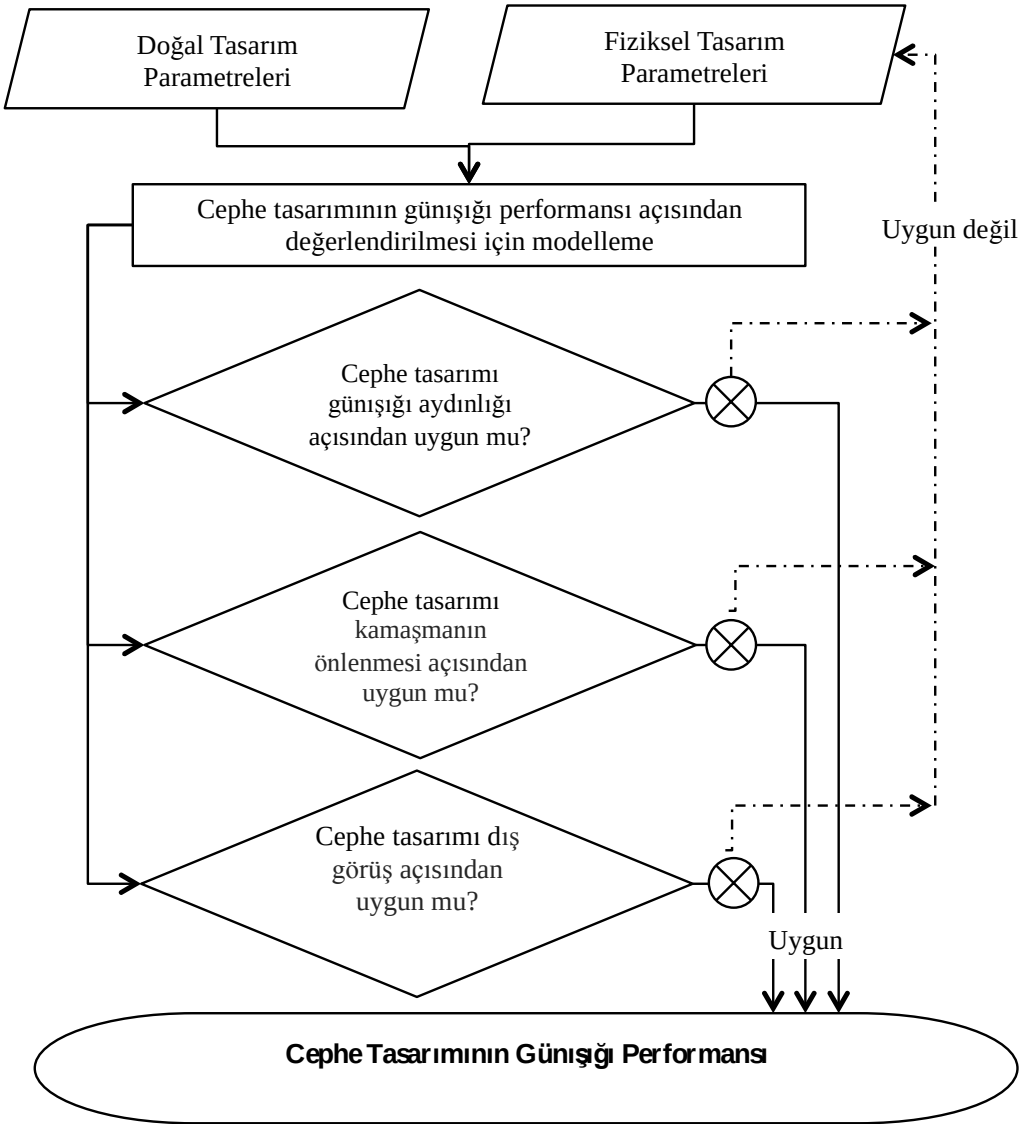
Sürdürülebilir, konforlu ve enerji etkin binaların gerçekleştirilebilmesinde, binanın ilk tasarım aşamalarından itibaren cephenin günışığı performansının ele alınması ve değerlendirilerek optimize edilmesi önem taşımaktadır. Cephe tasarımlarının günışığı performansı açısından değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken aşamalar, günışığı aydınlığının yeterliliğinin belirlenmesi, kamaşmanın önlenmesi açısından gerekli koşulların yerine getirilmesi ve istenen dış görüşün etkin şekilde sağlanmasıdır. Bu nedenle, cephe tasarımının günışığı performansının değerlendirilme süreci, tüm bu adımları içerecek şekilde gerçekleştirilmelidir.

Bu bildiri çalışması kapsamında cephe tasarımında günışığı performansının değerlendirilmesi için bir süreç önerilmektedir. Önerilen tasarım sürecinde doğal tasarım parametreleri ve cephe tasarımına ilişkin fiziksel tasarım parametreleri dikkate alınarak cephe tasarımının modellenmesi ve ilgili performans değerlendirme aşamalarının gerçekleştirilmesi uyarınca cephe tasarımına yön verilmesi hedeflenmiştir. **Şekil 1**'de bu süreci aktaran bir akış diyagramına yer verilmiştir.

Geliştirilen cephe tasarımının günışığı performansının değerlendirilme sürecinde doğal tasarım parametrelerinin (göğün parıltı dağılımı ve aydınlığı, güneşin pozisyonu ve parıltı-aydınlık etkisi, yer örtüsüne ilişkin ışık yansıtma özellikleri, doğal engellerin özellikleri, coğrafi konum gibi

doğal çevreye ilişkin parametreler) doğru olarak belirlenmesi esastır. Bu parametrelerin ele alınan koşulları en gerçekçi şekilde temsil etmesi, gerçekleştirilen günışığı performansı değerlendirmelerinin geçerliliği açısından son derece önemlidir.

Fiziksel tasarım parametreleri, yapay dış engeller, ele alınan hacme ilişkin fiziksel özellikler, günışığı açıklıklarının yönü, konumu, boyutları, cephe tasarımında kullanılan sistem elemanlarının optik, fiziksel ve geometrik özellikleri, güneş kontrol elemanları gibi parametreleri içermekte olup bina tasarım sürecinde verilen kararlara göre bu parametrelerin özellikleri belirlenmektedir. İteratif bir süreç olan bina tasarımı aşamasında fiziksel tasarım parametrelerine ilişkin alınan kararların gerçekleştirilen performans değerlendirmeleri sonucunda revize edilmesi ve ön tasarım alternatiflerinin bu durum dikkate alınarak optimize edilmesi gerekmektedir.



Şekil 1. Cephe tasarımının günışığı performansının değerlendirilme süreci

Gerekli durumlarda bina saydamlık oranına ilişkin gerçekleştirilmesi gereken revizyonlar, bina cephelerinde güneş kontrol elemanlarının ya da ileri günışığı teknolojilerinin entegrasyonu,

saydam bileşenlere ilişkin optik özellikler ve malzeme seçimi gibi konular cephelerde günışığını etkin kullanmak hedefiyle dikkate alınmalıdır. Günışığı performansı açısından gerçekleştirilen değerlendirmeler doğrultusunda ele alınan cephe tasarımı alternatifine ilişkin günışığı performansının saptanması olanaklıdır. Önerilen sürece göre gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucunda tasarlanan cepheye ilişkin günışığı performansı, günışığına bağlı kamaşmanın önlenmesine yönelik performans ve dış görüş performansı belirlenir, uygun sonuçlara sahip olmayan cephe sistemi alternatiflerinin fiziksel tasarım parametrelerinde gerçekleştirilen yenilemeler ve değişiklikler ile tasarım ön kararlarının revize edilmesi beklenir. Gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucu tasarım alternatifinin günışığı performansı açısından uygun sonuçlar vermesi durumunda günışığına duyarlı bir cephe sistemi tasarımı kararı elde edilir.

2.1. Cephe tasarımlarının günışığı aydınlığı açısından değerlendirilmesi

Binalarda günışığının etkin kullanımı ve standartlarda verilen aydınlık düzeyinin günışığı ile gerçekleştirilmesi hem görsel konfor koşullarının yerine getirilmesi hem de aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin en aza indirgenmesi açılarından önemlidir. Tasarlanan cephe sistemlerinin günışığı performansı açısından etkinliklerinin belirlenebilmesi amacıyla 1900'lü yıllardan bu yana çeşitli günışığı performans ölçütleri geliştirilmektedir. Bu ölçütler, dış aydınlık düzeylerinin belirlenmesi için geliştirilen gök modellerinin kullanımı ile iç mekanda günışığı ile oluşan aydınlık düzeyinin hesaplanması ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için kullanılmaktadır.

Günışığı performansının belirlenmesinde kullanılan geleneksel bir yöntem olan 'tek noktada ve tek zamanda aydınlık yöntemi (Single Point in Time, STP)', hacimlerde belirli bir nokta ya da çalışma düzlemi için standart gün, tarih ve gök modeli seçimi doğrultusunda elde edilen günışığı aydınlığının belirlenmesine dayalı olarak ortaya konmuştur. Bu yöntem ile elde edilen sonuçlar tek bir koşulu ifade etmekte ve günışığının yıl boyunca değişken etkisini göz ardı etmektedir. Bu nedenle günışığı performans değerlendirme yöntemleri arasında STP yöntemi, 'statik' yöntem olarak tanımlanabilmektedir [**2**].

Noktada aydınlığa yönelik geliştirilen bir diğer yöntem, İngiltere'de ortaya atılan "Günışığı Faktörü"dür. Bu değer, hacimde çalışma düzlemi üzerinde oluşan günışığı aydınlığının, engellenmemiş CIE Kapalı Göğü altında eş zamanlı olarak dış yatay düzlemde oluşan aydınlığa oranıdır ve gök bileşeni, dış yansımış bileşen ile iç yansımış bileşenin toplamı olarak ifade edilir. Günışığı faktörüne dayalı performans hesaplamalarında doğal aydınlatmanın yıl içerisindeki değişkenliği ve değişken meteorolojik koşulların farklı gök modelleri ile temsil edilmesi gerekliliği konuları göz ardı edilmektedir. Öte yandan, bu yöntemdeki hesaplamalarda CIE Kapalı Göğü temel alındığından direkt güneş ışığı göz önüne alınmamakta ve yönlere bağlı olarak elde edilecek farklılıklar günışığı hesaplamalarına katılmamaktadır [**3**].

Günümüzde binalarda yıllık günışığı performansı sonuçlarının değerlendirilebilmesi hedefiyle 'dinamik günışığı performans yaklaşımları' geliştirilmiştir. Bu tür yaklaşımların kullanımı ile cephe tasarımlarına ilişkin yıllık günışığı performansı sonuçları elde edilebilmesi ve cephe tasarımı alternatiflerinin günışığı performansı sonuçları açılarından karşılaştırılması mümkündür. Bu yaklaşımlar, günışığının yıl boyunca değişken etkilerini meteorolojik verilere dayalı olarak dikkate alacak şekilde geliştirilmiştir ve yıllık günışığı performans sonuçlarının elde edilmesinde kullanılmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde, cephe tasarımlarının günışığı aydınlığı açısından değerlendirilmesinde kullanılan güncel yaklaşımlar tanıtılmışır.

2.1.1. Günışığı Otonomisi

Günışığı Otonomisi yaklaşımı, günışığı performansının yıllık olarak değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, bir yıl içinde bir hacimde istenen aydınlık düzeyinin yalnızca doğal aydınlatma ile sağlandığı saatlerin toplamının, yıl içindeki toplam kullanım saatlerine oranı olarak nitelendirilmektedir. Günışığı otonomisi yaklaşımı 2001-2004 yılları arasında Christoph Reinhart tarafından, ele alınan coğrafi bölgenin meteorolojik verilerinin de dikkate alınması açısından yeniden yorumlanmıştır [**4**]. Yaklaşımda hacim içerisinde tüm yıl boyunca oluşan doğal aydınlatma koşullarının dikkate alınması gerekmekte ve bu durum da dinamik günışığı analizlerini beraberinde getirmektedir. Bu yaklaşım ile elde edilen yıllık günışığı performans değerlendirmesi, bina aydınlatma enerjisi gereksiniminin saptanması konusuna da veri oluşturması açısından önem taşımaktadır.

2.1.2 Sürekli Günışığı Otonomisi

Sürekli Günışığı Otonomisi yaklaşımı, Rogers Z. tarafından geliştirilmiştir. Temel olarak Günışığı Otonomisi yöntemi ile aynı prensibe dayanıyor olmakla birlikte bu yaklaşımın farkı, performans puanlamasında günışığı ile elde edilen aydınlık düzeyinin istenen aydınlık düzeyine olan yakınlığının dikkate alınıyor olmasıdır. Bu yaklaşım özellikle iç mekanlarda günışığına bağlı loşlaştırma sistemlerinin kullanılması durumunda bina aydınlatma enerjisi gereksiniminin saptanmasına yönelik olarak kullanılmakta ve günışığına bağlı kontrol sistemlerinin kullanılma oranı yıllık olarak ortaya konmaktadır [**5**].

2.1.3 Bölgesel/Mekansal Günışığı Otonomisi

Bölgesel/Mekansal Günışığı Otonomisi yaklaşımı, ele alınan bir bölge ya da bir mekanda istenen aydınlık düzeyinin günışığı ile gerçekleştirilmesi durumunun yıllık olarak mekanın alanına bağlı olarak oranlanması esasına dayanmaktadır. Bu yaklaşımda yıl boyunca bina kullanım saatleri içinde günışığının yeterli olduğu alanın yüzde cinsinden ifadesi ile günışığı performansı değerlendirilir [**5**].

2.1.5 Maksimum Günışığı Otonomisi

Maksimum Günışığı Otonomisi, iç mekanlarda kamaşmanın denetlenmesi ve istenmeyen ısı kazançlarının oluşmasının engellenmesi hedefleriyle günışığı kullanımında bir üst limit tanımlamak üzere ortaya konmuştur. Bu yaklaşıma göre günışığının yıl boyunca istenen sınırları aşması durumunun süre olarak ifadesi esas alınır ve yıl boyunca mekan genelinde kamaşma riskinin oluşmasınının söz konusu olabileceği oran yüzde olarak belirlenir.

2.1.6 Faydalı Günışığı Aydınlığı

Faydalı Günışığı Aydınlığı (Useful Daylight Illuminance, UDI), Mardaljevic ve Nabil tarafından Günışığı Otonomisi Yöntemi'ne bağlı olarak ortaya atılmış bir değerlendirme yöntemidir. Bu yöntemde, hacimlerde oluşan günışığının "faydalı" olma aralıkları, dünyada bu konuda yapılmış çeşitli çalışmalara dayandırılarak şu şekilde gruplandırılmıştır:

- yetersiz günışığı aydınlığı (<100 lux),
- faydalı günışığı aydınlığı (100-2000 lux),
- istenen sınırları aşan günışığı aydınlığı (>2000 lux) [**6**].

Faydalı Günışığı Aydınlığı yaklaşımı, bir mekanın yıllık doğal aydınlatma performansını belirlemek amacıyla kullanılabilen güncel bir yaklaşımdır.

2.1.7 İklime bağlı günışığı modellemesi

İklime bağlı günışığı modellemesi, standart yıllık meteorolojik veriler yardımı ile güneş ve gök koşullarına ilişkin verilerin elde edilmesine ve bu verilere dayalı olarak doğal aydınlatma hesaplamalarının gerçekleştirilmesine dayanmaktadır. Bu yaklaşım, incelenecek binanın coğrafi konumuna, günışığı açıklıklarının yönüne, mekan geometrisine ve malzeme özelliklerine bağlı olup coğrafi koşullara ilişkin ölçüme dayalı yıllık verileri dikkate almaktadır. Bu yöntem ile yatay düzlemde elde edilen Perez All- Weather gök modeline dayalı ortalama saatlik dış aydınlık düzeyleri dikkate alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmektedir.

2.1.8 Yıllık günışığın alma süresi

Yıllık günışığı alma süresi yaklaşımı, iç mekana etki eden yıllık toplam güneş ışığı kaynaklı görünür ışığın miktarının günışığının lx saat/yıl şeklinde ifadesidir. Bu değer, seçilen noktalar için hesaplanır ve özellikle günışığına karşı duyarlı nesnelerin bulunduğu hacimlerde bu yaklaşım uygulanır [**2**].

2.1.9 Yıllık güneş ışığı alma süresi

Yıllık güneş ışığı alma süresi de yıllık günışığı alma süresi yaklaşımına benzer şekilde yıl boyunca mekana direkt güneş ışığı alımının saat bazında toplamı olarak tanımlanmaktadır. Bu değerlendirme yöntemi özellikle güneş kontrol elemanına sahip olmayan ve kamaşma riski taşıyan mekanların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır [**2**].

2.2. Cephe tasarımlarının kamaşmanın önlenmesi açısından değerlendirilmesi

Cephe tasarımı aşamasında günışığına bağlı kamaşmanın denetiminin sağlanması ve bu doğrultuda gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Günışığına bağlı kamaşmanın cephe tasarımında hesaplanması, geliştirilen kamaşma indisleri yardımı ile gerçekleştirilir.
Günışığı Kamaşma İndisi-(Daylight Glare Index, DGI) Eşitlik 1 ve 2 uyarınca hesaplanmaktadır. **Çizelge 1**'de DGI kamaşma kategorisi aralıkları yer almaktadır.

$$DGI=10 \log \sum_{i}^{n}{}_{=1} G_i \quad (1)$$

$$G_i = 0{,}478 \left[L_s^{1.6} \Omega_i^{0.8} / L_b + (0.07\ \omega^{0.5}\ L_w \right] \quad (2)$$

L_s : kaynak parıltısı (candela/m^2),
L_b: fon parıltısı (candela/m^2),
L_w: pencere yüzeyinin parıltısı (candela/m^2),
Ω, ω: pencerenin boyut ve konumuna bağlı katsayılar.

Çizelge 1. DGI kamaşma kategorisi aralıkları

Kamaşma kategorisi	DGI
Hissedilebilir kamaşma	16-18
Kabul edilebilir kamaşma	20
Konfor ve konforsuzluk ara durumu	22
Rahatsızlık verici kamaşma	24-26
Katlanılamaz kamaşma	>28

Günışığı Kamaşma Olasılığı (Daylight Glare Probability, DGP), cephe tasarımlarının kamaşmanın önlenmesi açısından değerlendirilmesi için kullanılabilecek güncel bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, Wienold ve Christoffersen tarafından 2006 yılında geliştirilmiştir. Bu yöntem, mekanlarda ölçülen aydınlık ve parıltı değerleri ile kullanıcıların mekanlardaki aydınlatma koşullarına olan tepkisi arasındaki ilişkiye dayanır ve Eşitlik 3 ile hesaplanır [**7**].

$$DGP = 5.87\ x\ 10^{-5} E_V + 9{,}18\ x\ 10^{-2}\ log\left(1 + \sum_j \frac{L_{s,j}^2 \omega_{s,j}}{E_v^{1,87} P_j^2}\right) + 0{,}16 \quad (3)$$

E_V: tüm kaynakların gözde oluşturduğu düşey aydınlık (lux)
L_s : kaynak parıltısı (candela/m^2)
ω_s: ışık kaynağına ilişkin aydınlık parçasının göz ile arasında oluşturduğu açı (sr)
P: aydınlatma elemanlarının pozisyonuna bağlı Guth indisi

Geliştirilen cephe tasarım alternatiflerinin kamaşma açısından değerlendirilmesinde DGP Günışığı Kamaşma Olasılığı Yöntemi kullanılabilmektedir. Bu hedefle, ele alınan mekanın kullanım ve tefriş durumlarına bağlı temsili bakış doğrultularının belirlenmesi gerekmektedir. Bu noktalar için kamaşma analizlerinin DGP hesap yöntemi ile gerçekleştirilmesi ve gerçekleştirilen yıllık değerlendirmeler ile cephelerin kamaşma açısından karşılaması gereken performans kriterlerinin oluşturulması gerekmektedir. Kamaşma hesap sonuçlarının değerlendirilebilmesi için değer aralıkları **Çizelge 2**'de yer almaktadır [**8**].

Çizelge 2. DGP kamaşma kategorisi aralıkları

Kamaşma kategorisi	DGP
Hissedilmeyen kamaşma	<35
Hissedilebilir kamaşma	35-40
Rahatsızlık verici kamaşma	40-45
Katlanılamaz kamaşma	>45

2.3. Cephe tasarımlarının dış görüş açısından değerlendirilmesi

Dış görüş konusu mekan tasarımında önem taşımakta ve optimum bir dış görüşün bina kullanıcılarına fizyolojik ve psikolojik anlamda olumlu etkiler sağladığı bilinmektedir. Bu nedenle cephe tasarımlarının dış görüş için istenen krierleri sağlayacak şekilde gerçekleştirilmesi son derece önemlidir. Binalarda optimum dış görüş ve kullanıcı memnuniyetinin sağlanması için gerekli pencere boyutlarının belirlenmesine yönelik olarak gerçekleştirilen bir çalışmada minimum saydamlık oranı değerinin '%20' olması gerektiği belirlenmiştir [**9**]. Bu değer, "Binalarda Aydınlatma- 2. Kısım: Doğal aydınlatma için Mesleki Kurallar" adlı İngiliz standardında dikkate alınmış ve binalarda istenen dış görüş koşullarının sağlanması hedefiyle gerekli minimum saydamlık oranının '%20' olması gerekliliği belirtilmiştir. Ayrıca, bu standartta dış görüşe ilişkin olarak binalarda sağlanması gereken koşullar üst seviye (gök ya da yapay çevre), orta seviye (doğal veya yapay çevre) ve alt seviye (zemin) olmak üzere üç farklı kategoride değerlendirilmiş ve her üç seviyenin de görünür olması durumunda cephe tasarımlarının dış görüş açısından uygun olduğu belirtilmiştir [**10**].
Cephe tasarımlarına ilişkin olarak dış görüşün analiz edilebilmesi hedefiyle 'BRE Report Site Layout Planning for daylight and sunlight: A good practice' yayınında yeterli dış görüş koşulları ve doğal aydınlatma hedefiyle görünür gök açısının alması gereken aralıklar belirtilmiştir. Bu yayında görünür gök açısı tanımlanarak (engelin üst noktası ve pencerenin üst noktasının pencerenin orta noktası ile arasındaki açı) bu değerin istenen dış görüş koşullarının sağlanabilmesi hedefiyle 65°-90° olması gerektiği önerilmiştir [**11**]. Bu yaklaşımda gökyüzü

görüşü, incelenen hacmin plan ve kesiti üzerinden gerçekleştirilen bir değerlendirme ile belirlenir ve mekandaki günışığı erişim çizgisi saptanır. Günışığı erişim çizgisi yöntemi ile hacimlerde gökyüzü görüşünün sağlanma oranı belirlenebilmektedir.

3. SONUÇLAR

Binalarda günışığının etkin şekilde kullanımı hem istenen görsel konfor koşullarının günışığı ile sağlanması, hem de aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin en aza indirgenmesi açılarından önemlidir. Bu çalışma kapsamımda cephe tasarımlarının günışığı performans değerlendirmesinde kullanılabilecek bir süreç önerilerek bu sürecin ilgili aşamalarında kullanılabilecek güncel yaklaşımlar tanıtılmıştır. Çalışma kapsamında önerilen "günışığı performansının değerlendirilmesi" süreci, günışığı aydınlığına bağlı değerlendirme, kamaşmanın değerlendirilmesi ve dış görüş performansının belirlenmesi alt aşamalarından oluşmaktadır.

Günümüzde günışığı performansı değerlendirme ölçütleri, dinamik günışığı simülasyonu programlarına entegre edilmiştir, böylelikle mimarlar, aydınlatma tasarımcıları ve cephe danışmanları, tasarlanan cephe alternatiflerine ilişkin günışığı performans değerlendirmelerini bilgisayar programları aracılığı ile gerçekleştirebilmektedir. Günışığı performans değerlendirmeleri sonucunda, geliştirilen cephe tasarımı alternatiflerinin karşılaştırılması ve gerekli revizyonların gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır. Çalışma kapsamında önerilen cephe tasarımında günışığı performansının değerlendirilmesine ilişkin süreç, tasarım aşamasında simülasyon programlarının kullanımına olanak vermektedir.

Günışığının binalarda etkin olarak kullanımı, bina enerji performansının arttırılması açısından son derece önemlidir. Geliştirilen süreç uyarınca belirlenen cephe günışığı performansı değerlendirme sonuçları, ele alınan binalarda günışığına bağlı aydınlatma kontrol stratejilerinin tasarımı ve aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin hesaplanması hedefiyle de kullanılabilecektir. Bu sürecin uygulanması ile görsel konfor koşullarının günışığı ile sağlanması ve aydınlatma enerjisi gereksinimlerinin en aza indirgenmesi olanaklıdır.

KAYNAKLAR

1. Yılmaz F. Ş., Yener A. K., "Cephe Tasarımında Günışığı Performansının Değerlendirilmesine İlişkin Bir Çalışma: İstanbul Teknoloji Geliştirme Bölgesi Yönetim Binası" *Çatı ve Cephe Dergisi*, 10(61), (2016), pp: 68-78.
2. IES. "Recommended Practice for Daylighting Buildings," New York: Illuminating Engineering Society of North America, ABD, (2013).
3. Moon P, Spencer D.E., " Illumination from a non- uniform sky." *Illum Eng*., 37(10) (1946), pp: 707-726.
4. Reinhart, C. F., Mardaljevic, J., & Rogers, Z. "Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design," *Leukos*, 3(1), (2006), pp:7-31.
5. IESNA, "The IESNA Lighting Handbook: Reference & Application,". 10th Edition, New York: Illuminating Engineering Society of North America, ABD, (2011).
6. Nabil, A., & Mardaljevic, J. "Useful Daylight Illuminance: A New Paradigm for Assessing Daylight in Buildings," *Lighting Research and Technology*, 37 (1), (2005), pp:41-57.
7. Wienold, J., & Christoffersen, J. (2006). "Evaluation Methods and Development of a new Glare Prediction Model for Daylight Environments with the use of CCD Cameras," *Energy and Buildings*, 38 743–75.
8. Jakubiec, A., & Reinhart, C. "The 'adaptive zone' – A concept for assessing discomfort glare throughout daylit spaces,". *Lighting Research & Technology*, 44 (2): (2012), pp:149-170.
9. Keighley, E. C. "Visual Requirements and Reduced Fenestration in Offices: a Study of Window Shape," *Building Science*, 8, (1973)., pp:311–320.
10. BS 8206-2:2008, "Lighting for buildings- Part 2: Code of practice for Daylighting," (2008).
11. Littlefair, P. J. "BRE Report Site Layout Planning for daylight and sunlight: A good practice", Second Edition, Building Research Establishment, Watford, U.K. (2011).

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

SICAK KURU İKLİM BÖLGESİ GELENEKSEL TÜRK EVLERİNİN GÜNIŞIĞI PERFORMANSI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ: MİDYAT ÖRNEĞİ

Gökçe Erdemir[a]
Prof. Dr. Alpin Köknel Yener[b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Günümüzde doğal kaynakların gitgide tükenmesi sebebiyle enerji etkin tasarım önemli bir konu haline gelmiştir. Burada amaç, doğal kaynaklara zarar vermeden, minimum enerji harcanarak kullanıcı gereksinimlerini karşılamak ve konforlu bir yapma çevre tasarlamaktır. Bu noktada iklime duyarlı çevre tasarımı ortaya çıkmıştır. İklim, tasarım kararlarını kent ölçeğinden, bina ölçeğine etkileyen en önemli etmenlerden biridir. Yerel mimari örnekleri, iklim ve topoğrafya gibi çevresel koşulların mimari tasarım ve günışığı kullanımı üzerinde oldukça önemli bir rol oynadığına referans vermektedir. Günışığı açıklıklarının konumu, boyutları ve sayısı kullanıcının görsel ve ısıl konforunu optimum düzeyde sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Türkiye, 5 farklı iklim bölgesine ayrılmakta ve bu bölgelerde gelişen geleneksel Türk evi mimarisi geçmişten günümüze toplumların yaşam biçimlerini ve iklimsel özellikleri yansıtmaktadır. Bu çalışmada sıcak iklim bölgesi geleneksel Türk evlerinin genel mimari özellikleri ve günışığı performansı, plan tipleri ve yönlenme gibi değişkenler bağlamında incelenmiştir. Midyat ilçesi için, örnek geleneksel evlerin günışığı performansı simülasyon yoluyla değerlendirilmiştir. Simülasyonlarda gün ve yıl içinde temsili tarih ve saatler seçilerek, uygun gök koşulları için yıl içindeki günışığı performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmış ve elde edilen sonuçlar, ulusal ve uluslararası standartlarda verilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır.

Anahtar sözcükler: Geleneksel Evler, Sıcak Kuru İklim Bölgesi, Doğal Aydınlatma, Günışığı Performansı.

ABSTRACT

Evaluation of Traditional Houses in Turkey in Terms of Daylight Performances: Midyat Sample

In today's world natural sources are diminishing and energy efficient design is vital issue that should be well-concerted. The aim is to provide comfortable environments and satisfy user requirements by using minimum amount of energy without damaging natural balances. To achieve this goal, climate responsive design shined out with regard to use of natural sources as possible. Climate is one of the determinants that directly affects architecture from urban to building scale. References from vernacular architecture indicate that environmental effects such as climatic conditions and topography have an important role on the architectural and daylighting system designs. Position, dimension and number of daylight apertures should be designed in order to satisfy visual and thermal requirements of the users. Turkey consists of 5 different climatic zones and traditional Turkish houses reflect the life styles of varied societies in this geography and climatic specifications. In this study, general architectural aspects of traditional hot climate houses in Turkey were analyzed according to climatic conditions, orientation and building plan types. Daylight availability of sample houses in representative hot climate district, Midyat are investigated for daily and seasonal differences by simulations. Simulations were made for representative days and hours throughout the year considering the effective sky conditions in order to point out the annual daylight performance of sample buildings. The results were compared with national and international standards and regulations.

Key words: Traditional Houses, Hot Climate, Natural Lighting, Daylighting Performance.

[a] e-posta adresi: erdemirg@itu.edu.tr
[b] e-posta adresi: yener@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

İklimsel koşullar mimari tasarımı kent ölçeğinden bina ölçeğine etkileyen en önemli etmenlerden biridir. Geçmişten günümüze gelen yapılar, kullanıcının konfor gereksinimleri ve çevresel etmenlerin yerel mimariye yön verdiğini göstermektedir. Yerleşim ölçeğinde bina yüksekliği, sokak aralıkları ve yönlenme kararları iklimsel koşullar doğrultusunda konfor koşulları göz önünde bulundurularak alınmıştır. Bina ölçeğinde ise yerel malzeme kullanımına önem verilmiş; pencere boyutları, konumu, saydamlık oranları ısıl kazanç ve kayıpları optimize ederek günışığından maksimum düzeyde yararlanmak üzere ayarlanmıştır.

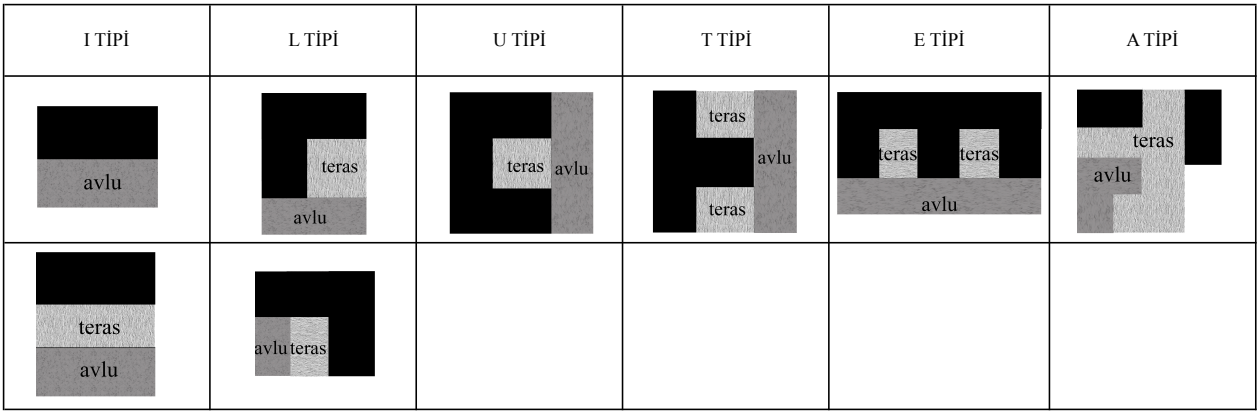
Geleneksel Türk Evleri, Anadolu'da ortaya çıkan, kuşaklar boyunca süregelen sosyal, ekonomik, etnik değerlerin çevresel etmenlerle birleşimi ile oluşmuş geçmişten günümüze yol gösterici nitelikteki yapılardır. Bu süreçte, iklim ve topoğrafya etkili olmuş, mekan organizasyonunda ise aile yaşam biçimi de belirleyici olmuştur. Türk ailesinin kalabalık ve birlikte yaşama durumu büyük ve çok sayıda mekana ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Geleneksel Türk evleri avlu, sofa konumlanmasına, yapım tekniği ve malzemeye, bölgesel (iklimsel) özelliklere göre sınıflandırılmaktadır [**1**].

Türkiye, 5 farklı iklimi barındıran geniş bir coğrafyadır. Türkiye'deki iklim bölgeleri sıcak kuru, sıcak nemli, ılımlı nemli, ılımlı kuru ve soğuk iklim bölgeleridir. Farklı iklimsel koşullar için her bölgenin mimari özellikleri değişmektedir. Ancak sıcak kuru ve soğuk iklim bölgesi gibi çok farklı koşullarda bile geleneksel konut mimarisi özellikleri aile yaşayış biçimi ve ısıl konfor sebepleriyle benzerlik göstermektedir.

İklimsel koşullar yapı içinde iç iklimsel koşullar ve görsel konforu etkilediğinden; Geleneksel Türk Evleri'nde temel amaç yöresel iklimsel etkilerden optimum düzeyde yararlanmaktır. Bu çalışmada Sıcak Kuru İklim Bölgesi Geleneksel Türk Evleri'nin mimari özellikleri ve günışığı performansı incelenmiş, temsili olarak Midyat ilçesinde yer alan farklı yönlenmiş cepheleri olan örnek konutlar üzerinde günışığı simülasyonları yapılarak, binaların gün ve yıl içindeki günışığı performansları karşılaştırılmıştır.

2. SICAK KURU İKLİM BÖLGESİ GELENEKSEL TÜRK EVLERİ

Sıcak kuru iklim bölgesinde konutların tasarımını etkileyen en önemli etmenlerden biri yazları 40°- 45° C sıcaklıklara ulaşan iklimidir. Geleneksel sıcak kuru iklim bölgesi evleri aile yapısı, ekonomik yapı, kültürel etkileşim, iklim ve jeolojik yapı etkisiyle oluşmuştur. Evler avlu etrafına birimlerin sıralanmasıyla oluşmuş, avlulu-bitişik düzendedir. Plan düzeni avlu çevresindeki kütlelerin konumlarına göre belirlenir. Evler doluluk-boşluk oranına göre I, L, U, T, E ve A tipleri olarak sınıflandırılmıştır. Sıcak kuru iklim bölgesi geleneksel evlerinin plan tipleri Tablo 1'de verilmiştir [**2**].



Şekil 1: Sıcak kuru iklim bölgesi geleneksel evlerinin plan tipleri [**2**]

2.1. Geleneksel Midyat Evleri Yerleşim Dokusu ve Mimarisi

Midyat ilçesi, Güneydoğu Anadolu bölgesi Mardin'e bağlı olup, 37º 25' kuzey enlemi, 41º 20' doğu boylamında yer alır. Denizden ortalama 1000m yükseklikte yer alan ilçe eski ve yeni Midyat olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Antik çağlarda Anadolu ve Mezopotamya'yı birbirine bağlayan önemli ticaret yolları üzerinde bulunan stratejik bir konumda yer almaktadır. Geçmişten bu güne bölgeye yerleşen çeşitli kültürlerin etkisiyle gelişen serin, avlulu, içe dönük ev tipleri yüzyıllardır uygulanmıştır [**3**]. Bölgede Helenistik, Roma, Hristiyan ve İslam dönemlerinde önemli örneklerin görüldüğü taş mimari geleneği mevcuttur [**4**]. Midyat evlerinin oluşumundaki en belirleyici etmenler iklim ve topoğrafyadır. Ayrıca ekonomik, siyasi, dini ve toplumsal faktörler birlikte yaşamaya yönelik geniş aile yapısının ortaya çıkmasına sebep olarak; şehir dokusu ve konut mimarisini şekillendirmiştir.

Yörenin jeolojik yapısının şekillenmesiyle, ilk olarak mağara içi yerleşmeler kurulmuş, zamanla üzerine kat çıkılmıştır. Geleneksel kent dokusu yoğun ve sıkışık bir yapıda olup; ihtiyaç halinde yeni yapıların ve birimlerin eklenmesiyle gelişmiştir. Sokaklar topografyaya göre biçimlenmiş olup, organik yapıdadır. 2.30-4.00m genişliğindeki sokaklar evlerin sağır cephelerinin oluşturduğu yüksek taş duvarlarla çevrilidir. Sokakların üzerinde altta bir geçit bırakan tonoz örtüler vardır. Sokaklar geçmişten günümüze çocuklar için oyun, kadınlar için ise toplanma ve sosyalleşme alanı olarak gelmiştir [**5**].

Evler, genellikle avlulu yapıda olup, giriş katları depo, ahır, yazlık yaşam alanı olarak kullanılmaktadır. Genellikle zemin kat ve birinci kat olmak üzere iki katlı olarak inşa edilmiştir. Bazı evlerde ara katlar, bazı evlerde ise eyvan üzerinde asma katlar bulunur. Avlusu olmayan evlerde teras ya da dam, avlu fonksiyonunda kullanılmaktadır. Evler, yeni birim ve katların eklenmesi ile büyütülmektedir. Mağara olarak yapılmış oyuklar, oda, kiler ya da ahır olarak kullanılmıştır. Evlerin zemin katında servis birimleri, ıslak hacimler, depo ve ahır fonksiyonları yer alır. Üst katta oda, eyvan, teras gibi çok amaçlı birimler yer almaktadır. Bazı evlerin zemin katında ise dükkanlar yer almaktadır. Çok amaçlı mekanlar, birden fazla işlev gören açık, yarı açık ve kapalı mekanlardır [**5**].

Açık mekanlar; avlu, teras ve damdır. Avlu, evin merkezi niteliğinde olup, mekanlar arası bağlantıyı sağlar. Yiyecek hazırlama, çamaşır yıkama gibi günlük işlerin çoğu bu alanda yapılır. Üst katlara geçiş genellikle avluda konumlanmış basamaklarla sağlanır. Avlu içinde tuvalet, ocak, tandır ve depo alanları bulunur. Teraslar, üst kattaki yapı alanı sınırının alt kattan geri çekilmesiyle oluşan avlu fonksiyonlarının yerine getirildiği mekanlardır. Dam ise, yine günlük işlerin görüldüğü düz çatı şeklindeki açık alanlardır. Dama çıkış, teras, eyvan, avlu veya aralıktan çıkan merdivenle sağlanır [**5**].

Yarı açık mekanlar; eyvan, revak ve balkonlardır. 'Eyvan' oturma, yatma, yemek hazırlama, misafir ağırlama gibi işlerin görüldüğü, iki kapalı mekan arasında geçiş niteliğinde yer alan yarı açık alanlardır. Genellikle arkasındaki duvar içine gömülmüş, dama çıkan merdivenler yer alır. Özellikle yaz mevsiminde kullanılan alanlar, uzun süren yaz aylarında güneşin çeşitli açılarına karşı önlem alma zorunluluğu sebebiyle kuzey kanatta bulunup, güneye doğru bakarlar. Geceleri güneyden esen rüzgarın etkisinden faydalanma amacı ile güneye yönlendirilmişlerdir. Kimi evlerde ise doğu ve batıya yönlendirildiği görülmektedir. 'Revak', serin ve gölgeli dinlenme alanı oluşturan üç tarafı ve üstü kapalı kemerli geçitlerdir. Kimi konutlarda ise yapıya paralel uzanan balkonlar yer alır [**5**].

Kapalı mekanlar; oda, aralık ve işlik olarak tanımlanmıştır. Odalar, gündüzleri oturulan, misafir kabul edilen, yemek yenen, banyo yapılan; geceleri ise hem oturulan hem de yatak odası işlevi gören çok amaçlı mekanlardır. Güneye bakan odalar daha ferah ve bezemeli olup; misafir odası olarak kullanılmaktadır. Tavan yüksekliği zemin katlarda alçak olup; birinci ve ikinci katlarda yüksek tutulmuştur. Birinci kat yüksekliği 3-5 m arasındadır. Tavanlarda genelde tonoz örtü kullanılmıştır. 'Aralık', odalar arasında geçiş alanı olarak yer alan ve kimi zaman oturma amacı ile kullanılan kapalı mekanlardır. 'İşlik' ise, odaların arkasında yer alan depo ve kiler amaçlı, günışığı almayan mekanlardır [**5**].

Zemin katlar genellikle ahır, kiler, mutfak ve ıslak hacimler olan servis birimlerinden oluşur. Bu bölüm aynı zamanda yazları günlük faaliyetlerin gerçekleştirildiği mekanlardır. Üst katlarda ise çok amaçlı kullanılan odalar yer almaktadır [**5**].

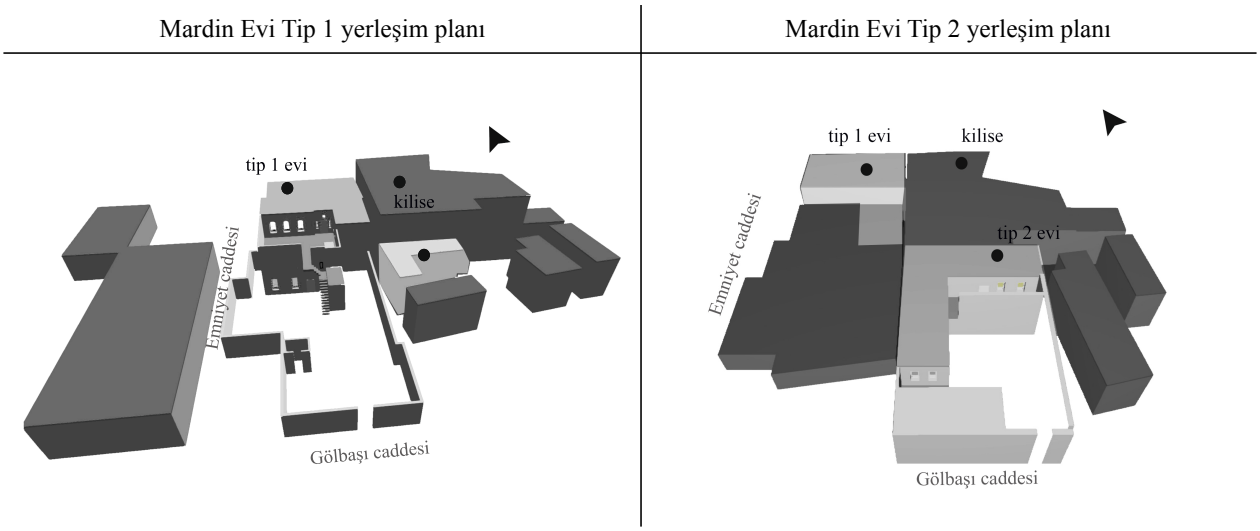
2.2. Geleneksel Midyat Evleri Günışığı Açıklıkları

Geleneksel Midyat Evleri'nin büyük bölümü ana cephesi güneye bakacak şekilde konumlandırılmıştır. Evler, sokak ve avlu cepheleri olmak üzere iki cepheye sahiptir. Sokak cepheleri sade ve genelde sağır cephe ve kemerli bir kapıdan oluşurken; avlu cepheleri taş bezemelerle zengin bir mimariye sahiptir. Eyvan ve revakların bulunduğu güney cephesi süsleme ve bezemelerle ön plana çıkarılmıştır. Sokak cephesi ise avlu duvarları, sokak kapıları ve küçük pencerelerden ve kimi evlerde balkon çıkmalarından oluşur. Avlu duvarları, sokaktan iç kısımların görülmesini engelleyecek şekilde, 2-3 m yüksekliğinde yapılmıştır.

Pencereler genellikle kemerli nişler içine oturtulmuştur. Kapılar üzerinde, pencere boşluğunu çevreleyen nişin içinde ya da iki pencere arasında yer alan tepe pencereleri havalandırma amacıyla yapılmıştır. Yazın mekan içinde ısınan havanın yükselerek boşluklardan çıkması ile doğal havalandırma sağlanmıştır. Avluya bakan pencereler, gündüz saatlerinde doğal aydınlatma sağlar [**5**].

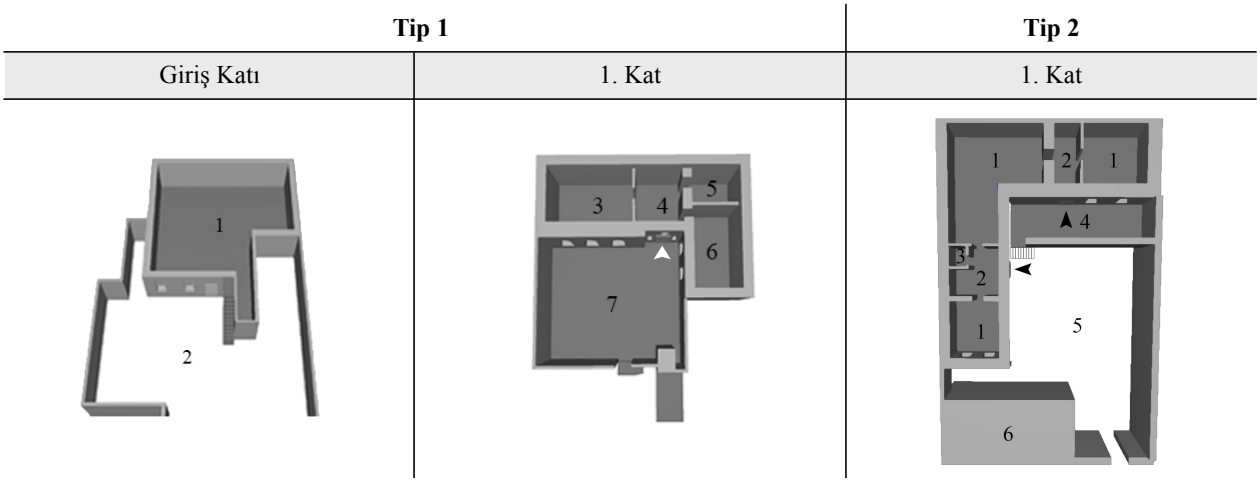
2.2. Geleneksel Midyat Evi Örnekleri

Çalışmada ele alınan Geleneksel Midyat Evi örneklerinin ikisi de L plan tipinde olup, avlulu yapıdadır. Günışığı açıklıklarının bulunduğu avlu cepheleri farklı yönlenmiş olan konutlardan ilk örnekte iki katta da pencere açıklığı mevcut iken, ikinci örnekte zemin katta pencere açıklığı bulunmamakta ve ahır/ depo olarak kullanılmaktadır.
Tip 1 konutu batıda Emniyet Caddesi, güneyde Gölbaşı Caddesi'nin kesişiminde; Marşumini Kilisesi'nin yanında yer almaktadır. L plan tipli binanın avluya bakan pencereleri güney ve batı cephesine yönelmiştir. Tip 2 konutu ise batıda Emniyet Caddesi, güneyde Gölbaşı Caddesi'nin kesişiminde; Marşumini Kilisesi'nin arkasında yer almaktadır. L plan tipli binanın avluya bakan saydam yüzeyleri güney ve doğuya yönlenmiştir. Şekil 2'de Mardin Evi tip 1 ve tip 2 için yerleşim planları görülmektedir.



Şekil 2: Tip 1 ve Tip 2 Midyat Evleri yerleşim planları

Tip 1 konutu 2 kattan oluşmaktadır. Avlu duvarından girilen giriş katı çok amaçlı bir mekana ulaşır. Güney cephede yer alan pencere açıklıklarından günışığının içeriye alındığı mekan, yaşam alanı, mutfak, depo gibi fonksiyonlara sahiptir. Kış aylarında daha çok depo ve pişirme alanı olarak kullanılan mekan, yaz aylarında yaşam alanı olarak kullanılmakta, sosyal aktivitelerin, aynı zamanda uyuma işlevinin de yerine getirildiği yazlık bölüme dönüşmektedir. Binanın 1. Katında ise güney ve batı cephelerinden avluya bakan L tipi bir yerleşim görülmektedir. Dışarıdan merdivenle çıkılan teras içinden üst kata geçilir. Bu katta 2 adet oda, toplanma ve geçiş elemanı olan eyvan; depo, kiler işlevi gören işlik bulunmaktadır. Odalar ve teras günlük aktivitelerin yerine getirildiği, sosyalleşme alanı olarak da kullanılan çok amaçlı mekanlardır. Düz çatılı, yöresel taşlardan inşa edilmiş yapıda, dışarıdan merdiven ile dama çıkılmaktadır. Şekil 3'te Tip 1 ve Tip 2 Midyat Evleri'nin kat planları görülmektedir.



Şekil 3: Midyat Evi Tip 1 zemin ve 1. Kat planları (1: yaşam alanı, 2: avlu, 3: oda, 4: eyvan, 5: işlik, 6: oda, 7: teras); Midyat Evi Tip 2 1. Kat planı (1: oda, 2: aralık, 3: tuvalet, 4: teras, 5: avlu, 6: depo ve ahır)

Tip 2 Midyat Evi iki katlı olup, yaşama alanı 1. katta yer almaktadır. Güneyde konumlanmış avlu kapısından girilen binanın giriş katı ahırdır. Girişin batı tarafında depo ve kiler yer almaktadır. 4m yüksekliğinde duvar ile çevrili avlu içinden merdiven ile üst kat terasına çıkılır ve buradan yaşam alanlarına ulaşılır. Geçiş alanı olan aralıklardan bina içine 2 adet giriş yer alır. Aralıklar iki yanından çok amaçlı kullanım alanı olan odalara bağlanmaktadır. Giriş katında alçak ve dar pencereler yer alırken, üst katta 0,9 m eninde ve 1,8 m yüksekliğinde kemerli ve bezemeli pencereler bulunmaktadır.

3. İNCELENEN GELENEKSEL MİDYAT EVİ ÖRNEKLERİNİN GÜNIŞIĞI PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Bu çalışmada sıcak kuru iklim bölgesi geleneksel Türk evlerinin günışığı performansları günlük ve yıllık değişimlere göre incelenmiştir. Ele alınan iki adet tescilli Geleneksel Midyat Evi örneği üzerinde simülasyonlar yapılarak, standartlarda verilen optimum değerlere göre günışığı kullanımları karşılaştırılmıştır. Her iki bina tipi için de kat genelinde ve tanımlanan 2 farklı odada olmak üzere üç kategoride değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Odalar L plan tipli binaların iki zıt ucunda yer alanlar olarak belirlenmiştir. Tip 1 için oda 1, konutun batısında yer alan ve güneye saydam cephe veren; oda 2 ise konutun güneyinde yer alan ve batı yönünde saydam cephe veren mekanlardır. Tip 2 evinde ise, oda 1, konutun doğusunda yer alan ve güneye saydam cephe veren; oda 2 ise konutun güneyinde yer alan, doğu ve güney yönlere saydam cephe veren mekanlardır.

3.1. Metodoloji

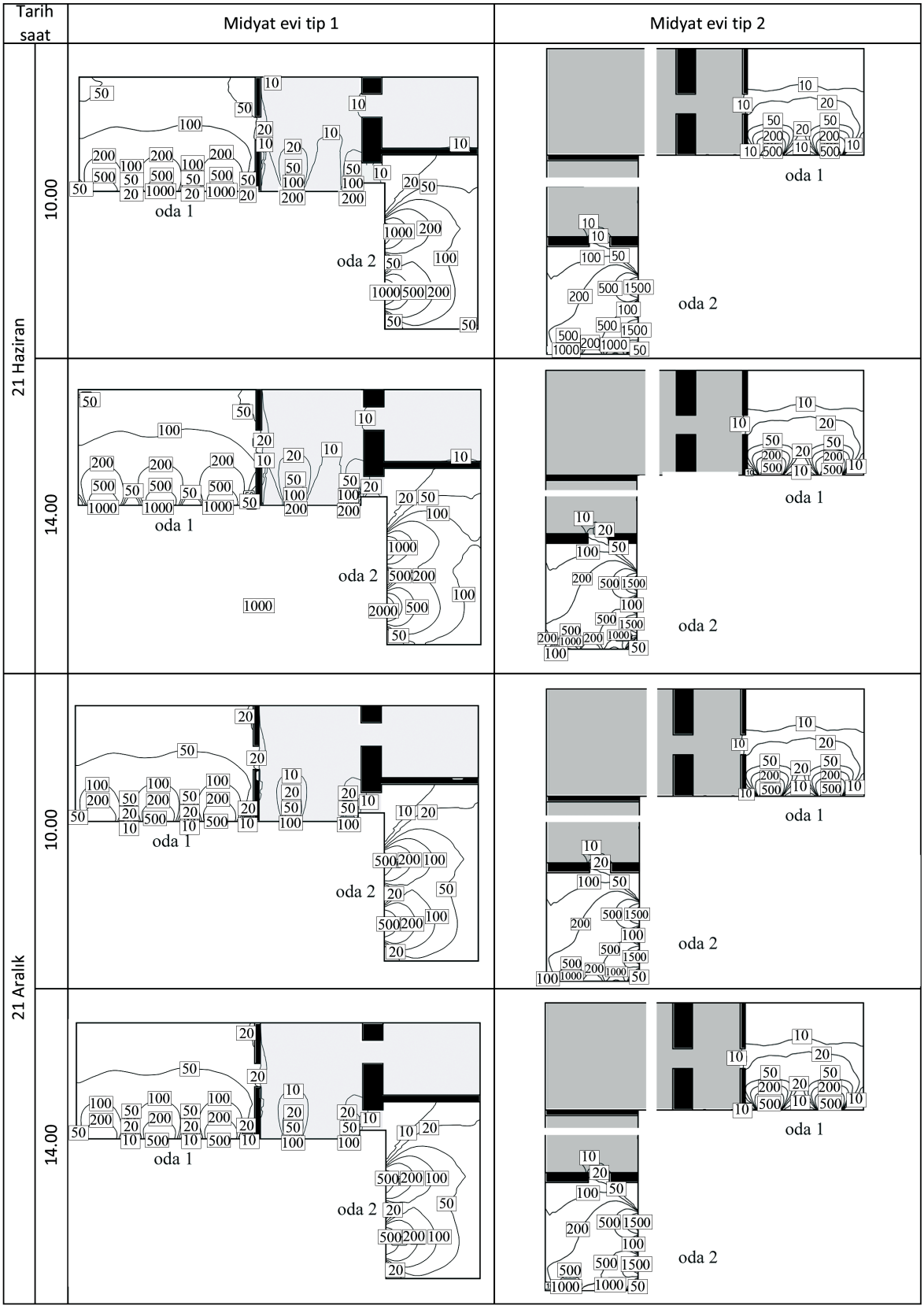
Örnek binalar Dialux Evo 5.2 programı kullanılarak modellenmiş ve günışığı hesaplamaları yerden 0.8m yükseklikte konumlanmış yatay hesap düzlemi üzerinde yapılmıştır. Geleneksel evlerde binanın temel mekanı odalardır. Yaşama, yatma, yemek yeme gibi çok amaçlı olarak kullanılan odalar üzerinde simülasyonlar yapılmıştır. Yıl içindeki değişimleri değerlendirmek için 21 Haziran ve 21 Aralık olmak üzere iki temsili tarih seçilmiştir. 21 Haziran simülasyonları için açık gök, 21 Aralık simülasyonları için ise ortalama gök modeli kullanılmıştır. Bina içine alınan günışığı miktarı ve ışık dağılımının gün içindeki değişimini değerlendirmek amacıyla temsili günlerin her biri için 10.00 ve 14.00 saatlerine ilişkin simülasyon yapılmıştır.

Çevresel etmenlerin etkisini görmek için komşu binalar mevcut konumları, yönlenmeleri, sokak genişlikleri ve bina yükseklikleri ile modellenmiştir. Sonuçlar, TS EN 12464-1'de verilen sınır aydınlık düzeyleri ve BS 8206-2'de verilen günışığı faktörü aralığına göre değerlendirilmiştir. Bu standartlara göre sürekli olarak kullanılan alanlarda sağlanması gereken minimum aydınlık düzeyi 200 lux olarak verilmiştir [**6**]. Günışığı faktörü ise, konutta mutfak için %2, yaşam alanı için %1.5 ve yatak odası için %1 değerlerini sağlamalıdır [**7**]. Yüksek günışığı faktörü, yıl içinde günışığı kullanımının yeterliliğini belirler. Ancak, %5 ve %6'nın üzerindeki değerler, yüksek değerler sebebiyle görsel konforsuzluk yazın fazla ısınma ve kışın ise ısı kaybı sonuçlarını doğurabilir. Bu sebeple günışığı faktörü konutlar için %2-%3 aralığında tutulmalıdır [**8**].

3.2. Hesaplamalar ve Sonuçları

Şekil 3'te seçilen Geleneksel Midyat Evleri'nin 1. Kat yaşam alanları için günışığı dağılım eğrileri verilmiştir. Hesap düzlemleri her iki bina tipi için de kat genelinde ve tanımlanan 2 odada alınmıştır. Tip 1 Oda 1, konutun batısında yer alan ve güneye saydam cephe veren; Oda 2 ise konutun güneyinde yer alan ve batı yönünde saydam cephe veren odalardır. Tip 2 Oda 1, konutun doğusunda yer alan ve güneye saydam cephe veren; Oda 2 ise konutun güneyinde yer alan, doğu ve güney yönlere saydam cephe veren odalardır. Pencere boyutları 0,9 m 1,8 m (h) boyutlarında olmak üzere iki konut tipinde de aynıdır. Pencere malzemesi %80 geçirgenlikte ahşap çerçeveli tek cam olarak alınmıştır.

Sonuçlara bakıldığında Tip 1 Evi'nde Haziran ve Aralık ayları saat 10.00 ve 14.00 için güneye bakan oda 1'in pencere yakınlarındaki aydınlık düzeyleri, batıya bakan Oda 2'nin değerlerinden düşüktür. Tip 2 Evi'nde ise gün ve yıl boyunca doğuya bakan Oda 2'nin pencere yakınlarındaki aydınlık düzeyleri güneye bakan cephelerin değerlerinden yüksektir. Tip 1 ve Tip 2 günışığı dağılımları karşılaştırıldığında ise, doğu yönüne cephe veren Tip 2 Evi'ndeki aydınlık düzeylerinin Tip 1 Evi'nden yüksek olduğu görülmektedir. Yaşam alanları için standartlarda verilen minimum 200 lux değerinin her iki tip için de ancak pencere yakınlarında sağlanabildiği, bina içine doğru oldukça azaldığı görülmektedir. Yalnızca Tip 2 Evi Oda 2'de bu oran oldukça artmaktadır. Bunun sebebi güney ve batı yönlerinde yer alan pencere açıklıklarıdır.



Şekil 2: Midyat Evi Tip 1 ve Tip 2 1. Katlar için günışığı dağılımının izolux değer eğrileri ile gösterimi

Çizelge 2'de seçilen Geleneksel Midyat Evleri'nin 1. katlar için ortalama, maksimum, minimum aydınlık düzeyleri ve günışığı faktörü değerleri tablosu verilmiştir. Haziran ayında öğleden önce ve öğleden sonra sonuçları iki konut tipi için de değerlendirildiğinde maksimum, minimum ve ortalama aydınlık düzeylerinin çok değişmediği ancak öğleden sonra (saat 14.00) arttığı görülmektedir. Değişimin az olmasının sebebi bina çevresindeki avlu ve teras duvarlarıdır. Aralık ayında ise, sabah saatlerindeki (saat 10.00) değerlerin öğleden sonra 14.00'te düştüğü görülmektedir.

Ortalama günışığı faktörleri kat genelinde oda bazındaki değerlerden düşüktür. Bunun sebebi, kat içinde hiç günışığı almayan odaların oluşudur. Tip 1 Evi'nde güneye cephe veren oda 1'in günışığı faktörü batı yönüne saydam cephe veren oda 2'ninkinden büyüktür. Ancak Oda 1'de görülen %0.83 değeri, standartta verilen minimum %2 değerinden düşük olduğundan yetersizdir. Tip 2 Evi'nde ise kat genelinde günışığı faktörü %0.14 iken, güney yönünde saydam cephe veren Oda 1 için % 0.31, doğu ve güney yönlerine cephe veren Oda 2 için % 1.98'dir. Buna göre, sınır değeri sağlayan tek mekan Oda 2'dir. İki konut tipinde görülen değerler göz önüne alındığında, bina bazında yaşam alanları olarak kullanılan odaların günışığı performanslarına öncelik verildiği, diğer mekanlar için ise öncelik verilmediği söylenebilir. Avlu duvarları, terasları çevreleyen duvarlar, bina hangi yönde yönlenmiş olursa olsun, günışığı performansını düşürmektedir. Sıcak iklim bölgesi geleneksel evlerinde önceliğin ısıl konfor olduğu, sonuçlara bakılarak çıkarılabilir.

Çizelge 2: Midyat Evi Tip 1 ve Tip 2 1. Katlar için ortalama, maksimum, minimum aydınlık düzeyleri (E_{av}, E_{max}, E_{min}) ve günışığı faktörü (GF) değerleri tablosu

		haziran 10.00				haziran 14.00				aralık 10.00				aralık 14.00			
		Eav (lux)	Emax (lux)	Emin (lux)	DF (%)	Eav (lux)	Emax (lux)	Emin (lux)	DF (%)	Eav (lux)	Emax (lux)	Emin (lux)	DF (%)	Eav (lux)	Emax (lux)	Emin (lux)	DF (%)
Tip 1 1. kat	ODA 1	154	787	23.7	0.83	179	914	27.6	0.83	81.2	416	12.5	0.83	68	348	10.5	0.83
	ODA 2	70.5	468	11.3	0.41	81.9	543	13.1	0.41	37.3	247	5.95	0.41	31.2	207	4.98	0.41
	KAT GENELİ	110	1802	1.03	0.39	127	2094	1.2	0.39	57.9	952	0.55	0.39	48.5	798	0.46	0.39
Tip 2 1. kat	ODA 1	55.8	660	4.41	0.31	59.5	704	4.71	0.31	30.6	362	2.42	0.31	21.1	249	1.67	0.31
	ODA 2	358	1379	33.1	1.98	381	1470	35.3	1.98	196	756	18.1	1.98	135	521	12.5	1.98
	KAT GENELİ	72.8	2108	1	0.14	77.6	2247	0.03	0.14	39.9	1155	0.1	0.14	27.5	796	0.01	0.14

4. SONUÇLAR

Geleneksel evler, insanların geçmişten günümüze getirdiği kültürel birikimin ve komşu kültürlerle etkileşiminin sonucu olarak ortaya çıkan, çevresel koşulları, toplumların yaşam biçimleri ve sosyolojik durumunu yansıtan en belirgin yapı tipleridir. Bu yapı çeşidinin mimari özellikleri; toplumun, aile yaşantısının, din ve sosyolojik faktörlerin yol açtığı alışkanlık ve ihtiyaçlarının yerleşim dokusu ve bina tasarımını nasıl şekillendirdiğini gösterir. Ayrıca, fiziki çevre etkisinin olumlu şekilde kullanıldığını göstermesi bakımından maddi kültürün etkili bir

yansıtıcısıdır. Geleneksel Türk evleri, taşıyıcı sistem, malzeme kullanımı, yerleşim dokusu, günışığı kullanımı ve tasarım parametreleri açısından yeni yapılaşmaya yol gösterici niteliktedir.

Bu çalışmada, sıcak iklim bölgesi geleneksel Türk evlerinin günışığı performansları gün ve yıl içindeki değişimleri göz önünde bulundurularak incelenmiştir, temsili olarak Geleneksel Midyat Evleri üzerinden standartlarda verilen değerlere göre karşılaştırma yapılmıştır.

Sıcak iklim bölgesi geleneksel Türk evlerinin yerleşim ve tasarım kararları iklim, topoğrafya ve kullanıcı gereksinimlerine göre şekillenmiştir. Geleneksel Midyat evlerinde görüldüğü üzere, günışığından optimum yararlanmanın yanında istenmeyen ısı kazançlarının önlenmesi de önemsenen bir konudur. Yörenin iklimsel özellikleri nedeniyle, ısıl konfor bu bağlamda günışığı ihtiyacının önüne geçmiştir. Pencereler az sayıda, küçük boyutlarda ve genellikle iç avluya bakar şekilde kullanılmıştır. Yapı içinde istenen aydınlık düzeyleri ancak pencereye yakın bölgelerde günışığıyla sağlanabilmektedir. Asıl yaşam alanı olan birinci katlarda günışığı miktarı zaten çok azken, giriş katlarında depolama, yazlık kullanım gibi fonksiyonlar için daha da az günışığı alınmaktadır. Kimi mekanlar ise hiç günışığı almamaktadır. Burada temel amaç yapı içinde fazla ısınmayı önlemektir. Güneşin gün içindeki konumu ve mekanların pencerelerinin yönelimi sabah ve öğleden sonra gerçekleşen günışığı miktarını etkilemektedir. Ancak, günışığının doğu ve batı yönlerinden direkt olarak değil, avlu duvarından yansıyarak bina içine alınması sebebiyle odalar farklı yönlere baksa da, sabah ve öğleden sonra değerleri arasında büyük farklar yoktur. Yıl içindeki değerlere bakıldığında ise, güneşin en dik açıyla geldiği Haziran ayında bile ortalama değerler çok yüksek değildir ve istenen değerler ancak pencere yakınlarında sağlanmaktadır.

Ele alınan geleneksel Midyat evlerinde sosyo-kültürel faktörlerle birlikte iklimsel koşulların mimariyi şekillendirdiği ve sonuç olarak, konfor koşullarının sağlanmasında geleneksel yaklaşımların günümüz mimarlığına yol gösterici örnekler olabileceği görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. C. Bektaş, "Halk Yapı Sanatı", Literatür Yayınları, İstanbul, (2001), pp: 55.

2. S. H. Eldem, "Türk Evi Plân Tipleri*", İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları*, İstanbul, Türkiye, (1996), pp:24.

3. M. Sözen, C. Eruzun, 'Anadolu'da Ev ve İnsan', *Emlak Bankası Yayınları*, İstanbul, (1992).

4. D. Kuban, "Türk İslam Sanatı Üzerine Denemeler", *Arkeoloji ve Sanat Yayınları*, İstanbul, (1995).

5. N. Dalkılıç, "Midyat İlçesindeki Kültürel Zenginliğin Oluşturduğu Geleneksel Mekansal Dizgenin Korunması İçin Bir Yöntem Araştırması", Gazi Üniversitesi, Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, (2004).

6. TS EN 12464, "Işık ve Aydınlatma - Çalışma Yerlerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları", Türk Standartları Enstitüsü, (2013).

7. BS 8206-2, Lighting For Buildings. Code of Practice for Daylighting, British Standards Institiution, Londra, UK, (2008).

8. P. Littlefair, Site Layout Planning For Daylight and Sunlight, Bre Press, UK, (2011).

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

USING DAYLIGHT SYSTEMS TO REDUCE ENERGY CONSUMPTION DUE TO LIGHTING: A CASE STUDY OF YAŞAR UNIVERSITY CAFETERIA

Öğr.Gör.Arzu Cılasun[a]
Yaşar Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
Bornova, İzmir

ÖZET

Yapılarda aydınlatma amacı ile harcanan elektrik enerjisi toplam enerjinin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır. Bu sebeple tasarıma günışığını dahil ederek enerji tasarrufu sağlamak ön plana çıkmaktadır. Aydınlatma tasarımcıları ve mimarlar günışığından daha fazla yararlanma görevini üstlenirken, geliştirecekleri tasarımların enerji verimliliği ile ilgili öngörülerde de bulunmalıdırlar.

Günışığının içeriye daha fazla alınması ile planlandığı gibi aydınlatma açısından enerji tasarrufu yapılırken, CO_2 salınımı azaltılıp, görsel konfor koşulları iyileştirilebilir. Buna karşılık doğru yapılmayan bir günışığı tasarımında termal konforsuzluklara neden olunup, soğutma yükü arttırılabilir ve/veya kamaşmaya sebep olunabilir. Böyle sonuçlara yol açmamak için, hangi günışığı sisteminin kullanılacağı seçilirken dikkatlice karar verilmelidir. Bu çalışma kapsamında, seçilen Yaşar Üniversitesi Kafeterya binasında çatı penceresi kullanma önerisini DIALux ve DesignBuilder simulasyon programları ile test edilmiştir. Her iki programın özellikleri kullanılarak bu önerinin yapıdaki enerji tüketimine nasıl bir etkisi olduğu değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar incelenerek örnek yapıda önerilen çatı penceresinin kullanımının enerji tüketimi açısından yarattığı değişim tartışılmıştır.

Anahtar sözcükler: Çatı penceresi, DesignBuilder, DIALux, Günışığı, Enerji Tüketimi

ABSTRACT

The share of electrical energy consumption for lighting in buildings is about 40% within the total consumption. Daylight integrated lighting solutions can significantly reduce energy consumptions. Lighting designers and architects are in charge of benefitting from daylight, so that they have to take some precautions and consider daylight in design period.

Increasing daylight penetration may significantly save energy, reduce CO_2 emissions, improve visual comfort and enhance the quality of the indoor environment. On the other hand if not properly designed, this may turn the tides by increasing cooling loads, affect thermal comfort or causing glare. Therefore, deciding on which daylight system to use is a very important issue. In this study skylight's impact on a case study will be analyzed using two softwares; DesignBuilder and DIALux. These softwares are capable of simulating and evaluating skylights systems in energy savings both in terms of lighting and thermal comfort.

In order to see how using skylight effects energy consumption, Yaşar University's cafeteria building has been evaluated as a case study. The gathered simulations (by using DesignBuilder and DIALux) have been analyzed. At the end of the study, the effectiveness of the proposed skylight system was discussed by looking at the energy consumption results.

Key words: Skylight, DesignBuilder, DIALux, Daylight, Energy Consumption

[a] e-posta adresi: arzu.cilasun@yasar.edu.tr

1.INTRODUCTION

There has been a growing sense on global warming and climate change. Buildings happen to be a very big contributor to global warming with the high level of energy consumption. Buildings approximately consume 40% of the energy globally(1). Due to that reason, some precautions should be taken in building scale to reduce energy consumption and minimize negative impacts of climate change.

At the end of the 19th century initiated a new era for architecture, where electric lighting became a crucial component for spatial quality (2). Since the invention of electricity, lighting is one of the biggest energy consumption sources of buildings. Lighting energy consumption is around 20% of the total energy consumption in buildings, which is quite significant (3).

"Daylighting (defined as the planned use of daylight to offset electric lighting needs) has a vast potential to offset energy use in buildings"(4). When one thinks, sunlight's average intensity is between 50000-100000 lux whereas humans require 200-1000lux to perform most visual tasks with accuracy; therefore, daylight is a very important issue. If one can redirect only %1 of outdoor flux to indoor, it will be sufficient for visual comfort (4). So integrating daylight design to building interiors has a potential to enhance visual quality while providing energy savings(5).

The design objectives of the daylighting systems were to maximize daylight efficacy and redirection per unit glazing area and to increase the uniformity of the distributed daylight within the interior year round. The introduction of daylight to building interiors has the potential to enhance the quality of the indoor environment and also provide opportunities to save energy and reduce greenhouse gas production. However, improper usage of daylighting may cause visual and thermal comfort problems to overcome, thus negate the benefits of electric lighting energy reduction(5). For instance, direct solar penetration can be bothering for specific time of the day/year. Excessive heat may increase cooling energy consumption while ruining visual comfort as a result of glare. Therefore, energy consumption analysis has to be done and decisions have to be made in several counts.

Another problem of daylight can be associated with the distribution of the admitted daylight flux. Generally sidelighting windows with low visible transmission glazing have been used. Though through sidelighting significant amount of daylight can be penetrate, visual discomfort may be caused as a result of bright window pane. "direct sun and harsh luminance contrasts are the source of major complaints of occupants"(4). Spreading daylight evenly through the space and obtain visual comfort through daylight is not easy. Therefore, additional daylight systems such as; skylight, light pipe systems, mirror sunlighting systems can be used to overcome this problem(6). However, to assure that the proposed system works good with the building, analysis and comparisons have to be done in advance.

In order to analyze planned daylight interventions to reduce energy consumptions of buildings, existing simulation tools and energy modeling programs can be used. Advanced lighting simulation tools can be used to see how light behaves in a building. These tools play an effective role in daylighting projects thus contribute to create energy efficient buildings. They help to

overcome the challenges of sky modelling, time complexity of software towards real time control applications, validation and energy simulation.

In the scope of this study, Yaşar University Cafeteria (YUC) was chosen to be improved in terms of lighting energy consumption. During 2013-2014 Fall semester, Yasar University INAR 350 Lighting Design course evaluated this case building for improving visual comfort. A skylight design was proposed to improve visual comfort while reducing energy consumption. The proposal was evaluated using two software. DesignBuilder was used for simulating internal gains, fuel breakdowns and CO_2 emissions. Since lighting evaluation is not very comprehensive in DesignBuilder, illuminance levels were calculated in DIALux (which is one of the most outstanding lighting software in the market). This paper presents the results of the simulations and illustrates the change in energy consumptions due to the proposed skylight usage.

2. METHODOLOGY

This study investigates a skylight strategy in Yasar University Cafeteria (YUC) building which is an unofficial workshop area for students. YUC building is located in Yaşar University Selçuk Yaşar Campus in İzmir, Turkey. It's a two storey steel constructed building with a mezzanine and flat roof (Image 1). Building has five west facing windows each having a dimension of (3*5 m) with metal frames (**Table 1**).

Occupants of YUC were complaining about the low illuminance levels on the wall side of mezzanine during lunch time. In order to solve these problem, during the workhours all of the artificial luminaires are being actively used. YUC is occupied in weekdays from 08:30-18:00. Though it serves 9.5 hours a day, primarily heavy-occupied time interval is between 12:00-13:30. Therefore any dissatisfaction of visual/thermal comfort during those rush hours can be pretty disturbing.

Table 1 Yaşar University's Cafeteria building properties

YASAR UNIVERSITY CAFETERIA		
Length		13.5m
Width		34.5m
Height of the ground floor		4m
Height of the mezzanine		3m
Construction technique		steel
Window	Length/ Width	3X5m
	Alignment	west
	Frames	metal
	Glazing	Double glazing
Roof		Flat roof
Artificial lighting		54x 32w pendant luminaire

Though window area is quite adequate for daylight penetration on the ground floor (Image 2), on the mezzanine, especially at the wall side of mezzanine, daylight penetration is not enough because “conventional windows can provide daylight some 5 m into a building” (7). Since daylight levels decrease asymptotically with distance from the window, in order to obtain visual comfort on wall side of mezzanine a modification was a must (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**). To overcome this problem, the initial aim was to obtain visual comfort by means of passive daylight systems. Since the building has only one facade which is facing west, and during the rush hours, sun is on its highest position, using skylights was considered.



Image 1 Exterior of YUC

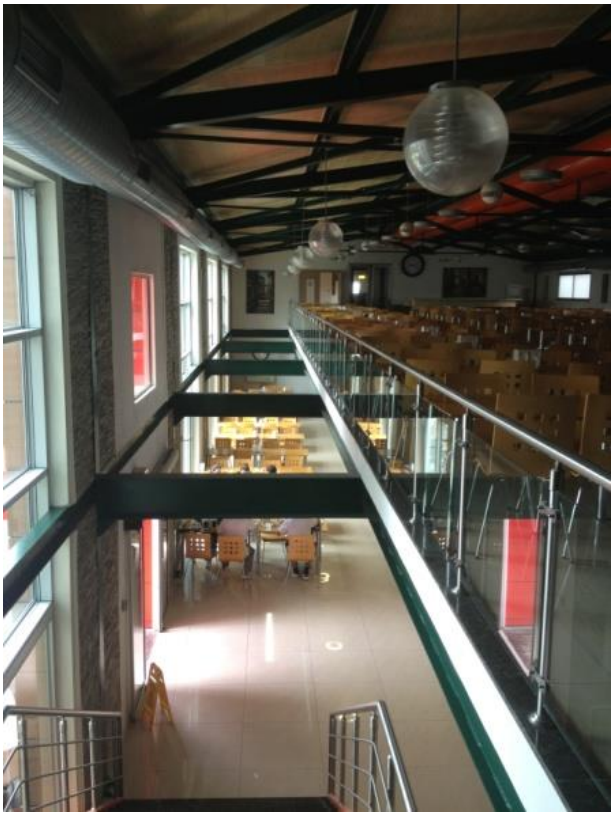


Image 2 Interior of YUC



Image 3 Interior of mezzanine floor

As a design suggestion, skylight usage was proposed to increase the illuminance levels in the deeper parts of the space. Skylights are frequently used in underroof spaces where windows in vertical walls are not sufficient for daylighting. The skylight does not require difficult improvements and complicated constructions in a load-bearing structure of a roof and it does not change significantly architectural view of buildings, which is important for renovation and reconstruction of historical buildings (8). Since YUC building is a renovated historic building, proposing skylights to improve daylight penetration was found to be proper for this specific case study.

Proposal consists of adding three skylights (1x3m) to the existing cafeteria. The general rule of thumb for distances between the skylights is to place skylights at 1.0 to 1.5 times ceiling height (center- to-center in both directions)(Image 4). Therefore, in order to have uniformly distributed daylight inside, this general rule was obeyed and skylights were placed with 4.5 m distance (9).

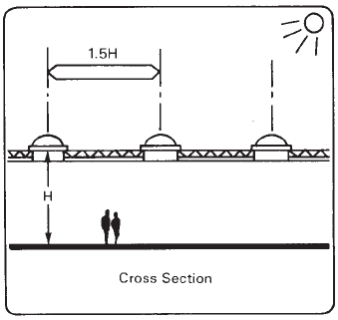


Image 4 General rule of thumb for skylight spacing (9)

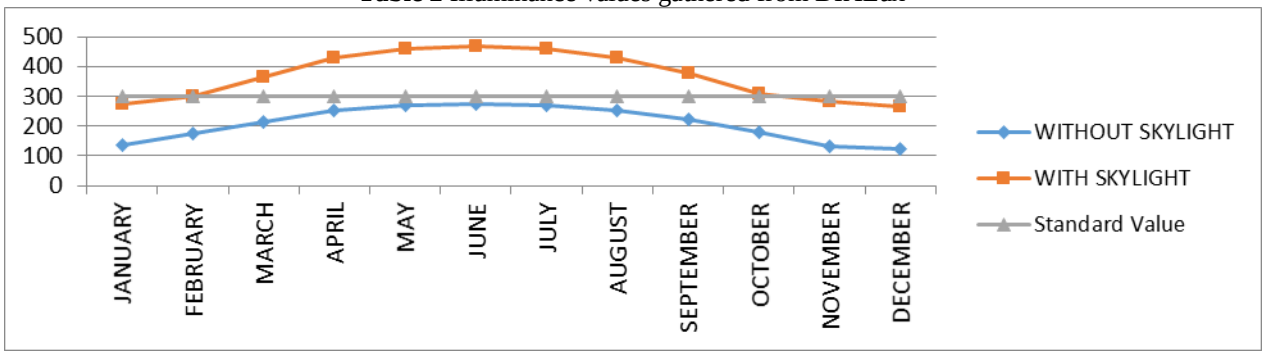
This study involves comparison of the illuminance levels, internal gains, fuel breakdown and CO_2 emissions of the YUC before and after the skylight implementation. As a result of these calculations and evaluations, this study will underline the proposed skylights effect to buildings' energy consumption.

YUC was modelled in DesignBuilder and results gathered for lighting, internal gains, fuel breakdown and CO_2 emissions. Simulations were done for a year period, for overcast sky, using Design Builder's default schedule for non-residential education buildings- Eat/drink facilities which is parallel to the YUC. For lighting calculations, daylight scenes for each month were constituted in DIALux. In both of the programs calculation hour was fixed as 13:00 since it is the most occupied time of the day for YUC.

3. RESULTS

3.1. Illuminance levels from DIALux

Table 2 Illuminance values gathered from DIALux



When the output results of DesignBuilder and DIALux are analyzed, it is seen that using the proposed skylights has increased illuminance levels of YUC. Illuminance levels on the workplane show significant increase (average 58%) in deeper parts of the mezzanine (Table 2).

3.2. Internal gains of without and with skylight

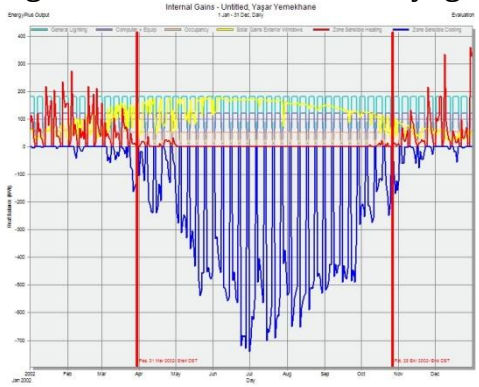


Image 5 Internal gains without skylight

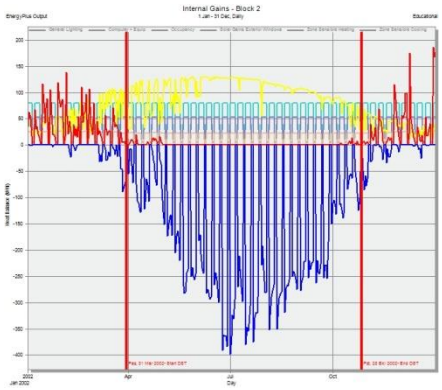


Image 6 Internal gains with skylight

As it is seen on Image 5 and 6, adding skylight to YUC, solved illuminance problem but in the meantime, increased heat gains due to the increased glazing area.

3.3. Fuel breakdown of without and with skylight

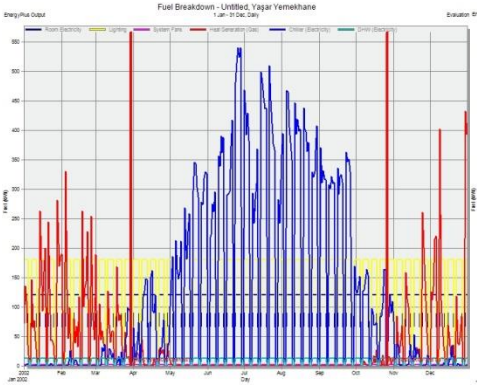


Image 7 Fuel breakdown without skylight

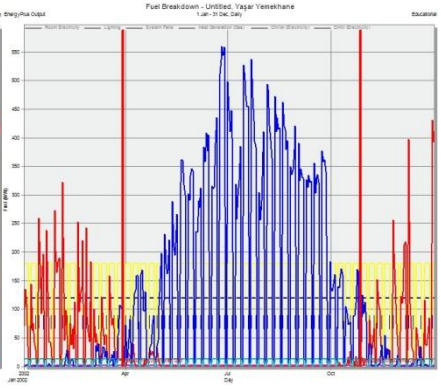


Image 8 Fuel breakdown with skylight

Additional heat gains resulted with increase of cooling loads of the YUC with skylight. Though fuel breakdown increase is not big, yet it is more significant on summer times compared to other seasons.

3.4. CO_2 production of without and with skylight

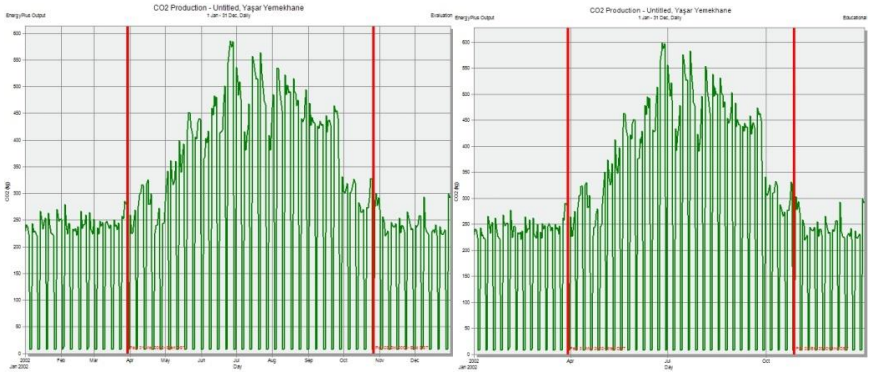


Image 9 CO2 production without skylight **Image 10** CO2 production without skylight

CO_2 emission of the model with skylight is greater on June, July and August compared to the one without (Image 9&10). It's again related with the increase of cooling loads due to the heat gains.

4. DISCUSSION

When proposed skylights added to YUC, illuminance levels on the workplane increased significantly. European Standard EN 15193-4 suggests that for cafeterias, 300 lux have to obtain, and after the modification this level can be obtained and even exceeds for some months (10).

Though using the proposed skylight might reduce energy consumption due to lighting, since energy consumption is not only limited with lighting loads, total energy consumption of the space has to be considered. As it is seen on the Table 3 below, after implementation of skylight, total energy consumption of the building had increased.

Table 3 Total energy consumption of the YUC

Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Without skylight	163458.61	218.16
With Skylight	166932.25	222.80

As it is seen on Table 4, increase of total energy consumption is approximately %1 which can be neglected in order to obtain visual comfort. Besides this increase can actually be prevented when artificial lighting system is dimmed or turned off whenever daylight penetration is enough.

Table 4 Detailed energy consumption comparison of YUC

	WITHOUT SKYLIGHT		WITH SKYLIGHT	
Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	163458.61	218.16	166932.25	222.80
Net Site Energy	163458.61	218.16	166932.25	222.80
Total Source Energy	373661.49	498.71	376690.06	502.75
Net Source Energy	373661.49	498.71	376690.06	502.75

As a conclusion, to solve lighting related problems with daylighting systems, analyzing only lighting consumption or visual comfort of the building may be misleading. Though lighting is one of the biggest contributors to energy consumption of buildings, cooling/ventilation loads are also important contributors. Achieving indoor environmental comfort should be taken as a whole design approach. With regard to these results, skylight proposal in the given dimensions and conditions do not ensure energy savings, instead there is a slight increase in terms of total energy consumption. The main aim of this study was to show students that, though the intention of some interventions are sustainable result may not be that sustainable. Unfortunately there is no rule of thumb for all buildings to provide energy savings while increasing indoor environmental comfort. Every intervention to the building should be well analyzed in terms of all building physics issues, and total energy consumption must be considered before taking an action.

REFERENCES

1. Yun GY, Kong HJ, Kim H, Kim JT. A field survey of visual comfort and lighting energy consumption in open plan offices. Energy Build [Internet]. Elsevier B.V.; 2012 Mar [cited 2013 Oct 20];46:146–51. Available from: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378778811004981

2. Kutlu GH. AN EVALUATION METHODOLOGY FOR ASSESSING ARTIFICIAL LIGHTING QUALITY IN ARCHITECTURE : THE CASE OF APIKAM A Thesis Submitted to in Architecture by. Izmir Institute of Technology; 2007.

3. Shen E, Hu J, Patel M. Energy and visual comfort analysis of lighting and daylight control strategies. Build Environ [Internet]. Elsevier Ltd; 2014;78:155–70. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.04.028

4. Selkowitz SE, Berkeley L, Lau H, Ander GD, Edison SC. Demonstration of a Light-Redirecting Skylight System at the Palm Springs Chamber of Commerce. In: Palm Springs Chamber of Commerce. 1995. p. 229–40.

5. Yoon YJ, Moeck M, Mistrick RG, Bahnfleth WP. How Much Energy Do Different Toplighting Strategies Save ? J Archit Eng. 2008;(December):101–11.

6. Kim JT, Kim G. Overview and new developments in optical daylighting systems for building a healthy indoor

environment. Build Environ [Internet]. Elsevier Ltd; 2010 Feb [cited 2013 Oct 20];45(2):256–69. Available from: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132309002315

7. Mayhoub MS, Carter DJ. The costs and benefits of using daylight guidance to light office buildings. Build Environ [Internet]. Elsevier Ltd; 2011 Mar [cited 2013 May 26];46(3):698–710. Available from: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132310002921

8. Mohelnikova J. Daylighting and Energy Savings with Tubular Light Guides. 2008;4(3).

9. Wymelenberg K Van Den. Daylighting Tour. Denver; 2014.

10. CEN/TC169. EN 15193 : Energy performance of buildings — Energy requirements for lighting Contents. 2006.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

AYDINLATMA SİSTEMİ PERFORMANSININ ANALİZİNE İLİŞKİN BİR ÖRNEK ÇALIŞMA

Araş. Gör. Y. Mim. Seda Kaçel[a]
Prof. Dr. Alpin Köknel Yener[b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Aydınlatma sistemi performansı hakkında kullanıcı değerlendirmelerini inceleyen çalışmalar aracılığıyla aydınlatma sistemi hakkında kullanıcı memnuniyetinin ve deneyimlerinin öğrenilmesi mümkündür. Bu çalışmalar, bir sonraki aşama olarak sistemin analiz edilmesi ve önerilerin geliştirilmesi açısından önemlidir. Daha önceden aydınlatma sistemi hakkında kullanıcı deneyimlerinin öğrenilmesini amaçlayan bir çalışmayı takiben, bu bildiri kapsamında üzerinde çalışılan örnek binanın aydınlatma sistemi performansı analiz edilmiştir. Bu analiz kapsamında, doğal aydınlatma sistemi ve yapma aydınlatma sistemi incelenmiştir. Her bir sistem için ilgili tasarım parametreleri belirlenmiş, farklı senaryolar geliştirilmiş ve aydınlatma hesaplama aracı Dialux kullanılarak senaryolar karşılaştırılmıştır. Hem doğal aydınlatma sistemi, hem de yapma aydınlatma sistemi için farklı senaryoların oluşturduğu farklı etkiler gözlenmiştir. Bu şekilde gerçekleştirilebilecek analiz çalışmaları ile, çalışılan hacim için en uygun aydınlatma sistemi tasarım çözümü elde edilebilir.

Anahtar sözcükler: Aydınlatma sistemi performansı, doğal aydınlatma sistemi, yapma aydınlatma sistemi

ABSTRACT

Through the studies that obtain information about the user experience on lighting system performance, user satisfaction is obtained. These studies are significant in order to analyze the system as a later stage and make recommendations. Following a study having focused on user experience on lighting system, the lighting system of the case study building has been analyzed within this paper. In this analysis, the natural lighting system and artificial lighting system has been examined. The design parameters for each system has been determined, different scenarios have been created and these scenarios have been compared using lighting calculation software Dialux. It has been observed that the scenarios created for both the natural lighting system and the artificial lighting system have had different impacts on the related systems. Through this kind of analysis studies, the most suitable lighting system design solution can be obtained for the analyzed space.

Key words: Lighting system performance, natural lighting system, artificial lighting system

[a] e-posta adresi: kacel@itu.edu.tr
[b] e-posta adresi: yener@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

Aydınlatma sistemi performansı ile ilgili olarak kullanıcı değerlendirmeleri hakkında bilgi elde eden çalışmalar, öncelikle sistem hakkında kullanıcı memnuniyetinin öğrenilmesi açısından önemlidir. Kullanıcı deneyimi ile ilgili bilgilerin elde edilmesi, sonraki aşamalarda aydınlatma sisteminin performansının analiz edilmesi ve olumlu ile olumsuz noktaların belirlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Literatürde bu kapsamdaki çalışmalar; doğal aydınlatma sistemi, yapma aydınlatma sistemi ve aydınlatma kontrol sistemleri üzerinde kullanıcı memnuniyetinin öğrenebileceğinin altını çizmektedir. Bu şekildeki bir değerlendirme çalışması ile yukarıda belirtilen aydınlatma sistemlerine ait sorunlu noktalar belirlenebilmekte ve uygun tasarım çözümleri üzerinde çalışılabilmektedir [**1**].

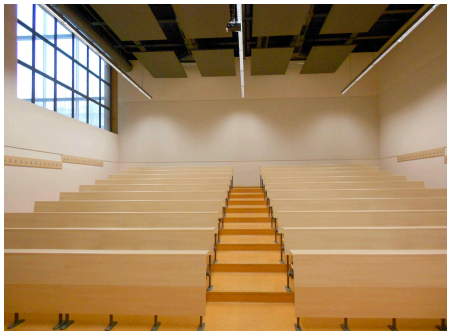
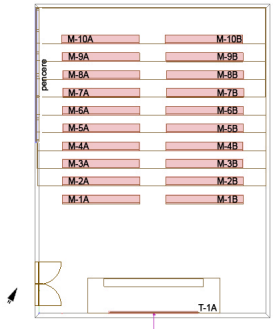
Bildiri kapsamında, aydınlatma sistemi hakkında kullanıcı deneyimlerinin öğrenilmesini amaçlayan önceki bir çalışmayı takiben üzerinde çalışılan örnek binanın aydınlatma sistemi performansının analiz edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç kapsamında, doğal aydınlatma sistemi ve yapma aydınlatma sistemi incelenmiştir. Çalışma yöntemi olarak, literatürde yer alan aydınlatma sistemi tasarım parametreleri arasından her bir sistem için parametreler belirlenmiş ve parametreler ile ilgili senaryolar geliştirilmiştir. Aydınlatma hesaplama aracı Dialux kullanılarak, proje bilgileri ile her bir senaryo için belirlenen çalışma düzlemleri üzerindeki aydınlık düzeyleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu, parametrelerin ilgili hacimdeki çalışma düzlemleri üzerinde oluşturduğu farklı etkiler gözlemlenmiştir.

2. ÖRNEK ÇALIŞMANIN TANITILMASI

Örnek çalışma olarak, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Ayazağa Kampüsü'nde yer alan (Maslak, İstanbul) Merkezi Derslik Binası ele alınmıştır. Mart 2015'te gerçekleştirilen bir çalışma ile, binada bulunan dersliklerin mevcut aydınlatma sistemleri hakkında öğrencilerin değerlendirmeleri öğrenilmiştir. Önceki bu çalışmada, amfi tipi dersliklerde öğrencilere görsel çevre ile ilgili genel izlenimleri sorulduğunda yarısından çoğu amfileri aydınlık olarak değerlendirmiştir. Öğrencilerin, pencerelerden giren ışık miktarının az olması ve tahta aydınlatmasının arttırılabileceği yönünde genel değerlendirmeleri olmuştur [**2**].

Önceki çalışmada yer alan değerlendirmelerden yola çıkarak, seçilen amfide aydınlatma sistemlerinin performansı analiz edilmiştir (**Şekil 1a**). Mekanın genişliği 10.28m, derinliği 13.72m ve yüksekliği 7.03m'dir. Aydınlatma sisteminin performansının, bu çalışmada yer alan parametreler açısından değerlendirilmesi, amfi tipi derslik hacminde çalışma düzlemleri üzerindeki aydınlık düzeylerinin hesaplanması ile yapılmıştır. Çalışma düzlemleri olarak, öğrenci masaları üzerine yatay hesap yüzeyleri ve tahta üzerine düşey hesap yüzeyi atanarak değerlendirme çalışması yapılmıştır (**Şekil 1b**).

Çalışma düzlemleri üzerinde aydınlık düzeyleri hesaplamaları Dialux yazılımı ile yapılmıştır. Doğal aydınlatma sistemi hesaplamaları, 23 Mart tarihinde saat 12.00 için yapılmıştır. Hesaplamalarda Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) Ortalama Gök Modeli kullanılarak yapılmıştır.


(a)


(b)

Şekil 1: Amfi tipi derslik görseli (a) ve çalışma düzlemlerinin Dialux yazılımından elde edilen plan üzerinde gösterimi (b) [yazar tarafından].

3. AYDINLATMA SİSTEMİ TASARIM PARAMETRELERİ VE ÖRNEK ÇALIŞMA

Yapma çevrede bulunan bir hacimde görsel konfor koşullarının sağlanmasında rol oynayan tasarım parametreleri "*göğün parıltı dağılımı ve aydınlığı; güneşin durumu, parıltı ve aydınlık etkisi, yer örtüsünün ışık yansıtma özelliği, dış engellerin (doğal-yapma) boyutları, konumları ve ışık yansıtma özellikleri; pencerelerin baktığı yön; pencerelerin boyutları, biçimleri ve yerleştiriliş düzenleri (konumları); pencerelerin ışık geçirme özellikleri; hacim boyutları; iç yüzeylerin ışık yansıtma özellikleri; yapma ışık kaynaklarının nitesel ve nicesel özellikleri; yapma aydınlatma aygıtlarının nitesel ve nicesel özellikleri; yapma ışık kaynak veya aygıtlarının yerleştiriliş düzeni (ikinci ve üçüncü boyutlarda); yapma aydınlatma araçlarının donatım ve kontrol sistemi*" olarak belirtilmektedir [**3**].

3.1. Örnek Çalışmada Ele Alınan Tasarım Parametreleri

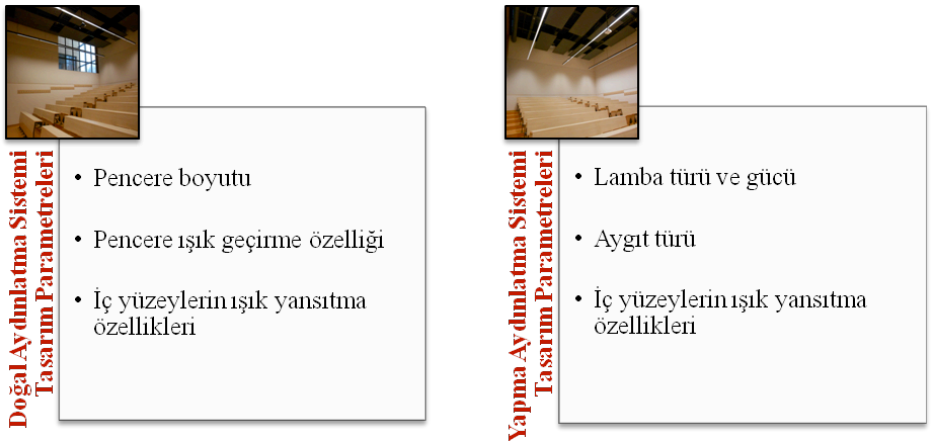
Örnek çalışma kapsamında ilgili literatürde belirtilen tasarım parametreleri arasından doğal aydınlatma sistemi ve yapma aydınlatma sisteminin performansı ile ilişkili olan tasarım parametreleri, herbir sistem için üçer adet olmak üzere seçilmiştir. Seçilen tasarım parametrelerinin, doğal aydınlatma ve yapma aydınlatma sistemlerinin performansları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Doğal aydınlatma sistemi ile ilgili tasarım parametreleri olarak pencere boyutu, pencere ışık geçirme özelliği ve iç yüzeylerin ışık yansıtma özellikleri ve yapma aydınlatma sistemi ile ilgili tasarım parametreleri olarak lamba türü ve gücü, aygıt türü ve iç yüzeylerin ışık yansıtma özellikleri ele alınmıştır (**Çizelge 1**).

Örnek çalışma kapsamında ele alınan amfi tipi derslikte yer alan bir adet yanal pencere boyutuna ait proje bilgisi olarak pencere genişliği 6.00m ve pencere yüksekliği 4.00m'dir. Pencere camının ışık geçirme katsayısı, projede kullanılan cama ait üretici katalog bilgisinden yola çıkılarak %71 olarak ele alınmıştır. Yapma aydınlatma sistemi proje bilgisi, 58W flüoresan lamba içeren direkt aygıtı içermektedir. Üretici katalog bilgisinden yola çıkılarak, hesaplamalarda 58W gücünde ve 5240lm ışık akısına sahip flüoresan lambalı direkt aygıt değerlendirilmiştir. İç yüzeylerin ışık yansıtma katsayıları, derslikte tespit edilen malzeme renklerinden yola çıkılarak (tavan: koyu renk boyalı trapez sac, duvar: açık renk sıva ile boya, döşeme: orta koyu renkli vinyl kaplama) tavan için %20, duvarlar için %73 ve döşeme için %46 olarak ele alınmıştır. Amfi tipi derslik için

yapılan bu çalışmada, tasarım parametrelerinin aydınlatma sisteminin performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla doğal aydınlatma sistemi ve yapma aydınlatma sistemi için değerlendirme matrisleri oluşturulmuştur. Herbir matris, parametrelerin değiştirilmesi ile dört farklı senaryo içermektedir. Çizelgelerde; gri alanlar proje bilgilerini, taralı alanlar ilgili senaryoda yapılan değişiklikleri ifade etmektedir:

- **Doğal aydınlatma sistemi değerlendirme matrisi (Çizelge 2)**
  DA-1 senaryosu: Pencere boyutu 8m (genişlik) x 3m (yükseklik)
  DA-2 senaryosu: Pencere camı ışık geçirme katsayısı %79
  DA-3 senaryosu: Tavanın ışık yansıtma katsayısı %80
  DA-4 senaryosu: Yukarıda yer alan üç parametrenin eş zamanlı değişimi olacak şekilde oluşturulmuştur.
- **Yapma aydınlatma sistemi değerlendirme matrisi (Çizelge 3)**
  YA-1 senaryosu: Lamba türü ve gücü olarak 40W LED içeren 4200lm ışık akısına sahip aygıt
  YA-2 senaryosu: Aygıt türü direkt ve endirekt
  YA-3 senaryosu: Tavanın ışık yansıtma katsayısı %80
  YA-4 senaryosu: Yukarıda yer alan üç parametrenin eş zamanlı değişimi olacak şekilde oluşturulmuştur.

Çizelge 1: Örnek çalışmada ele alınan doğal aydınlatma sistemi ve yapma aydınlatma sistemi tasarım parametreleri



Çizelge 2: Çalışmada kullanılan doğal aydınlatma sistemi tasarım parametreleri değerlendirme matrisi

Doğal Aydınlatma	Pencere boyutu (metre)				Pencere camı ışık geçirme katsayısı (%)		İç yüzey ışık yansıtma katsayıları (%)			
	Genişlik		Yükseklik				Tavan		Duvar	Döşeme
	6m	8m	3m	4m	%71	%79	%20	%80	%73	%46
Proje										
DA-1										
DA-2										
DA-3										
DA-4										

Çizelge 3: Çalışmada kullanılan yapma aydınlatma sistemi tasarım parametreleri değerlendirme matrisi

Yapma Aydınlatma	Lamba türü ve gücü		Aygıt türü		İç yüzey ışık yansıtma katsayıları (%)			
	58W Flüoresan	40W LED	Direkt	Direkt + Endirekt	Tavan		Duvar	Döşeme
					%20	%80	%73	%46
Proje	■		■		■		■	■
YA-1		▨	■		■		■	■
YA-2	■			▨	■		■	■
YA-3	■		■			▨	■	■
YA-4		▨		▨		▨	■	■

4. DOĞAL AYDINLATMA SİSTEMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doğal aydınlatma sistemi performansının değerlendirilmesinde, amfi tipi derslik hacminde bulunan çalışma düzlemleri üzerindeki minimum (E_{min}), ortalama (E_{ort}) ve maksimum (E_{max}) aydınlık düzeyleri değerlendirilmiştir (**Çizelge 4**). Çalışma düzlemini ifade eden hesap yüzeyleri olarak, masa üzeri hesap yüzeyi ve tahta üzeri hesap yüzeyi ele alınmıştır.

4.1. Masa Üzeri Hesap Yüzeyi

Proje olarak adlandırılan proje bilgilerinin değerlendirmesinde, yanal pencere tarafında bulunan masaların üzerindeki ortalama aydınlık düzeylerinin (A ile ifade edilen hesap yüzeyleri), pencerenin karşı duvarı tarafındaki masaların üzerindeki aydınlık düzeylerinden (B ile ifade edilen hesap yüzeyleri) daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, pencerenin masaların üzerindeki aydınlık düzeyine olan katkısını göstermektedir. Amfinin orta bölümünden üst kotlara doğru pencere tarafındaki masa üzeri ortalama aydınlık düzeyleri (*M-5A* hesap yüzeyinden itibaren), yetişkin eğitimi yapılan ve amfi özelliği taşıyan derslik hacimlerinde görsel konforun sağlanması için TS EN 12464-1 standardında belirtilen ve alt sınır değeri olan 500 lux değerini sağlamaktadır [**4**]. Pencerenin karşı duvarı tarafındaki masaların üzerinde standartta belirtilen alt sınır değeri sağlanamamaktadır.

Pencere boyutunun değişimini değerlendiren *DA-1* senaryosunda, pencere genişliğinin mekanın orta noktalarına gelecek şekilde artması ile hem pencere tarafında, hem de pencerenin karşı duvarı tarafındaki masa üzerlerinde aydınlık değerleri artmıştır, pencere tarafındaki masaların üzerinde ortalama aydınlık düzeyleri *M-4A*'dan itibaren 500 lux değerini sağlamaktadır. *DA-2* senaryosu pencere camı ışık geçirme katsayısının arttırılması ile ilgilidir ve *Proje* değerlendirmesine göre aydınlık düzeylerinin arttırılması açısından amfinin orta bölümünden üst kotlara doğru (pencere tarafındaki masalar için *M-5A* ve pencere karşı duvarı tarafındaki masalar için *M-6B* hesap yüzeylerinden itibaren) *DA-1* senaryosuna göre daha etkili olmuştur. Tavanın iç yüzey ışık yansıtma katsayısını ele alan *DA-3* senaryosu, aydınlık düzeylerinin artması açısından *DA-1* senaryosu ile benzer özellikler göstermiştir. Pencere boyutu, ışık geçirme katsayısı ve tavan iç yüzey ışık yansıtma katsayısını eş zamanlı olarak değiştiren ve değerlendiren *DA-4*

senaryosunun, aydınlık düzeyleri üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu görülmüştür. Pencere tarafındaki masaların üzerinde ortalama aydınlık düzeyleri, *M-2A* hesap yüzeyi üzerinde 577 lux (E_{ort}) olarak hesaplanmış ve bu noktadan itibaren üst kotlara doğru artmıştır. Pencere karşı tarafındaki masalarda ortalama aydınlık düzeyi 500 lux değerini sağlayamamıştır. *M-6B* hesap yüzeyi üzerinde maksimum aydınlık düzeyi 542 lux (E_{max}) olarak hesaplanmıştır ve bu hesap yüzeyinden üst kotlara doğru artmıştır.

Tüm masa yüzeyleri değerlendirildiği zaman, *Proje* değerlendirmesinde ortalama aydınlık düzeyi 427 lux (E_{ort}) olarak hesaplanmıştır; alt sınır değeri olan 500 lux'ü sağlayan senaryolarda *DA-1* ile 510 lux (E_{ort}), *DA-2* ile 529 lux (E_{ort}) ve *DA-4* ile 728 lux (E_{ort}) hesaplanmıştır.

4.2. Tahta Üzeri Hesap Yüzeyi

Tahta üzeri aydınlık düzeyleri değerlendirildiği zaman (*T-1A*), *DA-1* senaryosundan başlayarak her bir senaryonun giderek tahta üzerindeki aydınlık düzeylerini arttırdığı görülmektedir. En fazla etki olarak, *DA-4* senaryosunda ortalama aydınlık düzeyi 183 lux (E_{ort}) olarak hesaplanmıştır. Tahta yüzeyleri için TS EN 12464-1 standardında 500 lux olarak belirtilen alt sınır değeri sağlanamamıştır.

5. YAPMA AYDINLATMA SİSTEMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapma aydınlatma sisteminin değerlendirilmesi, doğal aydınlatma sistemi performansının değerlendirmesinde olduğu gibi masa üzeri hesap yüzeyi ve tahta üzeri hesap yüzeyi üzerindeki minimum (E_{min}), ortalama (E_{ort}) ve maksimum (E_{max}) aydınlık düzeyleri hesaplanarak yapılmıştır (**Çizelge 5**).

5.1. Masa Üzeri Hesap Yüzeyi

Proje olarak adlandırılan proje bilgilerinin değerlendirmesinde, masaların üzerinde hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi değerlerinin büyük çoğunluğunun TS EN 12464-1 standardında 500 lux olarak belirtilen alt sınır değerini sağladığı görülmektedir.

Lamba türü ve gücünün 40W LED olarak değiştirildiği *YA-1* senaryosunda, *Proje* değerlendirmesine göre tüm masa üzeri ortalama aydınlık düzeyleri artmış ve alt sınır değeri 500 lux'ü sağlar hale gelmiştir. *Proje* değerlendirmesinde *M-1A* hesap yüzeyi üzerinde 631 lux (E_{ort}) olan ortalama aydınlık düzeyi *YA-1* senaryosunda 788 lux (E_{ort}) olarak hesaplanmıştır. *YA-2* senaryosu, direkt ve endirekt aygıtın yapma aydınlatma sisteminin performansı üzerindeki etkisini değerlendirmektedir. Koyu renkli ve % 20 yansıtıcılığa sahip tavana yansıyan ışık nedeniyle, aygıttan masa üzerlerine gelen ışık miktarı azalmıştır. Bu durum, masa üzeri aydınlık düzeylerinin *Proje* değerlendirmesine göre azalmasına neden olmuştur ve 500 lux değerini sağlayan masa adedi oldukça azalmıştır. Tavan iç yüzey ışık yansıtma katsayısını %80'e arttıran *YA-3* senaryosu, *YA-1* senaryosuna göre daha az etkiye sahip olmakla birlikte *Proje* değerlendirmesine göre masa üzeri aydınlık düzeyi değerlerinin artmasına neden olmuştur. Tüm masalar alt sınır değeri 500 lux'ü sağlar hale gelmiştir. Lamba türü ile gücü, aygıt tipi ve tavan iç yüzey ışık yansıtma katsayısı parametrelerinin eş zamanlı değişimini değerlendiren *YA-4* senaryosunda, Proje değerlendirmesine göre aydınlık düzeyleri yükselmiş fakat *YA-1* ve *YA-3*

senaryolarına göre daha az etkili olmuştur. Bir adet masa üzeri hesap yüzeyi haricinde alt sınır değeri olan 500 lux sağlanmıştır.

Tüm masa yüzeyleri değerlendirildiği zaman, Proje değerlendirmesinde ortalama aydınlık düzeyi 618 lux (E_{ort}) olarak hesaplanmıştır; alt sınır değeri olan 500 lux'ü sağlayan senaryolarda *YA-1* ile 765 lux (E_{ort}), *YA-3* ile 718 lux (E_{ort}) ve *YA-4* ile 626 lux (E_{ort}) hesaplanmıştır.

5.2. Tahta Üzeri Hesap Yüzeyi

Tahta üzeri aydınlık düzeyleri değerlendirildiği zaman (*T-1A*); *YA-1*, *YA-3* ve *YA-4* senaryolarının tahta aydınlatmasını arttırdığı gözlemlenmiştir. En fazla etki olarak, *YA-3* senaryosunda ortalama aydınlık düzeyi 347 lux (E_{ort}) olarak hesaplanmıştır. Tahta yüzeyleri için TS EN 12464-1 standardında 500 lux olarak belirtilen alt sınır değeri sağlanamamıştır.

Çizelge 4: Doğal aydınlatma sistemi açısından masa üzeri ve tahta üzeri aydınlık düzeyleri

Hesap Yüzeyleri	Doğal Aydınlatma (DA) - Aydınlık Düzeyleri (lux)														
	Proje			DA-1			DA-2			DA-3			DA-4		
	E_{min}	E_{ort}	E_{max}	E_{min}	E_{ort}	E_{max}	E_{min}	E_{ort}	E_{max}	E_{min}	E_{ort}	E_{max}	E_{min}	E_{ort}	E_{max}
Masa üzeri hesap yüzeyi															
M-1A	104	147	172	197	282	331	129	182	213	160	203	228	327	433	493
M-1B	106	127	146	138	180	223	132	157	181	159	180	199	251	303	356
M-2A	142	212	242	279	394	460	176	263	300	202	272	302	435	577	659
M-2B	102	142	175	137	195	239	127	176	218	159	199	232	257	329	384
M-3A	258	304	342	369	494	601	319	376	423	324	370	408	554	709	841
M-3B	123	159	199	160	220	288	152	197	247	184	221	261	292	367	451
M-4A	343	468	563	452	620	752	424	579	697	412	537	632	659	867	1030
M-4B	127	180	227	160	237	311	159	224	282	191	244	291	289	384	476
M-5A	391	612	827	507	745	918	483	757	1024	464	685	900	733	1028	1243
M-5B	136	192	245	163	243	327	168	238	304	206	262	316	296	396	499
M-6A	448	732	987	566	885	1099	555	907	1224	525	809	1064	809	1204	1470
M-6B	138	205	279	158	250	361	172	255	348	208	275	350	291	405	542
M-7A	529	885	1312	619	993	1291	656	1096	1627	607	962	1390	877	1343	1713
M-7B	138	208	306	160	253	380	171	258	380	209	279	377	298	412	570
M-8A	578	1015	1543	644	1086	1452	715	1259	1917	654	1092	1621	906	1455	1912
M-8B	137	213	313	154	247	367	171	265	390	205	280	381	284	400	548
M-9A	612	1121	1760	675	1166	1585	760	1391	2184	687	1196	1835	941	1553	2073
M-9B	135	205	308	149	236	362	169	255	383	198	267	370	274	382	538
M-10A	624	1211	2048	705	1234	1712	769	1504	2549	698	1286	2123	978	1635	2231
M-10B	137	201	296	154	230	351	170	249	367	199	263	358	276	372	525
Tahta üzeri hesap yüzeyi															
T-1A	78	95	115	92	113	133	96	117	143	104	124	150	151	183	217

Çizelge 5: Yapma aydınlatma sistemi açısından masa üzeri ve tahta üzeri aydınlık düzeyleri

Hesap Yüzeyleri	Yapma Aydınlatma (YA) - Aydınlık Düzeyleri (lux)														
	Proje			YA-1			YA-2			YA-3			YA-4		
	E_{min}	E_{ort}	E_{max}	E_{min}	E_{ort}	E_{max}	E_{min}	E_{ort}	E_{max}	E_{min}	E_{ort}	E_{max}	E_{min}	E_{ort}	E_{max}
Masa üzeri hesap yüzeyi															
M-1A	594	631	668	673	788	854	407	465	497	699	735	773	591	639	668
M-1B	604	643	680	683	796	859	415	472	500	710	749	785	594	640	667
M-2A	619	652	690	682	803	866	419	478	513	725	758	796	607	658	687
M-2B	631	667	705	692	812	873	428	487	519	737	774	811	611	661	688
M-3A	632	663	701	686	809	869	426	486	523	739	770	808	616	670	699
M-3B	649	681	719	702	823	878	437	497	530	758	791	829	625	677	704
M-4A	641	666	703	681	809	870	429	488	525	745	770	807	609	666	696
M-4B	660	687	725	703	826	880	442	500	535	767	794	832	631	683	706
M-5A	642	659	696	675	803	862	427	484	518	746	763	800	599	657	686
M-5B	662	684	722	698	822	876	442	500	534	773	792	828	629	682	706
M-6A	617	641	677	658	786	846	419	472	505	716	740	776	581	638	667
M-6B	651	671	710	682	812	873	439	494	527	755	775	814	618	675	702
M-7A	583	616	655	643	766	828	410	458	486	678	711	750	560	615	642
M-7B	617	647	686	664	793	857	432	482	513	719	748	788	596	652	679
M-8A	534	576	618	618	733	796	392	432	457	626	668	710	538	588	615
M-8B	568	607	649	642	761	824	415	458	485	668	706	748	576	628	655
M-9A	469	514	563	567	671	733	360	394	415	552	596	646	491	536	562
M-9B	502	544	588	593	699	758	385	420	442	596	638	682	527	573	599
M-10A	401	445	497	490	579	636	318	346	364	480	524	576	431	470	496
M-10B	429	473	521	517	605	659	342	372	391	522	565	611	471	508	532
Tahta üzeri hesap yüzeyi															
T-1A	199	285	392	226	328	416	175	219	263	243	347	450	203	292	370

6. SONUÇLAR

Örnek olarak ele alınan İTÜ Ayazağa Kampüsü Merkezi Derslik Binası'nda bulunan amfide doğal aydınlatma sistemi ve yapma aydınlatma sisteminin performansları, farklı tasarım parametrelerinin ele alınması ile değerlendirilmiştir. Doğal aydınlatma sistemi açısından bir adet yanal pencerenin etkisi, pencere tarafındaki öğrenci masalarının üzerinde, pencere karşı duvarı tarafındaki masalara göre daha yüksek aydınlık düzeylerini sağlamaktadır. Çalışma düzlemi olarak masalar üzerindeki aydınlık düzeylerinin en fazla artışını; pencere boyutu, ışık geçirme katsayısı ve tavan iç yüzey ışık yansıtma katsayısı olarak belirlenen üç parametrenin birlikte değişimi sağlamıştır. Ancak bu senaryoda da, pencere karşı tarafındaki masalarda ortalama aydınlık düzeyi olarak TS EN 12464-1 standardında belirtilen alt sınır değeri 500 lux sağlanamamıştır. Pencere karşı tarafındaki tüm masaların ortalama aydınlık düzeyi 375 lux (E_{ort}) ve pencere tarafındaki tüm masaların ortalama aydınlık düzeyi 1080 lux (E_{ort}) olarak hesaplanmıştır.

Yapma aydınlatma sistemi için oluşturulan senaryoların etkisi değerlendirildiğinde lamba türü ve gücünün 40W LED olarak değiştirildiği senaryonun, masa üzeri aydınlık düzeylerinin arttırımı üzerinde en etkili senaryo olduğu görülmüştür. Bu senaryoda pencere tarafındaki tüm masaların

ortalama aydınlık düzeyi 755 lux (E_{ort}) ve pencere karşı tarafındaki tüm masaların ortalama aydınlık düzeyi 775 lux (E_{ort}) olarak hesaplanmıştır. Tüm hacimdeki düzgünlük değeri ise 0.64 bulunarak, TS EN 12464-1 standardında belirtilen 0.60 sınır değerinin sağlandığı görülmektedir. Ayrıca, 58W flüoresan lambalı aygıt ile 40W LED aygıt karşılaştırıldığında daha az güç ile elde edilen daha yüksek aydınlık düzeyleri, enerji etkin aydınlatma yaklaşımının önemini belirtmektedir.

Tahta yüzeyi aydınlatması açısından, doğal aydınlatma ve yapma aydınlatma senaryolarının hiçbiri TS EN 12464-1 standardında 500 lux olarak belirtilen alt sınır değerini sağlamamıştır. En yüksek değerler olarak, doğal aydınlatma sistemi analizinde üç parametrenin de değiştiği senaryoda 183 lux (E_{ort}), yapma aydınlatma sistemi analizinde ise tavan ışık yansıtma katsayısının arttırıldığı senaryo ile 347 lux (E_{ort}) hesaplanmıştır. Bu senaryolar ile 500 lux değerinin sağlanamaması nedeniyle, tahta yüzeyi için hacimde düzenlenen yapma aydınlatma sistemine ek bir düzenlemenin gerekli olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada ele alınan bir derslik mekanında, doğal aydınlatma ve yapma aydınlatma sistemlerine ilişkin literatürde belirtilen tasarım parametreleri arasından seçilen parametreler ile oluşturulan farklı senaryolar incelenmiştir. Analiz sonuçları, görsel konfor koşullarının sağlanması için gerekli aydınlık düzeyleri açısından karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

1. S. Hygge ve H. A. Löfberg, Post Occupancy Evaluation of Daylight in Buildings, IEA SHC Task 21 / ECBCS Annex 29 Raporu, 1999.

2. S. Kaçel ve A. K. Yener, Aydınlatmada Kullanım Sonrası Değerlendirme Çalışmaları ve Bir İnceleme Örneği, 10. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 16-18 Nisan 2015, İstanbul, Türkiye, sf. 59-68.

3. M. Ş. Küçükdoğu, *Günışığından Yararlanmada En Etkili Olan Hacim Derinliğinin Belirlenmesi*, İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, 1982, sf. 58-59.

4. TS EN 12464-1, Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları, Türk Standardları Enstitüsü, 2013.

2.Ulusal
Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi

04-06 Mayıs 2016
İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

GİYİM MAĞAZALARINDA AYDINLATMA TASARIMININ TÜKETİCİ ALGISINA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Merve Aşçıoğlu[a]
Prof. Dr. Alpin Köknel Yener[b]
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, Taksim, İstanbul, 34437

ÖZET

Kişisel deneyimler algı ile doğrudan ilişkilidir. Alışveriş deneyiminin de büyük bir bölümüne alışveriş mekânı ve bu mekânın oluşturduğu algı yön vermektedir. Mekân algısı; boyutlar, hareket, form, renk ve tüm bunların etkileşimi ile oluşur. Işık, bir dokuyu bitmiş bir mimari yüzeye dönüştürebilir. Işık etkisi ile mekândaki atmosfer değişebilir, oluşturulmak istenen etkiler güçlendirilebilir, mekânda canlılık ve hareket yaratılabilir. Aydınlatma kullanıcıların görsel performans gerçekleştirmesini ve mekânla ilgili görsel algıyı oluşturmasını sağlayan en önemli bileşendir. Alışveriş mekânlarında hedef; ürünlerin en iyi şekilde sergilenmesini, tüketiciler tarafından en iyi şekilde algılanmasını ve ilgi çekici gösterilmesini sağlamaktır. Aydınlatma, bir mekânın ya da ürünün algısını değiştirebileceği için bir alışveriş mekânının tasarımındaki en önemli bileşenlerden biridir. Bu bağlamda alışveriş mekânlarındaki aydınlatma sistemlerini değerlendirmek amacı ile aynı markaya ait, aynı tasarım konseptinde, farklı lamba türleri ile aydınlatılan iki mağazada anket çalışması yapılmıştır. Katılımcılara aydınlatmanın ürün algısı üzerindeki etkileri ve görsel konfor koşulları ile ilgili sorular; sergileme alanları, deneme kabinleri ve ödeme noktası başlıkları altında gruplandırılarak sorulmuştur. Sonuçlar, ürün algısı ve görsel konfor koşulları açılarından karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Aydınlatma, Mekân Algısı, Kullanıcı Konforu

ABSTRACT

Personal experiences are directly connected with the perception. Shopping experience is mostly oriented by the shopping area and its' perception. Architectural space of shopping area creates the shopping experience which guides users' shopping and buying decisions. Space perception is formed with dimensions, movement, form, color and their interaction. Light is the catalyst that can convert a texture to a finished architectural surface. With the effect of light, atmosphere in a space can change, desired effects can be enhanced, motion and viability can be created in the space. Lighting is one of the most important components that impacts the user's visual performance and visual perception related with a space. The objectives of lighting in shopping venues are to provide a good perception of the exhibited products and capture the interest to them. As lighting may alter the perception of space or of a product, it is one of the most important components in the shopping area design. In this context, lighting systems have been studied within the shops of the same brand with the same design concept but only different in lighting systems. The results are compared and evaluated in terms of product perception and visual comfort conditions.

Key words: Lighting, Space Perception, User Comfort

[a] e-posta adresi: ascioglu@itu.edu.tr
[b] e-posta adresi: yener@itu.edu.tr

1. GİRİŞ

Alışveriş mekânı, kullanıcıların alışveriş deneyimine yön veren en önemli bileşendir. Kişiler bulundukları mekân ile duyu organları aracılığıyla ilişki kurar. Çevrenin fiziksel veya kimyasal olarak duyu organlarında yarattığı uyarılar, duyum olarak algılanır. Görme, özellikle mekânsal çevrenin algılanmasında en büyük role sahip olan duyudur. Mimari mekân; tanımlanabilen bir biçimi, dokusu ve rengi olan, içinde farklı eylemlerin gerçekleştiği fiziksel bir gerçeklik olarak tanımlanabilir. O halde, bir mekânın algılanabilmesi için öncelikle o mekânın biçiminin, dokusunun ve içindeki renklerin algılanması gerekir. Bütün bunlar ise ancak ve ancak görme duyusu ile algılanabilir ve bu sayede kişi mekânla ilişki kurabilir **[1, 2, 3]**. Görme ise ışık olmadan gerçekleşemez, ışığın olmadığı bir ortamda görsel algı oluşamaz. Bu bağlamda, yapılan çalışmada aydınlatma tasarımı ile görsel algının değişimi irdelenmiş, farklı sistemlerin görsel konfor başta olmak üzere fiziksel konfor koşulları üzerine etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. GİYİM MAĞAZALARINDA TÜKETİCİ ALGISI

Alışveriş mekânında kullanıcıların alışveriş yapmasını ve satın alma kararlarını etkileyen alışveriş deneyimine kullanıcı ile mekân arasında oluşan etkileşim yön verir. Alışveriş mekânı ile kullanıcının etkileşim halinde olmasını sağlamak için mekânın, kullanıcıları ürünleri deneyimlemeye, onlara dokunmaya ve onları denemeye, tatmaya yönlendirmesi gerekir. Müşterinin alışveriş mekânı ile etkileşimi, merak uyandırma, yayılan bir enerji oluşturma, atmosfer, mekân tasarımı, özgün bir konsept yaratılması ve rahat ulaşılabilir bir ortam yaratılması alışveriş deneyimini etkileyen niteliklerdir [**3**]. Tüm bu koşulları oluşturan ana unsurlar da görsel algı ve fiziksel koşullardır.

2.1. Görsel Algı

Işık bir dokuyu bitmiş bir mimari yüzeye dönüştürebilecek katalizör olarak işlev görür. Işık etkisi ile mekândaki atmosfer değişebilir, oluşturulmak istenen etkiler güçlendirilebilir, mekânda canlılık, hareket yaratılabilir. Işığın mimaride dikkat çekici biçimde kullanılması Gotik mimariye dayanır. Louis Kahn ve Tadao Ando'nun eserlerinde de ışık etkili bir biçimde kullanılmıştır. Işığın spektral özellikleri renk algısını etkiler. Spektral dağılımı doğal ışığınkinden farklı olan yapay ışıkta algılanan bir cismin rengi de, doğal ışıkta algılanan renginden farklıdır [**1, 2, 4**].

Aydınlatma, bir mekânda kullanıcının görsel performans gerçekleştirmesini ve o mekânla ilgili görsel algıyı oluşturmasını sağlayan en önemli bileşendir. Mimari geometri ile uyum içinde çevrenin nasıl algılandığını, değerlendirildiğini ve kullanıcıların çevreye karşı olan tepkilerini belirler. Aynı zamanda aydınlatma çevredeki nesnelerin, dokuların ve yazıların görülmesini sağlar. Dolayısıyla bir mekânda gerçekleşen görsel eylemin kalitesi, o mekândaki aydınlatma ile doğrudan ilişkilidir **[5].**

2.2. Giyim Mağazalarında Tüketici Algısının Değerlendirilmesine İlişkin Çalışmalar

Alışveriş mekânlarında aydınlatmanın tüketici algısı üzerindeki etkilerini inceleyen çok sayıda bilimsel çalışma yapılmıştır. Perakende giyim mağazası aydınlatmasının mağaza sınıfı ve mağaza kimliği üzerindeki etkilerini analiz etmek amacıyla 2014'te Almanya'da yapılan bir çalışmada;

aynı plana sahip mağaza mekanı için düşük bütçeli, renkli, kara kutu ve minimalist olmak üzere dört farklı iç mekân teması kurgulanmış ve bu mekanların her birine dört farklı aydınlatma tasarımı uygulanarak 16 sahne görseli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu sahneleri değerlendirmek için hazırlanan anket, katılımcılara internet aracılığıyla iletilmiş ve 119 katılımcı bilgisayar ekranı üzerinden inceledikleri görsellerle bu sahneleri değerlendirmiştir. Sonuçlar aydınlatmanın, marka sınıflandırması ve marka kimliği algısı üzerinde etkili olduğunu ortaya çıkartmıştır [**7**].

2010 yılında yapılan başka bir çalışmada ise mağaza aydınlatması ve iç mekân renginin mağazada geçirilen zaman ve satın alma kararı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Giyim, iç giyim, ayakkabı ve takı bölümlerinde yapılan çalışmalarda; 15W ve 32W gücünde flüoresan lambaların kullanıldığı 2 farklı aydınlatma durumu ile mavi, sarı, yeşil, kırmızı ve beyaz olmak üzere 5 farklı iç mekân rengi irdelenmiştir. Bu çalışma kapsamında 20-60 yaş aralığındaki 440 kadın ve 478 erkek kullanıcının davranışları incelenmiştir. Yeşil renk kullanılan mekânların ve mağazada geçirilen zamanın satın alma kararı üzerinde olumlu etkileri olduğu belirlenmiş, mağazada geçirilen sürenin düşük aydınlık düzeyi durumunda arttığı, kırmızı renk kullanılan mekanlarda ise azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durumda iç mekân rengi ve mağazada geçirilen zamanın, satın alma kararını doğrudan etkilediği, aydınlatmanın da mağazada geçirilen zamanı etkileyerek dolaylı olarak satın alma kararını etkileyebileceği sonucu ortaya çıkmaktadır [**8**].

3. GİYİM MAĞAZASI ÖRNEĞİNDE ANKET ÇALIŞMASI

Giyim mağazalarını müşteri profillerine ya da sundukları ürün gruplarına göre sınıflandırmak mümkündür. Temel sınıflandırma; kadın giyim, erkek giyim, uniseks veya özel giyim (gelinlik, gece elbisesi, kürk, bebek ve çocuk giyimi, spor giyim ve büyük beden gibi) olmak üzere dört başlıkta yapılabilir [**9**].

Bir mağazada kullanıcıların dikkatini çeken ilk alan vitrindir, giriş ve sergileme alanlarının da dikkat çekici şekilde planlanması kullanıcıların bütün mekânı dolaşmasını sağlayacaktır. Bir giyim mağazası tasarlarken tasarımcı; sergileme alanlarını uygun satış gruplarına göre planlamalıdır. Kadın ve erkek giyim mağazalarında, pek çok çeşit ürün sergilendiği için temel tasarım prensibi ürün gruplarındaki yakınlık ilişkisine dayanmalıdır. Benzer şekilde farklı ürün grupları için farklı ölçülerde ve şekillerde sergileme alanlarına ihtiyaç duyulur. Örneğin bir giyim mağazasında talep edilen ana ürün grubu olan, elbise, ceket ve pantolon gibi ürünlerin sergileneceği alanlar ile takı, şal ve diğer aksesuarlar gibi tamamlayıcı ürünlerin sergileneceği alanların özellikleri farklıdır. Giyim mağazalarındaki sirkülasyon alanları serbest akışı ve mekân planlamasında esnekliği sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Sergileme ve sirkülasyon alanlarına ek olarak bir giyim mağazasında kasa ve kabin alanları da tasarımın önemli parçalarıdır. Kasa alanı ödeme, paketleme ve gerekli ekipmanların depolanmasına uygun şekilde tasarlanmalı, kabinlerde ise gizliliğe dikkat edilmeli ve askı, raf, oturma alanı gibi kullanıcı gereksinimleri sağlanmalıdır [**3, 10**].

3.1. Seçilen Markanın Kurum Kimliği ve Mağazaların Mimari Özellikleri

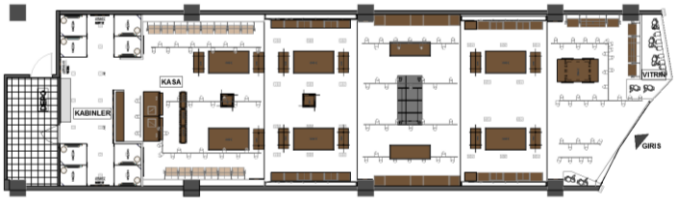
Örnek olarak seçilen giyim mağazasının günlük giyim sınıfında kadın ve erkeklere yönelik ürün sunan ve genele hitap eden bir marka olması hedeflenmiş ve bu bağlamda bir Türk markası seçilmiştir. Seçilen giyim markası kimliğinde “yenilik”, “fit” ve “kalite” kavramlarını

birleştirerek markalaşan, kadın ve erkekler için günlük giyim ve aksesuarlar sunan bir markadır [**11**]. Markanın ürünleri günlük, spor ve rahat giyim konseptinde olup, orta gelir seviyesi kullanıcı grubuna hitap etmektedir. Marka kimliğine uygun konsept mağaza iç mekân tasarımı, markanın mağazalarının çoğunda uygulanmaktadır. Bu doğrultuda zemin döşemesi antrasit renkli seramik, duvarda beyaz ve antrasit renkli boya ve ahşap sergileme alanları, tavanda ise alçı panel asma tavan, metal asma tavan ve betonarme açık tavan sistemleri bir arada kullanılmaktadır. Mağaza mekânları genellikle düz plan şemasına uygun, dikdörtgen veya kare formda planlanmış, kasa ve deneme kabinleri girişe uzak noktalarda konumlandırılmıştır. Sergileme alanları, raf, askı ve stantlar aracılığıyla oluşturulmuştur.

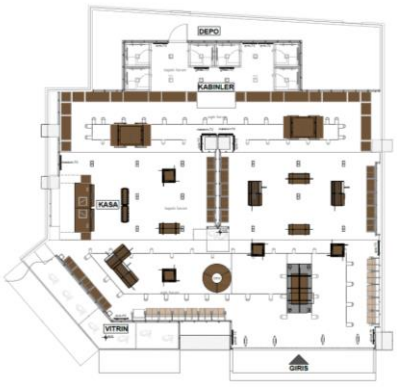
Bu çalışma kapsamında, yukarıda tanımlanan markaya ait iki mağaza incelenmiştir. İncelenen mağazaların her ikisi de İstanbul'daki farklı alışveriş merkezlerinde yer almaktadır. Mağaza alanları yaklaşık 150 – 200 m² civarındadır ve farklı lamba türleri ile aydınlatılmaktadır. LED lambalı armatürlerle aydınlatılmış dikdörtgen formlu mağaza Örnek Mağaza-1, metal halide ve kompakt flüoresan lambalı armatürlerle aydınlatılmış kareye yakın formlu mağaza ise Örnek Mağaza-2 olarak adlandırılmıştır.

Örnek Mağaza-1; Yaklaşık 30 m derinliğinde ve 9 m genişliğinde, dikdörtgen formlu, düz plan şemasına sahip, mağazada tavan yüksekliği asma tavan sistemi uygulanmış alanlarda 2.85 m, asma tavan sisteminin uygulanmadığı yerlerde ise 3.80 m'dir. Şekil 1'de planı görülen mağazada kasa ve deneme kabinleri mağazanın iç kısmına yerleştirilmiş, ürün sergileme alanları doğrusal bir aks üzerinde kasa bölümü ile giriş arasında; askı, raf ve stantlarla kurgulanmıştır. Mağaza döşemesinde antrasit renkli seramik, duvarlarında antrasit renkli boya ve ahşap sergileme alanları, tavanda ise beyaz ve antrasit renkli boya uygulanmıştır.

Örnek Mağaza-2; Yaklaşık 16 m x 16 m boyutlarında, kare formlu, düz plan şemasına sahiptir. Tavan yüksekliği alçı panel asma tavan ve metal asma tavan sistemi uygulanmış alanlarda 2.80 m, asma tavan sisteminin uygulanmadığı yerlerde ise 3.60 m'dir. Şekil 2'de planı görülen mağazada kasa ve deneme kabinleri mağaza girişine en uzak alana yerleştirilmiş, ürün sergileme alanları; askı, raf ve stantlarla kurgulanmıştır. Mağaza döşemesinde antrasit renkli seramik, duvarlarında beyaz renkli boya ve ahşap sergileme alanları, tavanda ise beyaz renkli boya uygulanmıştır.



Şekil 1: Örnek Mağaza-1 planı



Şekil 2: Örnek Mağaza-2 planı

3.2. Seçilen Mağazaların Aydınlatma Tasarımı

Aydınlatma tasarımının kullanıcı algısına etkilerini belirlemek amacıyla; aynı markaya ait, benzer tasarım prensipleriyle kurgulanmış ancak aydınlatma tasarımda farklı türdeki lambaların kullanıldığı iki mağaza seçilmiştir.

Örnek Mağaza-1'de alçı panel asma tavan ve betonarme açık tavan bir arada kullanılmıştır. Asma tavan yüksekliği 2.85 m olup, bu alanda 3000 K renk sıcaklığında, renksel geriverim değeri 80 olan, 22 W'lık, ankastre LED'li armatürler kullanılmıştır. Betonarme açık tavan yüksekliği 3.80 m olup, 3000 K renk sıcaklığında, renksel geriverim değeri 80 olan, 32 W'lık, ray üstünde yönlendirilebilir LED'li armatürlerle aydınlatma sağlanmıştır. Mağaza iç mekânına ait görsel Şekil 3'te, mağazada kullanılan armatürlere ait görseller Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3: Örnek Mağaza-1 iç mekân fotoğrafı



Şekil 4: Örnek Mağaza-1'deki armatürlere ait görseller

Örnek Mağaza-2'de alçı panel asma tavan, metal asma tavan ve betonarme açık tavan bir arada kullanılmıştır. Alçı panel asma tavan yüksekliği 2.80 m olup bu alanda 3000 K renk sıcaklığında, renksel geriverim değeri 80 olan, 35W'lık ankastre metal halide lambalı armatürler kullanılmıştır. Metal asma tavan yüksekliği 3.05 m, betonarme açık tavan yüksekliği 3.60 m olup bu alanlarda 3.05 m yüksekliğinde, 3000 K renk sıcaklığında, renksel geriverim değeri 80 olan, 70 W'lık ve 35 W'lık ray üstünde yönlendirilebilir metal halide lambalı armatürler kullanılmıştır. Deneme kabinlerinde 2.80 m yüksekliğinde 3000 K renk sıcaklığında, renksel geriverim değeri 80 olan, 2x18W'lık ankastre kompakt flüoresanlı armatürler kullanılmıştır. Mağaza iç mekânına ait görsel Şekil 5'te, mağazada kullanılan armatürlere ait görseller Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5: Örnek Mağaza-2 iç mekân fotoğrafı



Şekil 6: Örnek Mağaza-2'deki armatürlere ait görseller

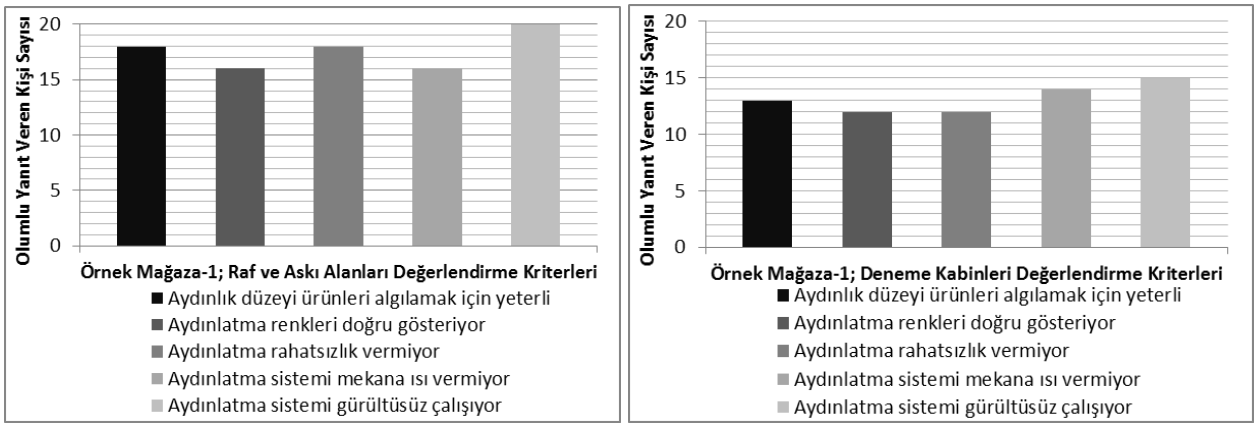
3.3. Anket Çalışması

Seçilen iki mağazada yapılan anket çalışması ile aydınlatma tasarımının kullanıcı algısına etkisi, farklı lamba türlerinin mekânda oluşturdukları görsel etki ve konfor koşullarının karşılaştırılması hedeflenmiştir. Anket soruları her iki mağazada da 20'şer müşteriye yöneltilmiştir. Katılımcılara öncelikle kullanıcı özelliklerini belirlemek amacıyla demografik sorular sorulmuş, mağaza mekanı ve aydınlatma ile ilgili sorular mağazadaki aydınlatma sisteminin dikkat çekiciliğini, ürün algısı üzerindeki etkilerini ve fiziksel konfor koşullarını sağlayıp sağlamadığını tespit etmek amacı ile gruplara ayrılmıştır. Mağaza mekânı ile ilgli sorular; mağazaya giriş sebebi ve mağazadaki dikkat çekici unsurlar hakkında yarı kapalı uçlu çoktan seçmeli sorular olarak belirlenmiştir. Aydınlatma sistemi ile ilgili sorular ise; mağaza bölümlerine göre sınıflandırılarak, aydınlatmanın ürün algısı ve fiziksel konfor koşulları üzerindeki etkileri ile ilgili kapalı uçlu sorular (evet – hayır soruları) olarak planlanmıştır.

3.3.1 Örnek Mağaza-1 Değerlendirmesi

LED armatürlerle aydınlatılan, Örnek Mağaza-1'de 10'u kadın, 10'u erkek olmak üzere 20 müşteri ile anket yapılmıştır. Kullanıcı özellikleri, mağazaya giriş sebebi, mağazadaki dikkat çekici unsurlar, mağaza genelindeki aydınlatma ve raf-askı alanları ile ilgili sorular katılımcıların tamamı olan 20 kişiye, deneme kabinleri ile ilgili sorular deneme kabinlerinde bulunan 15 katılımcıya, ödeme noktaları ile ilgili sorular ödeme noktalarında bulunan 18 katılımcıya yöneltilmiştir.

Mekânın aydınlatması ile ilgili değerlendirme yapabilmek için kullanıcılara aydınlık düzeyi, renk algısı, görsel rahatsızlık, aydınlatma sisteminin mekâna verdiği ısı ve gürültü hakkında sorular sorulmuştur. Mağazanın "Raf ve Askı Alanları" ile "Deneme Kabinleri" için yapılan değerlendirmelerin sonuçları Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7: Led armatürlerle aydınlatılmış, Örnek Mağaza-1'de "Raf ve Askı Alanları" ile "Deneme Kabinleri" için yapılan değerlendirmelerin sonuçları

Müşterilerin yaş aralığı 15-65 arasında değişmektedir. Mağaza vitrini; müşterilerin %25'nin dikkatini çekmiştir. Müşterilerin %35'i aradığı ürünü mağazada bulabileceğini düşündüğü için, %30'u bu mağazayı düzenli olarak ziyaret ettiği için, %15'i zaman geçirmek için, %5'i ürünler ve moda hakkında fikir sahibi olmak için, %5'i mağaza tasarımı dikkatini çektiği için, %20'si ise

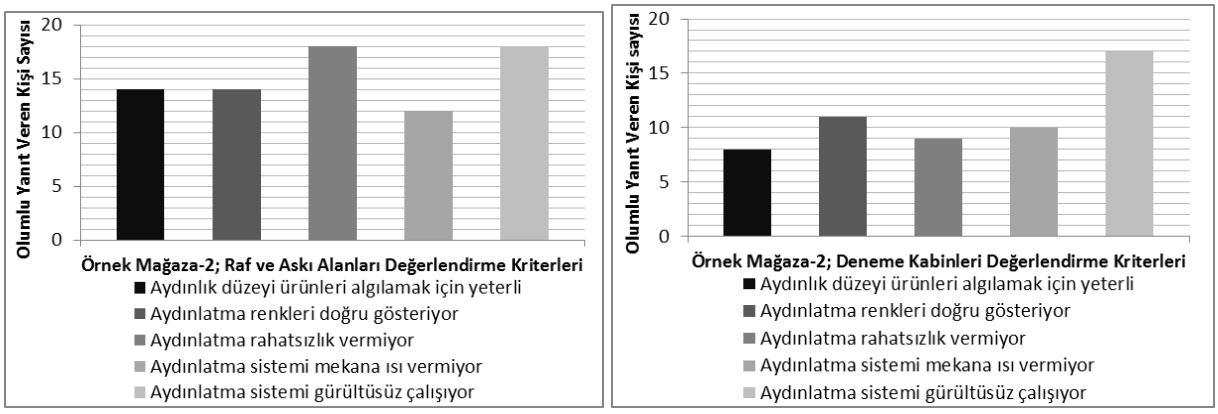
diğer sebeplerden mağazaya girmiştir. Müşterilerin %40'ı mağazadaki renklerin, %30'u plan organizasyonu ve aydınlatmanın, %10'u da kullanılan malzemelerin mağazada dikkatlerini çeken unsurlar olduğunu belirtmiştir. Mağazadaki aydınlatma tasarımı ise müşterilerin %70'i tarafından dikkat çekici olarak nitelendirilmiştir. Müşterilerin %95'i mağaza genelindeki aydınlık düzeyinin mekânda güvenli bir biçimde dolaşmaya olanak sağladığını belirtmiştir.

Raf ve askı alanları için müşterilerin %90'ı aydınlık düzeyinin ürünleri algılamak için yeterli olduğunu, %80'i aydınlatmanın renkleri doğru gösterdiğini, %90'ı raf ve askı alanındaki aydınlatmadan rahatsızlık duymadıklarını belirtmiştir. Müşterilerin %80'i raf ve askı alanlarındaki aydınlatma sisteminin mekâna ısı vermediğini ve %100'ü bu alanda aydınlatma sisteminden kaynaklanan gürültü hissetmediklerini ifade etmiştir. Deneme kabinleri için, bu alanda bulunan müşterilerin %87si kabinlerdeki aydınlık düzeyinin ürünlerin algılanması için yeterli olduğunu, %80'i buradaki aydınlatmanın renkleri doğru gösterdiğini, %80'i bu bölümdeki aydınlatmadan rahatsızlık duymadıklarını belirtmiştir. Müşterilerin %93'ü deneme kabinlerindeki aydınlatmanın mekâna fazla ısı vermediğini düşünürken, %100'ü bu alanda aydınlatma sisteminden kaynaklanan gürültü hissetmediklerini ifade etmiştir. Ödeme Noktası için, bu alanda bulunan müşterilerin %83'i bu bölümdeki aydınlatmadan rahatsızlık duymadıklarını, %89'u aydınlatmanın mekâna fazla ısı vermediğini düşündüğünü, %100'ü ödeme noktasında aydınlatma sisteminden kaynaklanan gürültü hissetmediğini belirtmiştir.

3.3.2 Örnek Mağaza-2 Değerlendirmesi

Metal halide ve kompakt flüoresanlı armatürlerle aydınlatılan, Örnek Mağaza-2'de 12'si kadın, 8'i erkek olmak üzere 20 müşteri ile anket yapılmıştır. Kullanıcı özellikleri, mağazaya giriş sebebi, mağazadaki dikkat çekici unsurlar, mağaza genelindeki aydınlatma ve raf-askı alanları ile ilgili sorular katılımcıların tamamı olan 20 kişiye, deneme kabinleri ile ilgili sorular deneme kabinlerinde bulunan 18 katılımcıya, ödeme noktaları ile ilgili sorular ödeme noktalarında bulunan 20 katılımcıya yöneltilmiştir.

Mekânın aydınlatması ile ilgili değerlendirme yapabilmek için kullanıcılara aydınlık düzeyi, renk algısı, görsel rahatsızlık, aydınlatma sisteminin mekâna verdiği ısı ve gürültü hakkında sorular sorulmuştur. Mağazanın "Raf ve Askı Alanları" ile "Deneme Kabinleri" için yapılan değerlendirmelerin sonuçları Şekil 8'de gösterilmiştir.



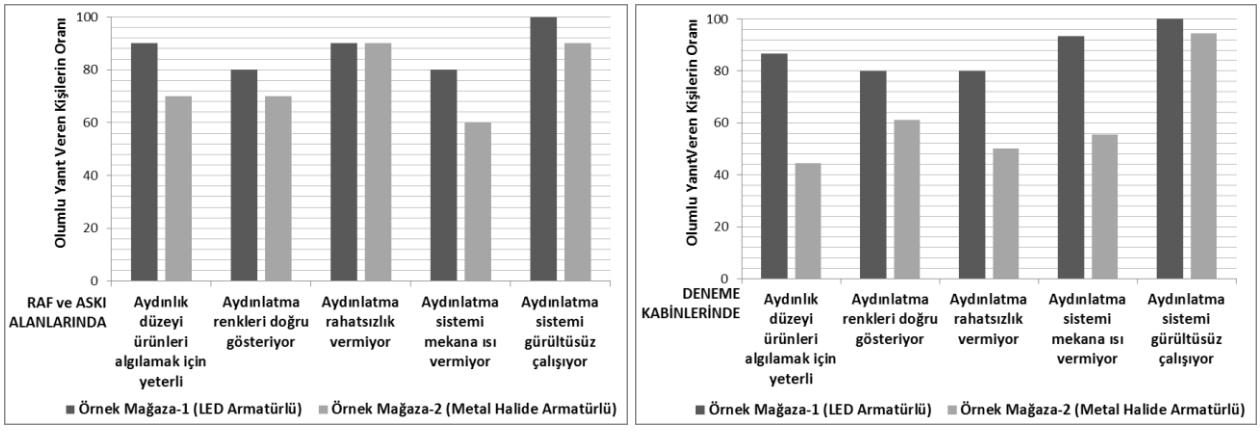
Şekil 8: Metal Halide armatürlerle aydınlatılmış, Örnek Mağaza-2'de "Raf ve Askı Alanları" ile "Deneme Kabinleri" için yapılan değerlendirmelerin sonuçları

Müşterilerin yaş aralığı 15-55 arasında değişmektedir. Mağaza vitrini; müşterilerin %30'nun dikkatini çekmiş, %70'inin dikkatini çekmemiştir. Müşterilerin %50'si aradığı ürünü mağazada bulabileceğini düşündüğü için, %45'i bu mağazayı düzenli olarak ziyaret ettiği için, %10'u zaman geçirmek için, %5'i ürünler ve moda hakkında fikir sahibi olmak için mağazaya girmiştir. Müşterilerin %35'i mağazadaki renklerin, %30'u plan organizasyonu ve aydınlatmanın, %10'u kullanılan malzemelerin, %20'si de aydınlatma tasarımının mağazada dikkatlerini çeken unsurlar olduğunu belirtmiştir. Mağazadaki aydınlatma tasarımı ise müşterilerin %55'i tarafından dikkat çekici olarak nitelendirmiştir. Müşterilerin %85'i mağaza genelindeki aydınlık düzeyinin mekânda güvenli bir biçimde dolaşmaya olanak sağladığını belirtmiştir.

Raf ve askı alanları için müşterilerin %70'i aydınlık düzeyinin ürünleri algılamak için yeterli olduğunu, %70'i aydınlatmanın renkleri doğru gösterdiğini, %90'ı raf ve askı alanındaki aydınlatmadan rahatsızlık duymadıklarını belirtmiştir. Müşterilerin %60'ı raf ve askı alanlarındaki aydınlatma sisteminin mekâna ısı vermediğini ve %90'ı bu alanda aydınlatma sisteminden kaynaklanan gürültü hissetmediklerini ifade etmiştir. Deneme kabinleri için, bu alanda bulunan müşterilerin %44'ü kabinlerdeki aydınlık düzeyinin ürünlerin algılanması için yeterli olduğunu, %61'i buradaki aydınlatmanın renkleri doğru gösterdiğini, %50'si bu bölümdeki aydınlatmadan rahatsızlık duymadıklarını belirtmiş, %50'si ise bu bölümdeki aydınlatmanın rahatsız edici olduğunu ve ışık miktarının az olduğunu belirtmiştir. Müşterilerin %56'sı deneme kabinlerindeki aydınlatmanın mekâna fazla ısı vermediğini düşünürken, %94'ü bu alanda aydınlatma sisteminden kaynaklanan gürültü hissetmediklerini ifade etmiştir. Ödeme Noktası için, bu alanda bulunan müşterilerin %85'i bu bölümdeki aydınlatmadan rahatsızlık duymadıklarını, %75'i aydınlatmanın mekâna fazla ısı vermediğini düşündüğünü, %95'i ödeme noktasında aydınlatma sisteminden kaynaklanan gürültü hissetmediğini belirtmiştir.

3.5. Örnek Mağaza-1 ve Örnek Mağaza-2 İçin Elde Edilen Değerlerin Karşılaştırılması

Örnek Mağaza-1 ve Örnek Mağaza-2'de yapılan anket çalışmalarından elde edilen veriler karşılaştırılmış ve karşılaştırmalı veriler Şekil 9'da verilmiştir. Bu karşılaştırmalar sonucunda farklı lamba türleri kullanılan iki mağazadaki aydınlatma sisteminin görsel algı ve fiziksel çevre üzerindeki etkileri değerlendirilerek, bu sistemler arasındaki farklar tespit edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 9: Led armatürlerle aydınlatılmış Örnek Mağaza-1 ile Metal Halide ve Kompakt Flüoresanlı armatürlerle aydınlatılmış Örnek Mağaza-2'de, Raf ve Askı Alanları ile Deneme Kabinleri için yapılan anketlerin karşılaştırılması

Örnek Mağaza-1'deki müşterilerin % 90'ı raf ve askı alanlarındaki aydınlatmayı ürünlerin algılanması için yeterli bulurken, Örnek Mağaza-2'deki müşterilerin %70'i bu mağazadaki raf ve askı alanlarındaki aydınlatmanın ürünlerin algılanması için yeterli olduğunu belirtmiştir. Örnek Mağaza-1'deki müşterilerden % 80'i raf ve askı alanlarındaki aydınlatmanın renkleri doğru gösterdiğini düşünürken, Örnek Mağaza-2'deki müşterilerin %70'i bu mağazadaki raf ve askı alanlarındaki aydınlatmanın renkleri doğru gösterdiğini düşündüklerini belirtmiştir. Örnek Mağaza-1'deki müşterilerden % 80'i raf ve askı alanlarındaki aydınlatmanın mekâna fazla ısı vermediğini düşünürken, Örnek Mağaza-2'deki müşterilerin %60'ı raf ve askı alanlarındaki aydınlatmanın mekâna fazla ısı vermediğini düşünmektedir.

Örnek Mağaza-1'deki müşterilerden % 87'si deneme kabinlerindeki aydınlatmayı ürünlerin algılanması için yeterli bulurken, Örnek Mağaza-2'deki kullanıcıların %44'ü bu mağazada deneme kabinlerindeki aydınlatmanın ürünlerin algılanması için yeterli olduğunu belirtmiştir. Örnek Mağaza-1'deki müşterilerden % 80'i deneme kabinlerindeki aydınlatmanın renkleri doğru gösterdiğini düşünürken, Örnek Mağaza-2'deki müşterilerden %61'i bu mağazada deneme kabinlerindeki aydınlatmanın renkleri doğru gösterdiğini belirtmiştir. Örnek Mağaza-1'deki müşterilerden %80'i deneme kabinlerindeki aydınlatmadan görsel rahatsızlık duymadıklarını belirtirken, Örnek Mağaza-2'deki müşterilerin %50'si deneme kabinlerindeki aydınlatmadan görsel rahatsızlık duymadığını belirtmiştir. Örnek Mağaza-1'deki müşterilerden % 93'ü deneme kabinlerindeki aydınlatmanın mekâna fazla ısı vermediğini düşünürken, Örnek Mağaza-2'deki müşterilerin %56'sı deneme kabinlerindeki aydınlatmanın mekâna fazla ısı vermediğini düşünmektedir.

Örnek Mağaza-1 ve Örnek Mağaza-2'deki ödeme alanları için yapılan değerlendirmelerde müşteriler soruların hepsine %70'in üzerinde olumlu yanıt vermiştir.

Anket sonuçlarına göre; LED lambaların kullanıldığı Örnek Mağaza-1'deki kullanıcılar görsel algı ve aydınlatmanın etkili olduğu fiziksel çevre koşullarıyla ilgili sorulara daha olumlu yanıtlar vermişlerdir. Her iki mağazada da en çok olumsuz cevap alan mağaza bölümü deneme kabinleri olmuştur. Yine her iki mağazada da renk algısı olumsuz yanıtlar almıştır ancak mağazalarda kullanılan LED, metal halide ve kompakt flüoresan lambaların tümünün renk sıcaklıkları ve renksel geri verim değerleri aynı olmasına rağmen LED armatürlü Örnek Mağaza-1'de renk algısı ile ilgili elde edilen sonuçlar daha olumlu iken, metal halide ve kompakt flüoresanlı armatürlerle aydınlatılan Örnek Mağaza-2'de renk algısı ile ilgili olumsuz yanıtlar daha fazla olmuştur.

4. SONUÇLAR

Aydınlatma tek başına mekân algısını değiştirebilen bir tasarım unsurudur. Aynı zamanda mekândaki konfor koşullarını etkiler ve insan psikolojisi üzerinde etkilidir. Özellikle alışveriş mekânları gibi kullanıcılarla görsel bağ kurmanın önemli olduğu sergileme alanlarında aydınlatma tasarımı daha da önem kazanmaktadır. Alışveriş mekânlarında amaç tüketicilerin dikkatini çekmek ve ürünleri en iyi şekilde sergilemektir. Bu bağlamda aydınlatma tasarımı yapılırken alışveriş mekânında satışa sunulan ürünlerin türü, markanın müşteri profili, mekânın mimari özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmada bir markanın, aynı tasarım konseptine sahip, yaklaşık olarak aynı büyüklükteki, LED lambalı armatürlerle aydınlatılmış bir mağazası ile metal halide ve kompakt flüoresan lambalı armatürlerle aydınlatılmış bir mağazası, görsel algı ve konfor koşulları açısından anket çalışmaları yapılarak incelenmiş, elde edilen veriler birbiri ile karşılaştırılmıştır. LED'li armatürlerin kullanıldığı mağaza Örnek Mağaza-1, metal halide ve kompakt flüoresanlı armatürlerin kullanıldığı mağaza Örnek Mağaza-2'dir. Anket sonuçları genel olarak incelendiğinde, kullanıcıların Örnek Mağaza-1'deki aydınlatma sisteminden daha memnun olduğu görülmektedir. LED lambalı armatürlerin kullanıldığı mağazada raf ve askı alanı, deneme kabinleri ve ödeme noktasında görsel algının çok daha iyi olduğu ve bu mağazadaki aydınlatma sisteminin askı alanları ile deneme kabinlerinde fiziksel çevre koşullarını olumsuz yönde etkilemediği sonuçları elde edilmiştir.

Sonuç olarak, alışveriş mekânlarında görsel algı ve fiziksel konforun mağazada geçirilen zaman ve satın alma kararındaki etkisi düşünüldüğünde, iç mekan tasarımının önemli bir bileşeni olarak aydınlatma tasarımının rolü, lamba ve armatür seçiminin önemi ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

1. M. Özkaya, *Aydınlatma Tekniği*, İstanbul, (2000), pp; 5.

2. S. Soygeniş, *Mimarlık Düşünmek Düşlemek*, YEM Yayın, İstanbul, (2006), pp; 33-39.

3. P. N. Danziger, *Shopping: Why We Love It And How Retailers Can Create The Ultimate Customer Experience*, Kaplan Pub., Chicago, IL., (2006), pp; 265.

4. V. Barr, C. E. Broudy, *Designing to Sell*, Mc Graw-Hill, New York, (1990), pp; 66-68.

5. IESNA. "The Lighting Handbook". Illuminating Energy Society of North America, USA, (2011), pp; 4.1.

6. K. Quartier, J. Vanrie, K. V. Cleempoel, "As Real As It Gets: What Role Does Lighting Have On Consumer's Perception of Atmosphere, Emotions and Behaviour?" *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 39, (2014), pp; 32-39.

7. T. Schielke, M. Leudesdorff, "Impact of Lighting Design on Brand Image for Fashion Retail Stores" *Lighting Research and Technology*, Vol. 47, (2015), pp: 672–692.

8. Ö. Barlı, M. Aktan, B. Bilgili, S. Dane, "Lighting, Indoor Color, Buying Behavior and Time Spent in a Store" *Color Research and Application*, Vol.37, Issue 6, (2012), pp: 465-468.

9. D. Mun, *Shops, A Manual of Planning and Design*, Architectural Press, London, (1981), pp: 19-21.

10. C. M. Piotrowski, E. A. Rogers, *Designing Commercial Interiors*, John Willey & Sons, New Jersey, (2007) , pp: 211-215.

11. <http://www.erogluholding.com/holding-sirketleri/colins>, izlenme tarihi: 01.05.2014.

Ana Sponsor

ÇUHADAROĞLU Alüminyum Sistemleri

Altın Sponsor

Işıklar YAPI ÜRÜNLERİ

Gümüş Sponsorlar

Basotect® Neopor® provided by BASF proaktif KLASSİS

Çözüm Ortakları

FRÄNKISCHE TRIMline® interiors

Medya Sponsoru

B2B medya

2. Ulusal Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi'nin gerçekleştirilmesinde yaptıkları değerli katkılar için teşekkürlerimizi sunarız.