

Balikesir University Journal of Architecture

ISSN 2980 - 1230



Karesi

Journal of Architecture

"Karesi Mimarlık Dergisi"

Volume: 2
Number: 1

June
2023



KARESİ MİMARLIK DERGİSİ
Balıkesir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi E-Dergisi

KÜNYE

Balıkesir Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Adına Sahibi:
Prof Dr. Yücel OĞURLU

Genel Yayın Yönetmeni/ Baş Editör

Doç. Dr. Serkan PALABIYIK, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye

Editör Yardımcıları

Doç. Dr. Nihal Arda AKYILDIZ, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Fatma Süphan SOMALI, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye

Bölüm Editörleri

Prof. Dr. Yusuf YILDIZ, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi. Fevziye Deniz GÜNDOĞDU, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Fatma Süphan SOMALI, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye
Öğr. Gör. Dr. Figen ALTINER, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye

Dil Editörü

Dr. Öğr. Üyesi. Fevziye Deniz GÜNDOĞDU, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye

Teknik Editörler

Arş.Gör. Elif ALKILINÇ, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye
Arş.Gör. Derya DEMİRCAN, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye

Yayın Kurulu

Prof Dr. Türkan GÖKSAL ÖZBALTA, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye
Prof.Dr. Mustafa Emre İLAL, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Türkiye
Prof. Dr. Yusuf YILDIZ, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Nihal Arda AKYILDIZ, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Serkan PALABIYIK, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye

Bilimsel Danışma Kurulu

Dr. Bijan ROUHANI, University of OXFORD, United Kingdom
Dr. Binumol TOM, Rajiv Gandhi Institute of Technology, India
Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL, İTÜ, Türkiye
Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK, YTÜ, Türkiye
Prof. Dr. H. Murat GÜNAYDIN, İTÜ, Türkiye
Dr. Katarzyna LESNIEWSKA-NAPIERALA, University of Lodz, Poland
Dr. Mehrdat HEJAZİ, University of Isfahan, Iran
Prof. Dr. Sevil SARIYILDIZ, TU Delft University, Holland
Dr. Takeyuki OKUBO, Ritsumeikan University, Japan
Prof Dr. Türkan GÖKSAL ÖZBALTA, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Uğur Ulaş DAĞLI, Doğu Akdeniz Üniversitesi, KKTC
Dr. Xavier ROMÃO, University of Porto, Portugal
Prof. Dr. Zeynep Gül ÜNAL, YTÜ, Türkiye

KARESİ JOURNAL OF ARCHITECTURE
University of Balıkesir, Faculty of Architecture e-Journal

Owner on behalf of University of Balıkesir
Prof Dr. Yücel OĞURLU

Editor in Chief
Assoc. Prof. Dr. Serkan PALABIYIK, Balıkesir University, Türkiye

Co - Editors
Assoc. Prof Dr. Nihal Arda AKYILDIZ, Balıkesir University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. Fatma Süphan SOMALI, Balıkesir University, Türkiye

Section Editors
Prof. Dr. Yusuf YILDIZ, Balıkesir University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. Fevziye Deniz GÜNDOĞDU, Balıkesir University, Türkiye
Assist. Prof. Dr. Fatma Süphan SOMALI, Balıkesir University, Türkiye
Dr. Lecturer Figen ALTINER, Balıkesir University, Türkiye

Language Editor
Assist. Prof. Dr. Fevziye Deniz GÜNDOĞDU, Balıkesir University, Türkiye

Technical Editors
Res. Assist. Elif ALKILINÇ, Balıkesir University, Türkiye
Res. Assist. Derya DEMİRCAN, Balıkesir University, Türkiye

Publication Board
Prof Dr. Türkan GÖKSAL ÖZBALTA, Balıkesir University, Türkiye
Prof Dr. Mustafa Emre İLAL, İzmir Institute of Technology, Türkiye
Prof. Dr. Yusuf YILDIZ, Balıkesir University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nihal Arda AKYILDIZ, Balıkesir University, Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Serkan PALABIYIK, Balıkesir University, Türkiye

Board of Scientific Advisors:
Dr. Bijan ROUHANI, University of OXFORD, United Kingdom
Dr. Binumol TOM, Rajiv Gandhi Institute of Technology, India
Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL, İTÜ, Türkiye
Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK, YTÜ, Türkiye
Prof. Dr. H. Murat GÜNAYDIN, İTÜ, Türkiye
Dr. Katarzyna LESNIEWSKA-NAPIERALA, University of Lodz, Poland
Dr. Mehrdat HEJAZI, University of Isfahan, Iran
Prof. Dr. Sevil SARIYILDIZ, TU Delft University, Holland
Dr. Takeyuki OKUBO, Ritsumeikan University, Japan
Prof Dr. Türkan GÖKSAL ÖZBALTA, Balıkesir University, Türkiye
Prof. Dr. Uğur Ulaş DAĞLI, Doğu Akdeniz Üniversitesi, KKTC
Dr. Xavier ROMÃO, University of Porto, Portugal
Prof. Dr. Zeynep Gül ÜNAL, YTÜ, Türkiye

İçindekiler / Contents

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- 1-16 **Covid 19 Pandemisi Sonrası Parkların Kullanıcı Memnuniyeti Açısından Değerlendirilmesi: Bursa / Nilüfer Örneği**
Evaluation of Parks in Terms of User Satisfaction After Covid 19 Pandemic: Bursa / Nilufer Example
Dilara DİNDAR, Yiğit YARDIMCI, Filiz ŞENKAL SEZER
- 18-28 **Kentlerde Sosyal ve Mekânsal Ayrışmanın Resim Sanatına Etkileri**
The Effects of Social and Spatial Segregation in Cities on Painting
Fergana KOCADORU ÖZGÖR
- 30-44 **Doğrama Özellikleri ve Açılış Biçimlerinin Yalın Camın Akustik Performansına Etkisi**
The Effect of Joinery Material and Window Opening Style on the Acoustic Performance of Plain Glazing
Gülçin KONUK, Işıl İPLİK, Şensin YAĞMUR
- 46-60 **Mimaride Trombe Duvarı Uygulamasının Enerji Analizi**
Energy Analysis of the Trombe Wall Application in Architecture
Erhan KIRTEPE, Necdet ÖZBALTA
- 62-75 **An Investigation of the Possibilities of Using Phosphogypsum as a Building Material**
Fosfojipsin Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması
F. Nurhayat DEĞİRMENCİ

COVID 19 PANDEMİSİ SONRASI PARKLARIN KULLANICI MEMNUNİYETİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ: BURSA / NİLÜFER ÖRNEĞİ

Dilara Dindar¹, Yiğit Yardımcı², Filiz Şenkal Sezer³

¹Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, dindar.dilaraa@gmail.com, 0000-0001-8955-543X

²Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, yardimci@uludag.edu.tr, 0000-0002-3785-4195

³Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, filizs@uludag.edu.tr, 0000-0002-8376-5177

Özet

Yeşil alanlar ve parklar, farklı sosyo-ekonomik ve kültür sınıflarındaki insanların bir araya gelmesine olanak tanıyan, kentin kalabalığından ve trafiğinden uzaklaşma, doğayla iç içe olma amaçlarıyla çeşitli aktivite ve etkinliklere imkân sağlayan alanlardır. Aynı zamanda, parklar sağlıklı mekanlar, sosyal yaşam ve toplulukların oluşturulmasında önemli bir role sahip olup sağlık krizi ve küresel salgın sırasında toplumun fiziksel, zihinsel ve sosyal sağlığına katkı sağlamıştır. 2020 yılından itibaren tüm dünya gündemine yerleşen COVID-19 pandemisinin getirdiği önlemler ve kısıtlamalar nedeniyle parkların, eskiye oranla kullanıcılar için daha önemli bir rekreasyon alanı haline geldiği açıkça görülmektedir. Bu çıkış noktası dikkate alınarak, bu çalışmada, COVID-19 pandemisi sonrasında parkların kullanıcı memnuniyetinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla seçilen park alanlarında kullanım sonrası değerlendirme yapılmıştır. Açık alanlarda vakit geçirmek ve fizyolojik ve psikolojik açıdan gelişime destek olmak açısından oldukça önemli bir yere sahip olan bu parklarda, eksikliklerin ve ihtiyaçların belirlenmesi ve yeni yapılacak olan tasarımlarda bu noktalara dikkat edilmesi, bu çalışmanın önemini oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında COVID-19 pandemisi sonrasında Bursa Nilüfer İlçesi'nde bulunan 14 parkta anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket, 5'li Likert ölçeğinde hazırlanmış olup 40 sorudan oluşmaktadır. Ankette yer alan sorular güvenlik, ergonomi, işitsel konfor, görsel konfor, temiz çevre, ısı konfor, işlevsellik ve yeterlilik, yeşil doku, malzeme ve pandemi sonrası ihtiyaçlar olmak üzere on ana başlık altında değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Parklar, COVID-19 Pandemisi, Kullanıcı Memnuniyeti, Kullanım Sonrası Değerlendirme.

EVALUATION OF PARKS IN TERMS OF USER SATISFACTION AFTER COVID 19 PANDEMIC: BURSA / NILUFER EXAMPLE

Abstract

Green spaces and parks are areas that provide various activities and events that enable people from different socio-economic and cultural groups to get together, to get away from the city's crowds and traffic, and to be in contact with nature. At the same time, parks have an important role in providing healthy spaces, social life, and communities, and have contributed to the physical, mental, and social health of society throughout the health crisis and the pandemic. Since 2020, parks have clearly become more important recreational areas due to the precautions and limitations brought by the COVID-19 pandemic, which has been on the worldwide agenda. Accordingly, this study aims to examine the user satisfaction of parks after COVID-19 pandemic. For this purpose, post-use evaluation was carried out at the selected park areas. The importance of this study is to determine the necessities and deficiencies in these parks, which are significant in terms of spending time in the outdoor and supporting physiological and psychological improvement, and for the consideration these points for new designs. Within the scope of the study, a survey was conducted in 14 park areas in Bursa Nilüfer District after the COVID-19 pandemic. The questionnaire was prepared on a 5-point Likert scale, and it consists of 40 questions. These questions were evaluated under ten main headings: safety, ergonomics, auditory comfort, visual comfort, clean environment, thermal comfort, functionality and adequacy, green tissue, materials, and post-pandemic requirements.

Keywords: Parks, COVID-19 Pandemic, User Satisfaction, Post Occupancy Evaluation.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Geliş/Received: 25.11.2022 Kabul/Accepted: 16.06.2023

Dindar, D., Yardımcı, Y., ve Şenkal Sezer, F. (2023). Covid 19 Pandemisi Sonrası Parkların Kullanıcı Memnuniyeti Açısından Değerlendirilmesi: Bursa / Nilüfer Örneği. *KARESİ Journal of Architecture*, 2(1): 1-16.

1. GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü tarafından teyit edilen yüksek vaka ve ölüm sayısı nedeniyle COVID-19, ciddi bir sağlık krizi yaratan bir pandemi olarak nitelendirilmiştir (WHO, 2020). Bu sağlık krizini önlemek için, ülkeler tarafından uygulanan karantina ve sosyal mesafe gereklilikleri; alışveriş merkezleri, restoran ve rekreasyon alanları gibi kapalı alanlarda uygulanacak pandemi tedbirleri nedeniyle kentsel yeşil alanları ve parkları halk sağlığı açısından önemli ve popüler hale gelmiştir (Honey-Roses ve diğerleri, 2020; Ritchie ve diğerleri, 2020; Twohig-Bennett ve Jones, 2018). Bu alanlar, COVID-19 salgını sırasında dış mekan ihtiyacı nedeniyle yeniden ilgi görmüştür (Rice ve Pan, 2020; Rung ve diğerleri, 2011; Samuelsson ve diğerleri, 2020).

Parklar, toplumdaki farklı sosyal statüye sahip bireylerin ihtiyaçlarına yanıt veren, toplumsal değerlere sahip çıkılmasında önemli olan kamusal açık alanlardır. Parklar, içlerinde bulunan aktivite çeşitliliğine, hitap ettikleri nüfusa ve yetki alanlarına göre sınıflandırılmaktadırlar. Rekreasyon alanları ve parklar; kent parkları, semt parkları, mahalle parkları, milli parklar, ormanlar, bölgesel parklar, fidanlık ve koru alanları olmak üzere gruplandırılabilir (Aydoğdu, 2017).

Yeşil alanlar ve parklar, kullanıcılara psikolojik ve ekolojik hizmetler, çevresel, sosyal ve sağlık açısından önemli işlevler sağlayan bir altyapıya sahiptir. Aynı zamanda insan sağlığını, topluluk uyumunu ve şehrin sürdürülebilirliğini destekleyerek insanlara rekreasyon amacıyla çok sayıda imkan sağlamaktadır (Chen ve diğerleri, 2018; Chiesura, 2004). Buna ek olarak, küresel salgın ve sağlık krizi sırasında toplumun fiziksel, zihinsel ve sosyal sağlığına fayda sağlamışlardır (Holland ve diğerleri, 2018; Thomsen ve diğerleri, 2013). Parklar sağlıklı mekanlar, sosyal yaşam ve toplulukların oluşturulmasında önemli bir role sahiptir (Neal, 2013). Yeşil altyapının önemli bir bileşeni haline gelmekte olup; yağmur suyu yönetimi, doğal yaşam alanlarının korunması ve hava kalitesinin iyileştirilmesi gibi ekoloji ve sürdürülebilirliğin önemli bir bileşeni olduğu konusunda toplumsal farkındalığın oluşmasına katkı sağlamaktadır (Geerts ve Raeyenmaekers, 2013). Tüm bu özelliklerine ilaveten kullanıcılarının yaşam kalitelerini doğrudan etkileyebilmektedirler.

Park alanları COVID-19 pandemisinin getirdiği önlemler ve kısıtlamalar nedeniyle önemli bir rekreasyon alanı haline gelmiştir. Bu çıkış noktasından yola çıkarak, parkların COVID-19 pandemisi sonrası, kullanıcı memnuniyeti açısından incelenmesi çalışmanın temel hedefi olarak belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR ANALİZİ

Parklar, farklı kültür ve sosyo-ekonomik sınıflardaki insanların bir araya gelerek, kentin kalabalığından ve trafiğinden uzaklaşma, doğayla iç içe olma amaçlarıyla çeşitli rekreasyonel etkinliklere ve yararlı aktivitelere imkân sağlayan alanlardır (Eşbah, 2006). Ertekin'e (1992) göre,

parklar, her yaş grubundan insanın rekreasyon ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla olanak ve tesislere yer veren, kentin ekolojik dengesini koruyan alanlar, kent içi açık yeşil alanlar olarak tanımlanmaktadır (Ertekin, 1992; Özkır, 2007). Kent içinde yer alan yeşil alanlar, yapılanmış alanlar ve binalar arasında kalan bütün mekânlar olarak tanımlanmaktadır (Eyüboğlu, 2008).

Yeşil alanlar, doğal çevrenin kentin yakın çevresinde ve içinde yer alan bölümleri olup, doğayı kentli ve kentle buluşturmaktadır. Elinç'e göre, farklı ölçek, fonksiyon ve donatılara sahip olup kentin tümüne hizmet veren yeşil alanları tanımlamak için de park ifadesi kullanılmaktadır (Elinç, 2011). Oğuz'a (1998) göre parklar, kentsel yerleşimler üzerinde merkezi konumlarda olan, kentin karmaşa ve gürültüsünden kaçabilme imkanı sağlarken insanların koşu, yürüyüş, dış mekânda vakit geçirme, oyun oynama vb. bireysel veya grup eylemlerine imkan tanıyan alanlardır. Olmsted'e göre park, koruluk ve orman gibi yoğun bir yeşil dokuya sahip olmamakla birlikte, konut bahçelerinden daha sade, geniş ve doğal görünmelidir (Özdemir, 2009).

20. yüzyılın başlarında dünyada yaşanan değişimler doğal yaşamın azalmasına veya yok olmasına neden olmuş, kent dokusu içinde bulunan doğal değerlerin gerekliliği önem kazanmıştır. Bu durum, kentleşmenin ön plana çıktığı toplumlarda parkların önemini arttırmış, parklar kente çevresel, sosyal, psikolojik ve ekonomik fayda sağlayan alanlar haline gelmişlerdir. 21.yy ile birlikte parklar, tasarımları ile kent kimliği yaratarak simgesel anlam kazanmış, markalaşmada öncü olmuşlardır. Bu yüzyıl içerisinde parklar, kent ve bölge ölçeğinde, planlı yeşil altyapı ağlarının bir uzantısı olarak tanımlanmaktadır. Parklar yapılaşmış çevrede yüksek kaliteli boşluklar olarak önem kazanmıştır (Gürer 2017; Asımgil, 2012; Jamil, 2002; Geerts, 2013).

Parkların çekiciliği ve aktivite çeşitliliği(işlevler), kullanıcıların oraya gitme ve zaman geçirme tercihleri bakımından önemlidir. Kullanıcıların konfor hissi, alanda yer alacak donatılar, donatıların malzeme seçimleri ve alan tasarımı ile doğrudan ilişkilidir. Alanda bulunan işlevlerin ulaşılabilir olması ve dış etkilerden korunması da yine tasarımın önemli konularındandır. Bu doğrultuda incelendiğinde, tasarım kriterleri değerlendirirken belirli parametrelere dikkat edilmelidir. Bu parametreler, parkın alt yapı düzenlemesi (banklar, oyun ekipmanları vb.), parkın kalitesi ve estetik değerleri, parkta kullanılan malzemeler, park düzenlemelerinin kullanıcılara uygunluğu, alan düzenlemesinin çevreye uyumluluğu, alan aydınlatmasının uygunluğu, alanda kişilerin temel ihtiyaçlarına yanıt verecek fonksiyonların bulunması, bitkilendirme ve güvenlidir (Gürer, 2017).

Yapılan çalışmalar, insan sağlığının çeşitli boyutları üzerinde kent içindeki yeşil alanların olumlu etkisini ortaya koymuştur. (Akpınar, 2017; Orban ve diğerleri, 2017; Coldwell ve Evans, 2018). Bireyler üzerinde çevresel, estetik ve rekreasyonel faydaları bulunan bu alanlar, stres seviyesinin azalmasını, sosyal etkileşimin gelişmesini, fiziksel aktivitenin artmasını sağlayarak zihinsel ve fiziksel

sağlığın iyileşmesine katkıda bulunmaktadır (Wolch ve diğerleri, 2014; Jaung ve diğerleri, 2020; He ve diğerleri, 2022). Bu konu ile ilgili son zamanlarda yapılmış araştırmalara göre, COVID-19 sırasında kentsel yeşil alanların, insan sağlığı ve refahını geliştirmede önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Corley ve diğerleri, 2021; Heckert ve Bristowe, 2021; Pouso ve diğerleri, 2021). Birleşik Krallık'ta yapılan bir araştırma, kullanıcıların daha sağlıklı ve iyi hissetmelerinde, yalnızca kamusal yeşil alanların değil, özel yeşil alanların da bağlantılı olduğunu göstermiştir. Ancak bu etki, yalnızca pandeminin ilk dalgasında, karantina kısıtlamaları ile ortaya çıkmıştır (Poortinga ve diğerleri, 2021). Ek olarak pandemi sırasında doğa ile iletişim kurmak, kullanıcıların üzerindeki stres, kaygı ve depresyonun azalmasına ve öznel iyileştirmelere katkıda bulunmuştur (Fagerholm ve diğerleri, 2021; Samuelsson ve diğerleri, 2021; Rajoo ve diğerleri, 2021).

Almanya'da yapılan bir çalışma, pandemi sırasında bahçesi olan bireylerin, bahçesi olmayanlara göre daha olumlu bir yaşam tatminine ve ruh sağlığına sahip olduğunu göstermiştir (Lehberger ve diğerleri, 2021). Saeedi ve Dabbagh (2021) yapmış olduğu çalışmada, parklar ve yeşil alanların konut memnuniyeti ve kullanıcı sağlığında önemli bileşenler olduğunu tespit etmişlerdir. Yeşil alanlar ve parklar, kullanıcıların sağlığı için faydalı fiziksel aktiviteler için gerekli imkanları sağlamakta ve psikolojik olarak bireyi stresten ve günlük olumsuz duygulardan arındırabilmektedir. (Saeedi ve Dabbagh, 2021).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

2020 yılından itibaren dünya gündemine yerleşen COVID-19 pandemisinin getirdiği önlemler ve kısıtlamalar nedeniyle parkların, eskiye oranla kullanıcılar için daha önemli bir rekreasyon alanı haline geldiği açıkça görülmektedir. Bu doğrultuda Bursa Nilüfer İlçesi'nde bulunan 14 parkta kullanım sonrası değerlendirme çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket çalışması pandeminin devam ettiği 2021 yılı kasım ayında yapılmıştır.

Türkiye'nin 4. Büyük ili olan Bursa'nın Nilüfer ilçesinde 42 mahalle ve 22 köy olmak üzere toplam 64 idari birim bulunmaktadır. Yapılaşmanın hızlı olduğu bir bölge olması nedeniyle nüfus artış hızının en yüksek olduğu yerleşim yeridir. Nüfus 500 binin üzerindedir. (Endeksa, 2022). Ancak ilçe merkezi hızlı bir kentsel gelişim gösterirken kamusal ve yeşil alan varlığı gün geçtikçe azalmaktadır. Bu doğrultuda seçilen alanın konumu Resim 1'de gösterilmiştir. Bursa Nilüfer İlçesi Fsm Bulvarı çevresinde bulunan ve alan çalışması için seçilen parklar Resim 2'de gösterilmiştir. Anket çalışması için seçilmiş olan 14 parkın görselleri ve kapladıkları alanlar ise Tablo 1'de gösterilmiştir.





Şekil 1. Alan çalışmasının yapıldığı konum.



Şekil 2. Anket çalışması için seçilen parklar.

Tablo 1. Alan çalışması için seçilen parkların görselleri ve kapladıkları alanlar.

	Parkların Kapladığı Alan (m ²) (TKGM, 2022)
Çamlık Park	
	
	28400 m ²

Fesleğen Park



2850 m²

Gençlik Park



7475 m²

Durusoy Park



5315 m²

Sardunya Park



1400 m²

Yasemin Park



3029 m²

Dalyan Park



9900 m²

İpekçiçeği Park



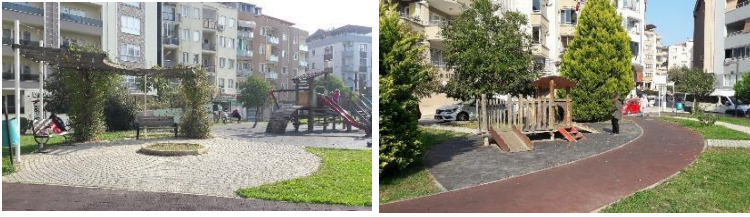
3000 m²

Ortanca Park



6000 m²

Yonca Park



4853 m²

İhsaniye Park



2180 m²

Papatya Parkı



972 m²

Star Park



5300 m²

Manolya Park



5300 m²

Çalışmada veri toplama yöntemi olarak 40 sorudan oluşan bir anket çalışması uygulanmıştır. Ankette yer alan sorular “güvenlik”, “ergonomi”, “işitsel konfor”, “görsel konfor”, “temiz çevre”, “ısı konfor”, “işlevsellik ve yeterlilik”, “yeşil doku”, “malzeme” ve “pandemi sonrası ihtiyaçlar” olmak üzere on ana başlık altında değerlendirilmiştir.

Yapılan anket çalışmasının sonucunda, parklardaki mevcut durumun belirlenebilmesi için, 5’li likert ölçeği ve buna uyarlanmış bir puanlama sistemi olarak kullanılmıştır. Her bir anket sorusuna verilen cevaplardan “kesinlikle katılıyorum” 2, “katılıyorum” 1, “ne katılıyorum ne katılmıyorum” 0, “katılmıyorum” -1, “kesinlikle katılmıyorum” -2 ile çarpılıp bu değerlerin toplanması ile toplam anket puanı elde edilmiştir. Hesaplanan anket puanları sonucunda bir değerlendirme kriteri oluşturulmuştur. Bu sıralamaya göre -280 ve -210 arası puan alan kriterler “kesinlikle katılmıyorum”, -210 ve -70 arası puan alan kriterler “katılmıyorum”, -70 ve +70 arası puan alan kriterler “kararsız”, +70 ve 210 arası puan alan kriterler “katılıyorum”, 210 ve 280 arası puan alan kriterler “kesinlikle katılıyorum” olarak değerlendirilmiştir. Puan değerlendirme aralıkları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Puan değerlendirme aralıkları.

Alınan Puan	Değerlendirme Aralığı
(-280) – (-210)	Kesinlikle Katılmıyorum
(-209) – (-70)	Katılmıyorum
(-69) – (+70)	Kararsız
(+71) – (+210)	Katılıyorum
(+211) – (+280)	Kesinlikle Katılıyorum

4. BULGULAR

İlk olarak anket çalışmasına katılan örneklemin demografik özellikleri incelenmiştir. Cinsiyet durumu incelendiğinde, kadın kullanıcıların erkek kullanıcılara göre 3 kat daha fazla olduğu görülmüştür.

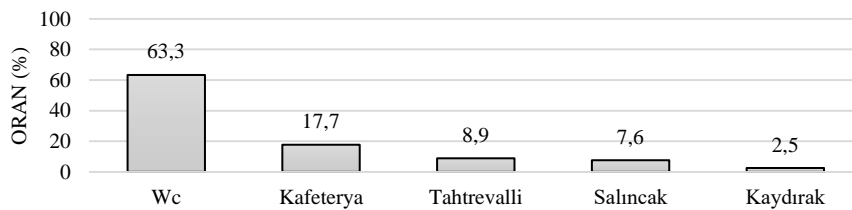
Parklardaki örneklemin yaş durumu incelendiğinde, parkları çoğunlukla 16-25 yaş arası gençlerin kullandığı görülmüştür. Örneklemin eğitim durumları incelendiğinde çoğunlukla lisans ve lise eğitim seviyesinde oldukları tespit edilmiştir. Parklara gelen kişiler, çoğunlukla çocuksuzdur. Parklara yanında çocuk ile gelen kişiler ise çoğunlukla çocuğun annesi olmakla beraber sırasıyla akraba, arkadaş, baba ve bakıcılar olarak tespit edilmiştir. Tablo 3'te örneklemin demografik özellikleri gösterilmiştir.

Örneklemin parka geliş sıklığı incelendiğinde çoğunlukla haftada 2-3 kere, haftada 1 kez ve 2-3 haftada bir seçenekleri ortaya çıkmıştır.

Tablo 3. Örneklemin demografik özellikleri.

Örneklemin Demografik Özellikleri	
Cinsiyet	%
Kadın	74,8
Erkek	25,2
Yaş	%
7-15	7,9
16-25	46,0
26-35	14,4
36-45	14,4
46-55	5,8
56 ve üstü	11,5
Eğitim Durumu	%
İlkokul	7,2
Lise	41,7
Lisans	48,9
Lisansüstü	2,2
Diğer	0,0
Çocuğa Yakınlık Derecesi	%
Anne	20,7
Baba	3,6
Bakıcı	0
Akraba	10,0
Arkadaş	3,6
Diğer	10,0
Yorum yok	51,4

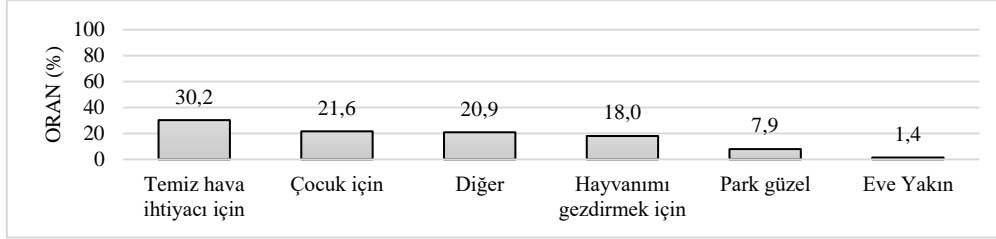
Şekil 1'de ankete katılan kullanıcılar tarafından çocuk oyun alanlarında ihtiyaç duyulan fonksiyon ve elemanlar gösterilmiştir. Kullanıcıların parklarda ihtiyaç duydukları elemanlar incelendiğinde, wc ve kafeterya ihtiyacı ön plana çıkmıştır. Parktaki kullanıcıların çoğunlukla çocuksuz bireyler olması nedeniyle kullanıcıların park elemanlarından ziyade çevresindeki fonksiyonlara ihtiyacı olduğu görülmüştür.



Şekil 3. Katılımcılar tarafından parklarda ihtiyaç duyulan fonksiyon ve elemanlar.

Şekil 2’de kullanıcıların parklarda vakit geçirmeyi tercih ediş nedenleri gösterilmektedir. Parkın kullanıcılar tarafından tercih edilme nedeni incelendiğinde, pandeminin getirdiği izolasyon ve kısıtlamalar ile birlikte temiz hava ihtiyacı ön plana çıkmaktadır. Diğer başlıca sebepler arasında, çocuk için olması, diğer, evcil hayvan gezdirmek, parkın güzel olması ve eve yakınlık bulunmaktadır.

Kullanıcıların anket çalışmasında sorulan tüm sorular ve bu sorulara vermiş oldukları yanıtlar Tablo 4’te topluca gösterilmiştir.



Şekil 4. Kullanıcıların parklarda vakit geçirmeyi tercih ediş nedenleri.

Tablo 4. Anketlere verilen yanıtların parametrelere göre incelemesi.

Parametreler	Sorular	Oran (%)				
		Kesimlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılıyorum	Kesimlikle Katılıyorum
Güvenlik	Park trafik vb. dış çevre etkilerine karşı güvenlidir	9	11	9	26	44
	Parkın içerisi çocuklar için güvenli bir ortam sağlar	7	12	16	29	36
	Parkta bulunan aletler çocuklar için güvenlidir	8	13	19	32	28
	Zemin malzemesi güvenlik açısından uygundur	14	19	16	22	29
Ergonomi	Oyun aletleri kullanım açısından ergonomiktir	6	13	17	32	31
	Parkta bulunan oturma elemanları ergonomiktir	11	10	17	31	30
	Parktaki merdivenler kullanıma uygundur	6	10	29	27	27
İşitsel Konfor	Parkta dışarıdan gelen gürültü rahatsız edici değildir	8	14	8	24	46
	Parkta iç çevre sesleri rahatsız edici değildir	6	9	7	20	58
	Parkta konuşma seslerini rahatlıkla duyabiliyorum	2	4	6	30	57
Görsel Konfor	Gece aydınlatması yeterlidir	18	9	32	18	23
	Park yeterli gün ışığı almaktadır	1	3	6	24	66
Hijyen ve temizlik	Park ve çevresinin temizliğinden memnunum	29	18	18	17	19
	Parkta bulunan aletler çocuklar için hijyeniktir	39	24	23	10	4
Isıl Konfor	Yaz aylarında park sıcaklığından memnunum	9	6	15	30	40
	Kış aylarında park soğuktur, memnun değilim	18	16	20	27	19
	Çevre binalar park alanındaki güneşi engellemez	8	14	12	29	36
	Park alanı rüzgar almıyor	26	20	14	22	19
İşlevsellik-Yeterlilik	Parkın tasarımından memnunum	11	18	17	21	33
	Bu park engelliler için kullanıma uygundur	44	17	12	18	9
	Parkın içindeki oyun alanları yeterlidir	27	22	16	14	21
	Koşu ve yürüyüş alanı yeterlidir	21	19	11	19	30
	Parktaki oturma alanları yeterlidir	23	22	9	14	33
	Bulunan wc ve sosyal donatı alanları yeterlidir	70	15	5	6	4
Yeşil Doku	Oyun parkında güneşten koruyucu üst örtü vardır	72	20	4	3	1
	Yeşil alanlar yeterlidir	9	9	10	15	57
	Parktaki bitkilendirme çocuklar için uygundur	14	10	17	26	33
	Yeşil doku estetik olarak güzeldir	9	10	16	25	40
Malzeme	Zemin malzemesinden memnunum	16	17	19	23	26
	Oturma elemanlarının yapıldığı malzemedem memnunum	10	15	14	21	39
	Oyun aletlerinin malzemesinden memnunum	9	19	24	29	20

Pandemi sonrası	Aktivite alanlarını düzenli olarak kullanıyorum	25	22	12	16	24
	Bu parkta güzel vakit geçiriyorum	2	6	16	29	47
	Parka gelme sıklığım arttı	19	9	19	19	35
	Eskiden de bu mevsimde parka gelirdim	10	9	11	29	41
	Pandemi öncesi döneme göre parka gelme amacım değişti	40	12	13	14	21
	Parkta sosyal mesafe ve maske kuralına uyuyorum	12	10	19	29	29
	Parkta kendimi güvende hissediyorum (pandemi açısından)	6	9	9	24	52
	Parka geldiğimde maskemi çıkararak oturabiliyorum	3	2	3	31	61
	Parkın tasarımının pandemi koşullarına uygun olduğunu düşünüyorum	14	7	18	27	34

Elde edilen verilere göre parkların kullanıcı memnuniyetini ifade eden anket puanları Tablo 5'te gösterilmiştir. Kullanıcıların memnun oldukları alt parametreler "yeşil" ve "koyu yeşil", kararsız olunan alt parametreler "açık sarı", memnun olunmayan alt parametreler "koyu kahverengi" ve "kırmızı" renk ile ifade edilmiştir.

Pandemi sonrasında kullanıcıların ihtiyaç duyduğu birimlere ait görüşlerini içeren anket puanları ise Tablo 6' da incelenmiştir.

Tablo 5. Yapılan anket çalışmasında parklara dair elde edilen anket puanları.

Parametreler	Alt parametreler	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Anket Puanı (Toplam)
Güvenlik	Dış etkenlere karşı güvenlik	-26	-16	0	37	122	117
	İç güvenlik	-20	-17	0	41	100	104
	Donatı elemanların güvenliği	-22	-18	0	45	78	83
	Zemin malzemesinin güvenilir olması	-40	-26	0	31	82	47
Ergonomi	Oyun aletlerinin ergonomisi	-18	-18	0	45	88	97
	Oturma elemanlarının ergonomisi	-32	-14	0	44	84	82
	Merdivenlerin kullanıma uygunluğu	-18	-14	0	38	76	82
İşitsel Konfor	Dış çevre sesleri	-22	-20	0	33	130	121
	İç çevre sesleri	-18	-12	0	28	162	160
	Konuşma seslerini rahat duyabilme	-6	-6	0	42	160	190
Görsel Konfor	Gece aydınlatması	-50	-13	0	25	64	26
	Gün ışığı	-4	-4	0	33	186	211
Hijyen ve temizlik	Park ve çevresinin temizliği	-80	-25	0	24	52	-29
	Donatının hijyenik olması	-108	-34	0	14	12	-116
Isıl Konfor	Yaz mevsimlerinde park sıcaklığı	-24	-9	0	42	112	121
	Kış mevsimlerinde kullanım	-50	-23	0	38	52	17
	Çevre binaların güneş ışığını engellememesi	-22	-20	0	41	102	101
	Parkın rüzgar almaması	-72	-28	0	31	52	-17
İşlevsellik-Yeterlilik	Parkın tasarımı	-30	-25	0	30	92	67
	Engelli vatandaşlar için uygunluk	-124	-24	0	25	24	-99
	Oyun alanı yeterliliği	-76	-31	0	20	58	-29
	Koşu ve yürüyüş alanı yeterliliği	-60	-26	0	27	84	25
	Oturma alanları yeterliliği	-64	-31	0	19	92	16
	Wc ve sosyal donatı yeterliliği	-196	-21	0	9	10	-198
Yeşil Doku	Güneş koruyucu üst örtü	-202	-28	0	4	2	-224
	Yeşil alan yeterliliği	-26	-12	0	21	160	143
	Bitkilerin çocuklar için uygunluğu	-38	-14	0	37	92	77
Malzeme	Yeşil dokunun estetik olması	-26	-14	0	35	112	107
	Zemin malzemesi	-44	-24	0	32	72	36
	Oturma elemanlarının malzemesi	-28	-21	0	30	110	91
	Oyun aletlerinin malzemesi	-24	-27	0	40	56	45

■ Kesinlikle katılmıyorum
 ■ Katılmıyorum
 ■ Kararsızım
 ■ Katılıyorum
 ■ Kesinlikle katılıyorum

Tablo 6. Pandemi sonrasında kullanıcıların ihtiyaç duyduğu birimlere ait görüşlerini içeren anket puanları.

Sorular	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Ne Katılmıyorum Ne Katılıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum	Anket Puanı (Toplam)
Aktivite alanlarının düzenli kullanılması	-70	-31	0	23	68	-10
Bu parkta güzel vakit geçiriyorum	-6	-9	0	40	132	157
Parka gelme sıklığım arttı	-52	-12	0	26	98	60
Eskiden de bu mevsimde parka gelirdim	-28	-12	0	41	114	115
Pandemi öncesi döneme göre parka gelme amacım değişti	-112	-17	0	20	58	-51
Parkta sosyal mesafe ve maske kuralına uyuyorum	-34	-14	0	41	82	75
Parkta kendimi güvende hissediyorum (pandemi açısından)	-18	-12	0	33	146	149
Parka geldiğimde maskemi çıkararak oturabiliyorum	-8	-3	0	44	170	203
Parkın tasarımının pandemi koşullarına uygun olduğunu düşünüyorum	-38	-10	0	38	96	86

Kesinlikle katılmıyorum
 Katılmıyorum
 Kararsızım
 Katılıyorum
 Kesinlikle katılıyorum

5. SONUÇ

Parklar, çocukların zihinsel, fiziksel ve psikolojik yönden gelişimleri açısından oldukça önemlidir. Ancak günümüzde özellikle pandemi sürecinde sadece çocukların kullanımına değil genç ve yetişkinlerin de sosyalleşmek ve açık havada zaman geçirmek adına sıklıkla tercih ettikleri alanlar haline dönüştükleri tespit edilmiştir. Bu doğrultuda parkların belirli kriterlere uygun tasarlanması ve çocukların gereksinimlerini, parklardan beklentilerini karşılamasının yanı sıra diğer yaş grubuna ait kullanıcılara ve onların ihtiyaçlarına da cevap verebilir nitelikte olması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Kullanıcılar açısından bir değerlendirme yapıldığında; zemin kaplama malzemesi, tercih edilen oyun elemanları, bu oyun elemanlarının malzemeleri, oyun alanlarında çeşitlilik, park içerisinde kullanılan renkler, yönlendirmeler ve işaretlemeler, güvenlik önlemleri gibi birçok tasarım kriterinin dikkate alınması gerekliliği vurgulanmıştır. Bu kriterler dikkate alındığında parkların, kullanıcılar açısından daha ilgi çekici olması ve gereksinimleri karşılamalarına olanak sağlaması gerekmektedir.

Alan çalışması için seçilen 14 park kendi arasında değerlendirildiğinde, parkların 7 tanesinin 5000 m2 üzerinde olup 7 tanesinin de 5000 m2'den küçük olduğu tespit edilmiştir. Parkların kullanıcılara sunduğu olanaklar incelendiğinde, 6 parkta spor alanı bulunmakta olup diğer park alanlarında spor alanları bulunmamaktadır. Parkların tercih nedenleri incelendiğinde; çocuk için tercih edilmesi, parkın sevilmesi, parkın konumu, temiz hava isteği vb. nedenler 14 park için kullanıcıların belirttiği ortak nedenlerdir.

Anket sonuçları değerlendirildiğinde ise aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Parkların genç nüfus tarafından daha çok tercih edildiği görülmüştür. Gençler, parkları çoğunlukla burada vakit geçirmekten keyif aldıkları için veya eve/okula yakın olması sebebiyle tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Bununla

birlikte parkı kullanan orta yaş grubu, çoğunlukla çocuklarını parka getirmek amacıyla ve eve yakın olması sebebiyle bu alanları tercih etmektedirler. İleri yaş grubu ise genellikle temiz hava ihtiyacını giderebilmek ve torunlarını eğlendirmek amacıyla bu parkları kullanmaktadır. Kullanıcı profiline büyük bir çoğunluğunu ise kadınlar oluşturmaktadır.

Pandeminin getirdiği sosyal izolasyon ve temiz hava ihtiyacı ile birlikte parklarda, kullanıcıların temel ihtiyacını karşılayabileceği WC ve kafeterya gibi ek fonksiyonlara ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir. Parkın gölgelemesinde sadece ağaçların kullanılması yetersiz bulunmuştur. Kullanıcılar vermiş oldukları yanıtlarda park alanlarında üst örtü eksikliğini vurgulamışlardır. Oyun elemanları ve alanları da donatı bakımından yetersiz ve niteliksiz bulunmuş, kullanıcılar yeni eleman ihtiyacını belirtmişlerdir. Parklardaki kullanıcı memnuniyetini arttırabilmek amacıyla parklarda bu eksikliklerin giderilmesi, gerekli eklemeler ve düzenlemelerin yapılması, kullanıcı memnuniyeti açısından olumlu bir etki oluşturacaktır.

Bu çalışma, açık alanlarda vakit geçirmek ve fizyolojik ve psikolojik açıdan gelişime destek olması açısından oldukça önemli bir yere sahip olan park alanlarında, eksikliklerin ve ihtiyaçların belirlenmesi ve yeni yapılacak olan tasarımlarda bu noktalara dikkat edilmesi konusunda tasarımcılara rehber olması açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların bundan sonra yapılacak yeni park alanlarına ait ihtiyaçlar konusunda, kullanıcı memnuniyetinin sağlanması yönünde, tasarımcılara yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Akpınar, A. (2017). Urban green spaces for children: a cross-sectional study of associations with distance, physical activity, screen time, general health, and overweight. *Urban For. Urban Green.* 25, 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.05.006>.
- Asımgil, B. (2012). Sustainable Planning of Urban Parks – The Case of Balıkesir Turkey. *Megaron*, 7(1), 1-14.
- Aydoğdu, H. (2017). Parklar (Mahalle, Semt, Kent). Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Konya.
- Ayoğlu, B. O. (2010). Zafer Anıtı-Güvenpark-Tbmm Kent Aksının Varolann Durumunun İrdelenmesi Ve Cumhuriyet Aksı Olarak Yeniden Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara.
- Chen, Y., Liu, X., Gao, W., Wang, R. Y., Li, Y., & Tu, W. (2018). Emerging social media data on measuring urban park use. *Urban forestry & urban greening*, 31, 130-141. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.02.005>
- Chiesura, A. (2004) "The role of urban parks for the sustainable city" *Landscape and Urban Planning*, 68(1), pp. 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003>

- Coldwell, D.F., Evans, K.L. (2018). Visits to urban green-space and the countryside associate with different components of mental well-being and are better predictors than perceived or actual local urbanisation intensity. *Landsc. Urban Plan.* 175, 114–122.
- Corley, J., Okely, J.A., Taylor, A.M., Page, D., Welstead, M., Skarabela, B., Russ, T.C. (2021). Home garden use during COVID-19: Associations with physical and mental wellbeing in older adults. *J. Environ. Psychol.* 73, 101545.
- Elinç, H. (2011). Görsel Kalite Değerlendirmesi Yöntemi İle Antalya İli Alanya İlçesindeki Abdurrahman Alaettinoğlu Ve Alanya Belediye Başkanları Kent Parklarının İrdelenmesi. Yüksek Lisan Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Konya.
- Ertekin, N. (1992). Yeşil Alan Olarak İzmir İçin Önemi Olan Kültürparkın Bitki Varlığının Saptanması, Korunması ve Geliştirilmesi Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, İzmir.
- Eşbah, H. (2006). Aydın’da Kent Parklarının Bazı Ekolojik Kalite Kriterleri Yönünden İrdelenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 15(58), 42-48.
- Eyüboğlu, Z. (2008). Kentsel Mekânların Bedensel Engelliler Tarafından Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı İzmir.
- Fagerholm, N., Eilola, S., Arki, V. (2021). Outdoor recreation and nature’s contribution to well-being in a pandemic situation-Case Turku. *Finl. Urban For. Urban Green.* 64. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127257>.
- Geerts, P., Raeyenmaekers, K. (2013) “Park for the future. A best practice guide for the 21st century. http://issuu.com/lucifer/docs/parkvoordetoekomst_eng (Erişim Tarihi: 05.01.2023).
- Gürer, N., Uğurlar, A. (2017). Kent Parklarında Kullanıcı Memnuniyeti: Ankara Kuğulu Park Örneği. *Megaron*, 12(3).
- He, D., Miao, J., Lu, Y., Song, Y., Chen, L., Liu, Y. (2022). Urban greenery mitigates the negative effect of urban density on older adults’ life satisfaction: Evidence from Shanghai, China. *Cities* 124, 103607.
- Heckert, M., Bristowe, A. (2021). Parks and the pandemic: a scoping review of research on green infrastructure use and health outcomes during COVID-19. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18 (24). <https://doi.org/10.3390/ijerph182413096>.
- Holland, W.H., Powell R.B, Thomsen, J.M., Monz, C. A., (2018). A systematic review of the psychological, social, and educational outcomes associated with participation in wildland recreational activities. *Journal of Outdoor Recreation, Education, and Leadership*, 10(3) pp.197–225. <https://doi.org/10.18666/JOREL-2018-V10-I3-8382>
- Honey-Rosés, J., Anguelovski, I., Chireh, V. K., Daher, C., Konijnendijk van den Bosch, C., Litt, J. S., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2021). The impact of COVID-19 on public space: an early review of the emerging questions—design, perceptions and inequities. *Cities & health*, 5(1), 263-279.
- Jamil A. B. (2002) *A Design Guide for Public Parks in Malaysia*, Skudai: Penerbit Universiti

Teknologi, Malaysia.

- Jaung, W., Carrasco, L.R., Shaikh, S.F.E.A., Tan, P.Y., Richards, D.R. (2020). Temperature and air pollution reductions by urban green spaces are highly valued in a tropical city-state. *Urban For. Urban Green*. 55, 126827. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126827>.
- Karlier, G. (2017). Kent Parkları Kavramı ve Bursa Kent Parklarında Kullanıcı Memnuniyetinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Bursa.
- Lehberger, M., Kleih, A.-K., Sparke, K. (2021). Self-reported well-being and the importance of green spaces-a comparison of garden owners and non-garden owners in times of COVID-19. *Landsc. Urban Plan*. 212. <https://doi.org/10.1016/j.lurbplan.2021.104108>.
- Neal, P. (2013). Rethinking Parks Exploring New Business Models For Parks In The 21 Century. <https://www.nesta.org.uk/report/rethinking-parks-new-business-models-for-parks/> (Erişim Tarihi: 11.10.2022).
- Orban, E., Sutcliffe, R., Dragano, N., Joeckel, K.-H., Moebus, S. (2017). Residential Surrounding Greenness, Self-Rated Health and Interrelations with Aspects of Neighborhood Environment and Social Relations. *J. Urban Health-Bull. N. Y. Acad. Med.* 94 (2), 158-169. <https://doi.org/10.1007/s11524-016-0112-3>.
- Özdemir, A. (2009). Katılımcı Kentli Kimliğinin Oluşumunda Kamusal Yeşil Alanların Rolü; Ankara Kent Parkları Örneği. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 144-153.
- Özkır, A. (2007). Kent Parkları Yönetim Modelinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Poortinga, W., Bird, N., Hallingberg, B., Phillips, R., Williams, D. (2021). The role of perceived public and private green space in subjective health and wellbeing during and after the first peak of the COVID-19 outbreak. *Landsc. Urban Plan*. 211. <https://doi.org/10.1016/j.lurbplan.2021.104092>.
- Pouso, S., Borja, A., Fleming, L.E., Gomez-Baggethun, E., White, M.P., Uyarra, M.C. (2021). Contact with blue-green spaces during the COVID-19 pandemic lockdown beneficial for mental health. *Sci. Total Environ*. 756. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143984>.
- Rajoo, K.S., Karam, D.S., Abdu, A., Rosli, Z., Gerusu, G.J. (2021). Addressing psychosocial issues caused by the COVID-19 lockdown: can urban greeneries help. *Urban For. Urban Green*. 65. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127340>.
- Rice W. L, Pan B. (2020). Understanding drivers of change in park visitation during the COVID-19 pandemic: a spatial application of Big data. *SocArXiv*. <https://doi.org/10.31235/osf.io/97qa4>
- Ritchie H, Ortiz-Ospina, E., Beltekian, D., Mathieu, E., Hasell, J., Macdonald, B., Giattino, C., Roser, M. (2020). Policy Responses to the Coronavirus Pandemic. <https://ourworldindata.org/policy-responses-covid> (Erişim Tarihi: 15.12.2022).
- Rung A. L., Mowen, A. J., Broyles, S. T., Gustat, J. (2011). The role of park conditions and features on park visitation and physical activity. *J Phys Activ Health*, 8(2), pp. 178-187. <https://doi.org/10.1123/jpah.8.s2.s178>

- Saeedi, I., Dabbagh, E. (2021). Modeling the relationships between hardscape color and user satisfaction in urban parks. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), pp. 6535-6552. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00866-z>
- Samuelsson, K., Barthel, S., Colding, J., Macassa, G., Giusti, M. (2020). Urban nature as a source of resilience during social distancing amidst the coronavirus pandemic. *OSF Preprints*. <https://doi.org/10.31219/osf.io/3wx5a>
- Samuelsson, K., Barthel, S., Giusti, M., Hartig, T. (2021). Visiting nearby natural settings supported wellbeing during Sweden's "soft-touch" pandemic restrictions. *Landsc. Urban Plan.* 214. <https://doi.org/10.1016/j.lurbplan.2021.104176>
- Thomsen, J. M., Powell, R. B., Allen, D. (2013). Park health resources: Benefits, values, and implications. *Park Science*, 30(2), pp. 30–36.
- TKGM (2022). Turkish Land Registry and Cadastre. <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/#ara/cografi/40.23185567472554/28.977223634719852> (Erişim Tarihi: 02.10.2022).
- Twohig-Bennett, C., Jones, A. (2018). The health benefits of the great outdoors: a systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. *Environmental Research*, 166, pp. 628–637.
- Endeksa, 2022. Nilüfer bölgesinin demografik özellikleri. (Erişim Tarihi: 01.07.2022). <https://www.endeksa.com/tr/analiz/bursa/nilufer/demografi>
- Wolch, J.R., Byrne, J., Newell, J.P. (2014). Urban green space, public health, and environmental justice: the challenge of making cities 'just green enough'. *Landsc. Urban Plan.* 125, 234–244.
- World Health Organization (WHO) (2020). WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19. <https://www.who.int/director-general/speeches/detail> (Erişim Tarihi: 12.11.2022).

KENTLERDE SOSYAL VE MEKÂNSAL AYRIŞMANIN RESİM SANATINA ETKİLERİ

Fergana Kocadoru Özgör

Güzel Sanatlar Fakültesi, Resim Bölümü, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye,
fergana.ozgor@balikesir.edu.tr, 0000-0002-2885-7917

Özet

Kent ve insan etkileşiminin tarihi, ilk çağlara kadar uzanmaktadır. Çeşitli dönemlerde yerleşim alanları ve kent kültürü değişse de kentin etkileşim alanı olması durumu her dönemde karşımıza çıkmaktadır. Kimi zaman dinsel, kimi zaman sosyal ve ticari bir alan olan kent, Sanayi Devrimi'ne kadar bütünleştirici bir yana sahip olmuştur. Sanayileşme Dönemi'nde işçi sınıfının oluşmasıyla birlikte kapitalist toplumun sınıfsal farklılıkları karşımıza çıkmaktadır. Bu sınıfsal farklılıklar kentin bütünleştirici özelliğini kaybetmesine neden olmuştur. Fakir kesimin kötü hayat koşulları ile banliyölere çekilmesiyle birlikte, kent merkezi kentsoylu kesim için adeta kendini gösterdiği bir sahneye dönüşmüştür. Bu durum kentleri sosyal ve mekânsal ayrışmaya itmiştir. Kentlerdeki sosyal ve mekânsal ayrışma dönemin sanatçıları da etkilemiş 18. ve 19. yüzyıl ressamı bu durumu oldukça gerçekçi bir biçimde resmetmişlerdir. 20 yüzyılın başına geldiğimizde ise karşımıza I. ve II. Dünya Savaşı'ndan zarar görmüş olumsuz bir kent deneyimi çıkmaktadır. 20. Yüzyılın ikinci döneminde ise üst sınıfın kendini kent mekânından soyutlayıp şehir dışına yerleşim kurması kentsel ve mekânsal ayrışmaya örnek oluşturmaktadır. Resim sanatında özellikle Amerikan sanatçılar bu durumu eserlerinde yansıtmıştır. 21. Yüzyılda ise kentsel ve mekânsal ayrışma farklı bir biçimde karşımıza çıkmaktadır. Artık bu dönemde toplumsal statüsü ne olursa olsun bireyler enformasyon toplumu krizi yaşamakta artık kent mekanının fiziksel anlamı değişime uğramaktadır. Dijital teknolojiler bireyi adeta ev ortamına hapsedmekte ve dış mekanla iletişimini kesmektedir. Günümüz sanatçıları bu durumu güncel bir sorunsal olarak ele alıp farklı disiplinlerle iş üretmektedirler. Bu çalışmada kentlerdeki sosyo-mekansal ayrışmanın sebepleri araştırılmıştır. Çalışmanın amacı ise bu ayrışmanın rönesanstan günümüze resim sanatına etkisini örneklerle incelemektir. Sanayi Devrimi'nde daha keskin bir hal alan sosyal ve mekânsal ayrışma günümüze kadar devam etmiş, resim sanatında bu konu ayrışmanın niteliğine göre farklı biçimlerde işlenmiştir. Bu doğrultuda çalışma kentlerdeki sosyo-mekansal ayrışmanın eserlere etkisi kronolojik olarak incelemektedir.

Anahtar Kelimeler: Kent, Resim, Mekân, Birey.

THE EFFECTS OF SOCIAL AND SPATIAL SEGREGATION IN CITIES ON PAINTING

Abstract

The history of the interaction of the city and people date back to early ages. Even though areas of settlement and urban culture varies at different periods of time, the fact that the city is an interaction zone is valid for every period. The city, which is sometimes a religious, a social and a commercial area, had an integrative aspect until the Industrial Revolution. The working class has appeared during the Perion of Industrialization, and thus class differences of the capitalist society into have evolved. These differences have caused the loss of the integrative attribute of the city. The poor have withdrawn into suburbs with bad living conditions, and in this way the city center has almost turned into a scene for the bourgeoisie. This situation has pushed cities into a social and a spatial separation. The social and spatial segregation period in the cities also affected the artists, and the 18th and 19th century painters portrayed this situation in a very realistic way. The beginning of the 20th century sets a negative city experience which had been damaged during Ist and IInd World Wars. The second half of the 20th century poses an example for the upper class isolating itself from the urban space and establishing settlements outside the city, which is an example of urban and spatial segregation. In the art of painting, especially American artists reflected this situation in their works. In the 21st century, on the other hand, urban and spatial segregation emerges in a different way. In this period, regardless of their social status, individuals are experiencing an information society crisis and the physical meaning of urban space is changing. Digital technologies imprison the individual at home environment and where communication with the outdoor is cut off. Today's artists consider this situation as a current problem and produce works with different disciplines. In this

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Geliş/Received: 07.03.2023 Kabul/Accepted: 24.06.2023

Kocadoru Özgör, F. (2023). Kentlerde Sosyal Ve Mekânsal Ayrışmanın Resim Sanatına Etkileri. KARESİ Journal of Architecture, 2(1): 18-28.

study, the causes of socio-spatial segregation in cities were investigated. The aim of the study is to examine the effect of this segregation on the art of painting from the renaissance to the present with examples. This social and spatial segregation has taken a sharper turn during the Industrial Revolution, and has continued until today. spatial. In the art of painting, this matter is studied varying according to the nature of the segregation. For this purpose, the effect of the socio-spatial segregation in the cities on the works are examined chronologically.

Key words: City, Painting, Space, Individual.

1. GİRİŞ

Kent, insanlığın başlangıcından günümüze uzanan süreçte etkileşim mekânı özelliğini korumuştur. İnsanlık ilk çağdan itibaren barınma ve kendini koruma iç güdüsü ile mağaralardaki yerleşimden modern kentlere uzanan süreçte kendine alanlar yaratmıştır. Paleolitik Çağ'da mağaralar ile yaşam alanını keşfeden insanoğlu, bu dönemde doğa ile mücadele halindedir. İklim ve besin durumuna göre Paleolitik Çağ'da sürekli yer değiştiren insan topluluklarında, sabit bir yerleşim yeri algısı bulunmamaktadır. Neolitik döneme geldiğimizde ise kentlerin oluşumuna tanık olunmaktadır. Kentlerin temelleri, hac amacıyla toplanma yerleri olarak atılmıştır (Mumford, 2013, s.21). Doğum, ölüm gibi gündelik olayların gizemi karşısında büyülenen insanlık bu durumları kutsamak için alan arayışına girmiştir. Böylelikle ilkel mabetler yapılmaya başlanmıştır. Neolitik çağda tarımın yapılması ve hayvanların evcilleştirilmesi de sabit tarım köylerinin kurulmasını sağlamıştır. Neolitik dönem köyleri, günümüz kentlerinin temelini oluşturmaktadır. Bu dönemde herhangi bir kentsel krizden söz edemeyiz. Neolitik dönem yerleşimlerinde barış içinde imece usulü bir yaşam tarzı benimsenmiştir. Neolitik çağ sonu olarak nitelendirilen Paleo-neolitik dönemde günümüz kentlerine yakın bir kent kavramı karşımıza çıkmaktadır. Neolitik dönemin naif tarım köyleri, eril gücün hâkim olduğu sert ve savunma amaçlı alanlara dönüşmüştür. Krallar yetkileriyle adeta tanrılaştırılmıştır. Dışarıdan gelebilecek her türlü saldırıya karşı şehirler surlarla çevrilmiş, eski güvenli küçük tarım köylerinin yerini her an savaşa hazır korunaklı şehirler almıştır. Antik Mezopotamya ve Roma Uygarlığında kentler savunma ve yayılma politikasında olsa da bu dönemde kent, bireyin sosyal olarak etkileşim kurduğu bir alan haline gelmiştir. Örneğin Babil, döneminin en büyük kenti olup ticaret ve dini bir merkez haline gelmiştir (Öztürk, 2014, s.39). Özellikle Antik Yunan kentlerinde yaşayanlar için pek çok aktivite düzenlenmiştir. Spor müsabakaları, tiyatrolar, müzik gibi etkinlikler bireyin bulunduğu mekânı sadece koruma amacıyla değil, sosyal olarak da kendini gösterdiği bir yere dönüştürmüştür. Günümüz metropollerinin atası olan Yunan "polis'leri" yurttaşın kişiliğinde hayat bulmuştur (Mumford, 2013, s.214). Ortaçağ'a geldiğimizde ise karşımıza kilise odaklı bir kent planı karşımıza çıkmaktadır. Kentlerin merkezindeki gösterişli kiliseler, dinin gücünü kentlilere göstermek için yapılmışlardır. Ayrıca ortaçağ kentlerinin etrafındaki surlar da güvenlik için yapılsa da ortaçağ kentlilerinin üzerinde bir denetim ve baskı yaratmıştır. Yoğun din baskısı içinde ve surlarla yalıtılan kent sakinleri Rönesans dönemine kadar karanlık bir çağ yaşamışlardır. Orta çağ sakinleri pazar ve panayırlar ile kent ile ilişki kursa da (ticaret, tiyatro, şiir) resim sanatı anlamında kent mekân ilişkisi

karşımıza çıkmamaktadır. Bu dönemde kilisenin etkisiyle dini resimler ve süslemeler önem kazanmıştır. Yukarıda belirttiğimiz tüm dönemlerde mutlaka resim sanatı icra edilse de bireyin kentsel mekân deneyimini çok net yansıtan resimler, perspektif kurallarının da bulunmasıyla Rönesans döneminde başlamıştır. Ortaçağ'ın bitimiyle başlayan Rönesans'ta yeni ve çağdaş bir dünya görüşü yaygınlaşmış, sanat ve sosyal hayatta kilisenin etkisi azalmıştır. Coğrafi keşifler ile zenginleşen kentler, kendi aralarında adeta mimari bir yarışa girmişlerdir. Bunun sonucunda kentlerde mekân sanatsal anlamda kendini göstermeye başlamıştır. Bu çalışmada rönesanstan günümüze kentlerde sosyal ve mekânsal ayrışmanın resim sanatına etkisinin nasıl olduğu sanat tarihinden örneklerle açıklanması amaçlanmıştır. Araştırmada sanat tarihi, sosyoloji, mimarlık kitaplarından literatür taraması yapılarak genel kavramsal bir çerçeve oluşturmak hedeflenmiştir. Sonuç olarak kentlerdeki mekânsal ve sosyal değişimin resim sanatında önemli bir sorunsal olduğu saptanmıştır.

2. KENTLERDE SOSYAL VE MEKÂNSAL AYRIŞMANIN RESİM SANATINA ETKİLERİ

Resim sanatında sanatçının kentsel mekân deneyimi ilk olarak Rönesans ile başlamıştır. Eserlerde mimari perspektifin kullanılması mekanlarda derinlik ve 3 boyutluluk hissi yaratmış bunun sonucunda da figür ile mekân birbirini tamamlar hale gelmiştir. Ortaçağ resimlerinde mekan ve mimari, skolastik düşünceyi desteklemek için bir araç iken Rönesans resminde figür ile mekan ilişkisi başlı başına bir konu oluşturmuştur. Buna örnek olarak Erken Dönem Rönesans ustalarının resimleri karşımıza çıkmaktadır. Ambrogio Lorenzetti'nin "İyi Yönetimin Sonuçları" adlı eserinde ressam Siena şehrinde yaşayan mutlu insanları resmetmiştir. Resimdeki binalarda perspektif ve derinlik de verilmeye çalışılmıştır. Binalar önünde mutlu kent sakinleri, şehirde refah içinde tasvir edilmiştir (Krausse, 2005, s.8).



Şekil 1. Ambrogio Lorenzetti, İyi Yönetimin Sonuçları, Fresk, 1337-40.

Rönesans'tan sonra karşımıza daha karanlık bir dönem olan Barok dönem çıkmaktadır. Bu dönemde din ve mezhep savaşları, kiliseyi ön plana çıkarmıştır. Barok dönemde sanat Avrupa'nın bölgelerine göre farklılık göstermiştir. Orta Avrupa'da Barok resimde figürler ve mekanlar estetik kaygı taşımaktadırlar. Bu resimlerde mitolojik ve dini hikayeler tema oluşturmaktadır. Hollanda Barokunda özellikle iç mekân resimleri karşımıza çıkmaktadır. İtalyan Barok ressam Caravaggio'nun resimlerinde de karanlık bir atmosferde iç mekân ile ilişkili figürler bulunsa da Hollanda Baroku gündelik hayattan sıradan insanların kentsel mekanla ilişkisini doğrudan yansıtmaktadır. Hollanda Barokunun farklı olmasının sebebi Hollanda kentsoylu kesimin Protestan olmasıdır. Avrupa'nın kentleri din savaşları halindeyken sanatçılar kiliselerden ve Katolik yöneticilerden sipariş almıştır fakat Hollandalı ressamlar bu konuda daha özgür olmuşlar ve gündelik hayatı doğrudan resmetmişlerdir (Gombrich, 2004, s.415). Barok dönemde mezhep savaşları ve baskılar toplumdaki bireyleri ev içi yaşama itmiştir. Özellikle bu dönemde kadının hayatı tamamen evin içi olmuştur. Hollandalı Barok ressam Jan Vermeer ev içinde kadınların yaşantısını tüm gerçekliği ile resmetmiştir. Vermeer için resimde kentsel ve sosyal ayrışmanın ilk örneklerini verdiğini belirtebiliriz. Vermeer'in kadınları kent mekânından soyut güvenli bir alan olan evinde bulunmaktadır.



Şekil 2. Jan Vermeer, Dantelci Kadın, Tuval Üzerine Yağlıboya, 1669.

Barok planlı mekanlar 17.yüzyıla geldiğimizde anlam değişikliğine uğramıştır. Eskiden kilisenin ve iktidarın gücünü simgeleyen bu yapılar Aydınlanma döneminin getirdiği refah ile eğlence alanlarına dönüşmüşlerdir. Barok döneminin süslü mimari üslubu ile yapılan parklar, tiyatrolar zengin kentsoylular için dizayn edilmiştir. Bu dönemde dış mekân öne çıkmış, kentlerdeki bu yapay Barok bahçeler dönemin ressamlarında Rokoko üslubunun oluşmasına katkıda bulunmuştur. Rokoko dönemi

üslubu Barok Dönem'in aksine renkli ve eğlenceli temalar taşımaktadır. Kentsoylu bireylerin iç ve dış mekânda yaşantılarını hafif erotik bir biçimde Francis Boucher ve Jean-Honore Fragonard gibi sanatçılar resmetmiştir. Rokoko dönemi resimlerinde figürde kentsel mekanlarda sosyal ve mekânsal ayrışma teması karşımıza çıkmamaktadır.

Kentlerde sosyal ve mekânsal ayrışmanın resim sanatına etkisinin en net örneğini 18. Yüzyılda meydana gelen Sanayi Devrimi ile görmekteyiz. Sanayi Devrimi her alan gibi sanatta da bir dönüm noktası olmuştur. Sanayi dönemi öncesi kentler 18. Yüzyılda hızlı bir değişime uğramışlardır. Finansal kazanç uğruna köyler, bahçeler, eski binalar adeta büyüyen kente kurban edilmiştir (Mumford, 2013, s. 503). Kapitalizm insan ve mekân ilişkisini yıkıcı bir şekilde güç ve para üzerinden temellendirmiştir. Sanayi devrimine kadar pek çok savaş ve hastalık olsa da aile yapısı veya kent planları 18. Yüzyıl gibi radikal bir şekilde değişmemiştir. Kenar mahalle veya bütün ailenin tek bir kiralık odada yaşaması kavramı Sanayi Devrimi ile karşımıza çıkmaktadır. Tarım temelli eski toplumların yerini içerisinde insan yığınları barındıran büyük metropoller almaya başlamıştır. Bu metropoller farklı sosyal statüde bulunan insanların yaşayışına göre şekillenmiştir. Şehre, sanayi alanlarında çalışmak için gelen insanların yaşayışı dönemin ressamalarını etkilemiş ve Realizm akımı doğmuştur. Artık karşımıza romantik doğa ve insan unsurları yerine yeni yaşamın acımasız gerçekliği sunulmaktadır. Sanayi Devrimi'ndeki büyük kent yaşantısını adeta bir belge niteliğinde sunan; Honore Daumier, Adolph Menzer, Gustave Courbet gibi realist ressamlar resimlerini gerçek hayatı gözlemleyerek yapmışlardır (Farthing, 2012, s.301).



Şekil 3. Honore Daumier, Çamaşırçı Kadın, Ahşap Üzerine Yağlıboya, 1863

18. yüzyılın Sanayi devrimi toplumun sadece alt kesimlerini değil orta ve yukarı sınıftan insanları da etkilemiştir. Büyük şehir ve hızlı metropol hayatı bu kesimi kendini sokakta göstermeye itmiştir. Rousseau, dönemin Paris’indeki insanlara adeta aktörlere benzetmiştir. Sokak tiyatro sahnesi, birey ise kıyafetleri ile bu sahnenin baş aktörüdür. İnsan bedeni, saç ve makyajlarla adeta bir oyuncak haline gelmiştir (Sennett, 1996, s. 92-94). On sekizinci yüzyılın ortalarında ve sonlarında bireylerin kendini göstermesi için birçok sosyal alan açılmıştır. Parklar, kafeler, kulüpler bireyi ev dışında sosyalleşmeye, kamusal alana itmiştir. Bu dönemde sosyal ve mekânsal ayrışmanın resim sanatına etkisi oldukça fazla olmuştur. Sanatçılar için şehir bir ilham kaynağı haline gelmiştir. Sanatçı artık atölyede değil dış mekânda canlı hayatın içine karışmıştır. 19. Yüzyılın başında Paris’te doğan “İzlenimcilik” akımında Pierre Auguste Renoir, Edgar Degas, Claude Monet gibi ressamlar kentteki yaz gecesi eğlencelerini, at yarışlarını, piknikler gibi dış mekân aktivitelerini resimlemişlerdir (Krausse, 2005, s.70).

19. yüzyıl toplum ve kent yapısının değişiminin çağı olarak karşımıza çıkmaktadır. 19. Yüzyıl kentleri zorlayıcı, planlı ve katı bir biçimde özelliğe sahip olmuştur (Öztürk, 2014, s.71). Demiryolu ulaşım sisteminin kurulması ile sanayi ağı daha da genişlemiştir. Fakat artan sanayi ve iş gücü temposu bireye mutluluk yerine derin bir buhran getirmiştir. Bu dönemde alkol bağımlılığı, intihar, ruhsal problemler fazlasıyla karşımıza çıkmaktadır (Freyer, 2014, s.70-71). 19. Yüzyılın ortası ve sonunda sadece toplumun ağır iş yapan kısmında değil sanatçı ve düşünürlerde de bu buhranın izlerine rastlamaktayız. Fransa’da Geç-İzlenimci (post-empresyonist) ressamlar Henri de Toulouse Lautrec, Vincent Van Gogh resimlerinde dönem insanın sosyal ve mekânsal krizlerini çarpıcı bir şekilde resmetmişlerdir.



Şekil 4. Pierre Auguste Renoir, Moulin de la Galette’de Dans, Tuval Üzerine Yağlıboya, 1876.

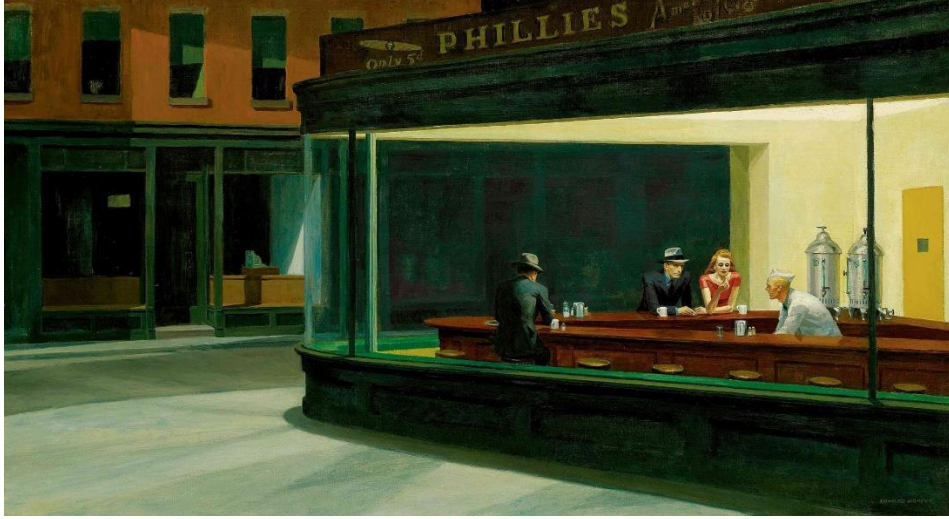


Şekil 5. Vincent Van Gogh, Patates Yiyenler, Tuval Üzerine Yağlıboya, 1885.

20.Yüzyıl büyük değişimlerin ve savaşların çağı olarak tarihte yerini almıştır. 20. Yüzyılın ilk yarısında meydana gelen I. Dünya Savaşı kentlerde büyük bir yıkım yaratmıştır (1914-1918). Bu dönemde Avrupa'da ortaya çıkan huzursuzluk ortamı sanatçıları da oldukça etkilemiştir. Alman Dışavurumcuları I. Dünya Savaşı'nın en çok etkilediği Berlin'de doğmuştur. Berlin bu dönemde Avrupa'nın sanayi metropolü haline gelmiştir. Fakat Berlin'de karşımıza ciddi bir sosyal bozulma karşımıza da çıkmaktadır. Savaşta ölenlere duyarsız, sadece hazzı bir yaklaşım süren üst kesimi Alman Dışavurumcu ressamlar eleştirmiştir. Dışavurumcu ressamlar şehirdeki sosyal ve mekânsal ayrışmayı da bize sunmuşlardır. Örneğin Ernest Ludwig Kirchner'in eserlerinde toplumun üst kesiminin yaşantısını ve bulunduğu mekanları çarpıcı ve eleştirel bir biçimde bulabiliriz. Bu dönem ressamlarının figürlerindeki çirkinlik, kentteki burjuvaların kayıtsızlık ve bencilliğine karşı bir eleştiri olmuştur (Eco, 2009, s.368).

20. yüzyılın ortalarında ise II. Dünya Savaşı başlamış, İkinci Dünya Savaşı sonunda kentler ve insanlık büyük bir buhran ve kriz yaşamıştır. Avrupa'da çoğu kent enkaza dönmüş, bireyler yıkım ve ekonomik kriz eşiğinde yaşamlarını sürdürmüşlerdir. Avrupa'daki çoğu sanatçı bu dönemde Amerika'ya göç etmiştir. Amerika bu dönemde önemli bir sanat merkezi haline gelmiştir. Bu dönemde Amerikan şehirlerindeki sosyal ve mekânsal değişimi ve ayrışmayı Edward Hopper, resimlerinde ifade etmiştir. Edward Hopper'ın resimlerinde sıradan bir Amerikan vatandaşının mekanla kurduğu içsel ilişkiyi açıkça görebilmekteyiz. Figür ile mekânın ilişkisi genellikle melankoli ve yalnızlık üzerine temellendirilmiştir. 20.yüzyılın sonunda ise karşımıza yoğun bir tüketim kültürü çıkmaktadır. Amerika'da gelişen bu tüketim kültürü ürünlerin ve malların insana mutluluk getireceğini savunmuştur. Kentler artık alışveriş odaklı temellendirilmiştir (Hodge, 2021, s.185). Bu dönemde tüketim mekanlarının çoğalmasıyla bireyin mekanla ilişkisi yüzeysel ve tüketim odaklı olmuştur. Bu durumu bize "Pop Art" akımı oldukça net kanıtlamaktadır. Pop Art tüketim kültürünün bir ürünüdür

ve kitle kültürünün imgelerini bize sunmaktadır. Reklamlardaki ürünler de artık sanat eserlerine girmiştir. Pop Art eserlerinde birey, mekân ve nesnelerin hepsi gündelik tüketim nesnesi halindedir.



Şekil 6. Edward Hopper, Gece Kuşları, Tuval Üzerine Yağlıboya, 1942.



Şekil 7. Richard Hamilton, Bugünün Evlerini Bu Denli Farklı, Bu Denli Cazip Kılan Nedir?, Kolaj, 1956.

21. Yüzyıla geldiğimizde ise 20. Yüzyıl'a göre daha yoğun bir tüketim kültürü karşımıza çıkmaktadır. 21. Yüzyılın kentleri de yoğun tüketimden kültüründen etkilenmiş ve anonimleşmiştir. Kapitalist toplum yapısı ve küreselleşme ile mekanlar adeta tek tipleşmiştir. Sosyolog Marc Auge bu dönemin kentlerini tanımlayan "Non- Place (Yok-yerler)" kavramını öne sürmüştür. Bu kavramda birey ile mekân ilişki kurmamaktadır, mekanlar gerekli fiziki imkanlara sahip olmasına rağmen bireye aitlik hissi vermemektedirler (Auge, 2016, s.18). Yok-yerlere örnek olarak günümüz hipermarketlerini, otoyollarını ve kısa süreli kullanım mekanlarını örnek verebiliriz. Küresel firmaların mekânsal aynılıkla dizayn ettiği kafe, otel gibi mekanlar da yok yer statüsündedir. Bu yerlerde sosyal ve mekânsal ayrışmanın ayrışma sorunsalının yerini 21. Yüzyılın temel problemi olan "iletişimsizlik" almıştır. 21. Yüzyıla kadar kentlerde bireyler mekanla ilişki kurmuş, bu ilişki kimi zaman sosyal ve

mekânsal ayrışma kimi zaman ise mekanla uyum getirmiştir. Fakat 21. Yüzyılda karşımıza çıkan yoğun bir içe kapanma kentsel deneyimlerimizi adeta alt üst etmiştir. 21. Yüzyıl bireyinin kullan-at felsefesinden dolayı asıl sorunsalı bireysel yaşantıya odaklanma ve narsisim olmuştur (Tylor, 2020, s.12). Sadece faydacılık üzerine temellendirilen bu yaşam tarzı ile artık kent mekanları da anlamını yitirmiş çoğu yer adeta gel-geç yerine dönüşmüş ve bu yerler zamanla yukarıda belirtilen yok-yerlere dönüşmüştür. Günümüz resim sanatında sosyal ve mekânsal ayrışmayı iletişimsizlik üzerine temellendiren sanatçılara örnek olarak Corinne Wasmuht, Richard Estes'i gösterebiliriz. 21. Yüzyılın kentsel krizlerinin en önemli olgusu da "Enformasyon" krizidir. Daniel Bell'e göre Enformasyon Toplumu'nu doğuran bilgisayardır (Kumar, 2010, s.23). Enformasyon toplumu bireye evinde küresel dünyaya erişim hizmeti sunmaktadır. Birey evinin dışına çıkmadan internet teknolojileri ile işlerini yapabilmektedir. Mekânın fiziksel varlığının artık herhangi bir anlamı yoktur. Tüketim yapmak ve sosyalleşmek için evden çıkma gerekliliği artık kalkmıştır. Online alışveriş ve diğer hizmetlerle birey ev içinde tüketmeye başlamıştır (Ritzer, 2010, s.221). Covid-19 pandemisi ile bu durum hepimizin hayatında oldukça fazla yer etmiştir. Kent mekanının kısıtlanmasıyla evlere kapanan bireyler enformasyon teknolojilerini oldukça fazla kullanmıştır. Kent mekânından gitgide soyutlanan birey adeta evdeki odanın içerisinde hapsolmuş haldedir. Bireyin kendini sadece sanal bir ortamda göstermesi kentlerin sosyalleşme misyonunu adeta alt üst etmiştir. 21. Yüzyıl adeta kentsel mekânın tanımını değiştirmiştir. Günümüz sanatçıları bu durumu çeşitli sanatsal üretimlerle ele almışlar, 21. Yüzyılın içe kapanık bireyini konu edinmişlerdir. Günümüz resim sanatında karşımıza 19. Yüzyılın canlı sosyal hayatını yaşayan bireyleri yerine (Emma Talbot'un mekân içinde melankoli yaşayan figürleri, David Haines'in iç mekânda telefonlu erkek figürleri) karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 8. Emma Talbot, Banyo, Kağıt Üzerine Guaj Boya, 2011.

3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kentlerde sosyal ve mekânsal ayrışmanın resim sanatına etkisi her dönem kendine özgü farklılıklar taşımaktadır. Kentsel yaşamın dinamiğinin değişimi, sanatçıları Rönesans'tan günümüze kadar etkilemeyi sürdürmektedir. Her dönem kendi içinde krizler barındırır da 21. Yüzyılın içe kapanık kentleri sanatsal, sosyal ve ekolojik pek çok sorun barındırmaktadır. Filozof Byung Chul-Han'a göre günümüz toplumu hastaneler, hapishaneler, fabrikalardan oluşan bir disiplin toplumu değildir. Bunların yerini bürolardan oluşan gökdelenler, bankalar, alışveriş merkezleri alır ve bu da toplumu performans toplumuna dönüştürmüştür. Bu performans toplumunun eskisine göre özgürlüğü fazla olsa da birey yoğun rekabetten dolayı depresif ve ruhen yorgundur (Chul-Han, 2019, s. 17-18). Günümüz bireyinin bedensel sağlığına baktığımızda ise dünyadaki mega kentlerin artan sanayi ve nüfus sonucunda kirlenen havaları bireyleri hasta etmekte sonrasında ölüme sebep vermektedir. Az gelişmiş ve gelişme sürecindeki ülkelerde sağlıksız atık, madencilik ve kentleşme politikaları kentlerde yeni bir sosyal ve mekânsal ayrışma sorunsalı olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüksek zümrenin iklim kontrollü, yapay iklim sistemli konutlarda ve iş merkezlerinde bulunmasını antropolog Tim Choy zenginlerin temiz havaya erişimi varken (yüksek gökdelenlerde bulunan hava temizleme sistemleri) yoksulların gettolarda en kalitesiz havaya maruz kalmasını büyük bir adaletsizlik olarak belirlemiştir (Graham, 2017, s.208). İklim krizi eşitsiz kent politikalarıyla birleşince kentteki bireylere zarar vermeye adeta zehirlemeye başlamıştır. 21. Yüzyıl'ın kentli bireyinin bedeni artık yüksek miktarda kirli hava partikülleri taşımaktadır. Öte yandan içi kapanık bir şekilde enformasyon teknolojileri ile hayatını sadece iç mekânda geçirmesi günümüz bireyini geçmişten bugüne en krizli çağı yaşamasına sebep olmuştur. Bu krizli çağda bireyi deforme bir biçimde ele alan güncel sanatçılar vardır. Örneğin Jenny Saville'nin hasta, kilolu ve ameliyatlı bedenleri 21. Yüzyıl insanının bir yansımasıdır. Benzer şekilde heykeltıraş John Isaac'ın sağlıksız insan bedeni heykelleri kirli ve toksinlerle dolu eşitsiz bir kentin ürünüdür.

Sonuç olarak günümüz çağında artan teknoloji sonucunda gelişen mega kent yapısı sosyal ve mekânsal eşitsizliklerden dolayı bireye olumsuz bir etki yaratmaktadır. 21. Yüzyıl kentlerinin içe kapanık yapısı bireyi yalnızlaşmaya iterken, biyolojik olarak da iklimsel krizler ve çevresel kirlilik bireye zarar vermektedir. Kentlerin bu noktada rant odaklı yerine birey odaklı planlanması hayati bir önem taşımaktadır. Kentli bireyin yaşantısı her dönemde sanatı etkilediği için, mutlu bir kentli bireyin de sanatta ele alınışı daha olumlu olacaktır.

Kaynakça

- Mumford, L. (2013). Tarih Boyunca Kent. (G. Koca ve T. Tosun, Çev.). İstanbul: Ayrıntı Yayınları.
Öztürk, M. (2014). Sine-Masal Kentler. İstanbul: Doğu Kitapevi.

- Krausse Anna, C. (2005). Rönesanstan Günümüze Resim Sanatının Öyküsü. (D. Zapçioğlu, Çev.). İstanbul: Literatür Yayınları.
- Gombrich Ernst, H. (2004). Sanatın Öyküsü. (E. Erduran ve Ö. Erduran, Çev.). İstanbul: Remzi Kitapevi.
- Farthing, S. (2012). Sanatın Tüm Öyküsü. (G. Aldoğan ve F. C. Çulcu, Çev.). İstanbul: Hayalperest Yayınevi.
- Sennett, R. (1996). Kamusal İnsanın Çöküşü. (S. Durak ve A. Yılmaz, Çev.). İstanbul: Ayrıntı Yayınevi.
- Eco, U. (2009). Güzelliğin Tarihi. (A. C. Akkoyunlu, Çev.). İstanbul: Doğan Kitap.
- Freyer, H. (2014). Sanayi Çağı. (B. Akarsu ve H. Batuhan, Çev.). İstanbul: Doğubatı Yayınları.
- Auge, M. (2016). Yok-Yerler. (T. Ilgaz, Çev.). İstanbul: Daimon Yayınevi.
- Ritzer, G. (2010). Büyüsü Bozulmuş Dünyayı Büyülemek. (F. Peyzin, Çev.). İstanbul: Ayrıntı Yayınları.
- Taylor, C. (2020). Modernliğin Sıkıntıları. (U. Canbilen, Çev.). İstanbul: Ayrıntı Yayınları.
- Graham, S. (2017). Dikey Dünya. (A. Karatay, Çev.). İstanbul: Küy Yayınevi.
- Kumar, K. (2010). Sanayi Sonrası Post-modern Topluma Çağdaş Dünyanın Yeni Kuramları. (M. Küçük, Çev.). Ankara: Dost Yayınevi.
- Hodge, S. (2021). Modern Sanatın Kısa Öyküsü. (D. Öztok, Çev.). İstanbul: Hep Kitapevi.
- Chul-Han, B. (2019). Yorgunluk Toplumu. (S. Yalçın, Çev.). İstanbul: Açılım Kitap.

DOĞRAMA ÖZELLİKLERİ VE AÇILIŞ BİÇİMLERİNİN YALIN CAMIN AKUSTİK PERFORMANSINA ETKİSİ¹

Gülçin Konuk¹, Işıl İplik², Şensin Yağmur³

¹ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, gulsum.tastan@std.yildiz.edu.tr, 0000-0002-5538-9565

² Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, isil.ipik@nisantasi.edu.tr, 0000-0003-1768-9847

³ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, sensina@yildiz.edu.tr, 0000-0001-7975-6801

Özet

Avrupa Birliği Komisyonu tarafından 1996 yılında yayınlanan "Green Paper" deklarasyonu ile çevresel kirlilik olarak kabul edilen gürültü sorununun, insan sağlığı üzerindeki etkilerini konu alan çok sayıda çalışma ve uluslararası kuruluşların yönergeleri, hükümetleri bu konuda önlem almaya teşvik etmektedir. Bu sebeple, çevresel gürültünün denetlenmesine yönelik sınır değerlerin belirlendiği yönetmelikler yayınlanmaktadır. İlgili yönetmelik hükümlerine göre binalarda gürültü denetimi sağlamak için yapı kabuğunda önlemler alınması gerekmektedir. Saydam ve opak bileşenlerden oluşan yapı kabuğunun akustik performansında, zayıf bileşen olan camın teknik özellikleri önem arz etmektedir. Camın akustik performansını belirlemek için kullanılan hesaplama araçlarında; tek cam ve çoklu cam kesitleri çerçevesiz "yalın cam" olarak modellenenmektedir. Bu durumda, pencere sisteminin parçası olan; doğrama gereci, açılış biçimi, binilerin ya da ara boşluğun yalıtım durumu ve çift doğrama kullanımı ihmal edilmektedir. Literatürde pencere sistemleri ile yapılmış ölçmeler yer almaktadır. Fakat hesaplama araçlarında modellenen yalın cam kesitleri ile pencere sistemi özelliklerinin karşılaştırıldığı, böylelikle ihmal edilen teknik özelliklerin akustik performansa etkisinin değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada, literatürdeki ölçme sonuçlarından yararlanılarak; doğrama gereci, açılış biçimi, yalıtım durumu ve çift doğrama kullanımının öncelikle camın akustik performansına etkisi irdelenmiş, ikinci adımda INSUL Acoustic Calculator V8 yazılımında "yalın cam" kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar; doğrama gereci, açılış biçimi, çift pencere kullanımı ve basit sızdırmazlık önlemlerinin camın akustik performansına etkisinin ve yalın cam hesaplamaları arasındaki değişimin ± 3 dB aralığında kaldığını, ileri düzey yalıtımlarda ise 7 dB fark meydana geldiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Camın Ses Geçiş Kaybı, Doğrama Gereci, Açılış Biçimi, İkincil Pencere, Ses Yalıtımı.

THE EFFECT OF JOINERY MATERIAL AND WINDOW OPENING STYLE ON THE ACOUSTIC PERFORMANCE OF PLAIN GLAZING

Abstract

Numerous studies on the effects of the noise problem on human health, which was accepted as environmental pollution with the "Green Paper" declaration published by the European Commission in 1996, and the directives of international organizations encourage governments to take measures in this regard. Therefore, regulations against noise pollution, including limitations are being published. According to these regulations, measures must be taken at the envelope of the building to ensure noise control within buildings. Since the opaque element is the weak part of the envelope, its technical properties are important in terms of acoustic performance. In the acoustic analysing tools, frameless "simple glass sections" are modelled, using single-glazing, and multiple-glazing. As a result, the parts of the window system such as joinery material, opening style, insulation of overlaps or sealing, and the use of secondary glazing are neglected. In the literature, there are measurements including window systems. However, there is no comparison study about these measurements and "simple glass sections" modelled in the calculation tools. Thus, evaluating the effect of neglected technical properties on acoustic performance is needed.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Geliş/Received: 20.03.2023 Kabul/Accepted: 24.06.2023

¹ Bu çalışma; YTÜ, FBE, Mimarlık ABD Yapı Fiziği programında yapılan "Türkiye'deki Farklı Çevre Koşulları İçin Yapı Kabuğu Performansının Belirlenmesine Yönelik Ön Tasarım Destek Aracı Geliştirilmesi" isimli doktora tezinden üretilmiştir.

Konuk, G., İplik, I., ve Yağmur, Ş. (2023). Doğrama Özellikleri ve Açılış Biçimlerinin Yalın Camın Akustik Performansına Etkisi. *KARESİ Journal of Architecture*, 2(1): 30-44.

In this study, the effect of joinery material, opening style, insulation and secondary glazing on the acoustic performance is examined in the first step. Then the results obtained in INSUL Acoustic Calculator V8 software using "simple glass sections" are compared with measured values obtained in the literature. It is observed that the effect of joinery material, opening style, secondary glazing and simple sealing on the acoustic performance vary within the range of ± 3 dB, whilst a 7 dB difference occurred in advanced insulation.

Key words: Sound Transmission Loss of Glass, Joinery Material, Opening Style, Secondary Glazing, Sound Insulation.

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi sonrası; gürültü kaynaklarının çoğalması ve çeşitlenmesi, ulaşımda yaşanan gelişmeler, kentsel nüfusun artması, apartman yaşamının başlaması ve farklı gürültü düzeyindeki işlevlerin bir arada yer alması sonucu bina kullanıcıları için çevresel gürültü problemi ortaya çıkmıştır. 1996'da yayımlanan "Green Paper" deklarasyonunda gürültünün de çevre kirliliğinin bir parçası olduğu ilan edilmiş (Avrupa Birliği Komisyonu, 1996) ve 2002'de Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Birliği Konseyi (2002) tarafından üye ülkeler için çevresel gürültünün değerlendirilmesi ve yönetimine yönelik bir direktif yayınlanmıştır. Dünya Sağlık Örgütü (2011) kentsel gürültüden etkilenen kişilerde ortaya çıkan rahatsızlıklara bağlı olarak, gürültünün toplum sağlığını hızla olumsuz etkileyen önemli bir çevre sorunu olduğunu açıklamıştır.

Gürültünün insan sağlığı ve çalışma verimliliği üzerindeki etkilerine yönelik yapılan çok sayıda araştırma, binalarda gürültü denetiminin ve hacimlerde işitsel konforun önemini ortaya koymuştur (Dedeler, 2008; Mir ve ark., 2023; Murphy & King, 2022; Münzel ve ark., 2021; Toprak & Aktürk, 2004). İşitsel konfor, duyulması istenen seslerin rahatlıkla duyulabildiği, istenmeyen, hoşta gitmeyen seslerin duyulmadığı bir fiziksel çevrede bulunmanın getirdiği konfor durumudur. İç mekânda işitsel konforun elde edilebilmesinin başlıca koşullarından biri de dış ortamda oluşan istenmeyen seslerin iç ortama geçişinin engellenmesidir. Bunun için makro ölçekten mikro ölçeğe doğru; kaynaktan denetim, kaynak ile alıcı arasındaki iletim ortamında denetim, alıcıda denetim adımları uygulanır. Makro ölçekte denetim; gürültü eylem planı hazırlanması, gürültülü işleve sahip yapılardan yayılan gürültünün ve ulaşım gürültüsünün sınırlandırılması, imar planı ölçeğinde gürültü haritalaması yapılması, yapı ile gürültü kaynağı arasında önlem alınması, yerleşim planında gürültünün bir ölçüt olarak belirlenmesi, yapı kabuğunda yeterli kesitlerin sağlanması adımları takip edilerek yapılır (European Environment Agency, 2014; Hintzsche ve ark., 2008). Makro ölçekte önlemlerin denetlenmesi ve planlanmasında kamu otoritelerinin yönergeleri takip edilmektedir. Mimari uygulama pratiğinde ise yönelimi değiştirme, gürültü kaynaklarını bertaraf etme gibi önlemleri almak çoğu zaman mümkün olmadığından çözüm yapı kabuğunda aranmaktadır. Yapı kabuğu; temel döşemesi, cephe duvarı ve çatı örtüsü bileşenlerinden oluşan, iç ortam ile dış ortamı ayıran yapı bileşenidir. Gürültü denetimi açısından, tüm katlar boyunca devam eden cephe duvarının akustik performansı önem taşımaktadır. Yapı duvarının akustik performansı opak ve saydam bileşenlerin ses geçiş kaybı

değerlerinin logaritmik ortalaması sonucunda elde edilmekte ve zayıf elemanın ses geçiş kaybı, toplam ses geçiş kaybında etkin rol oynamaktadır (Everest & Pohlmann, 2022; Goelzer ve ark., 2001; Hassan, 2009; Rossing & Rossing, 2014). Zayıf eleman ile güçlü eleman arasındaki ses geçiş kaybı değeri farkı arttıkça, zayıf elemanın bileşik cidara olumsuz etkisi artmaktadır. Örneğin yapı kabuğunda ağırlıklı olarak zayıf alanı oluşturan camın alanı düşük olsa da ses geçiş kaybı değerine bağlı olarak bileşik cidara etkisi yüksek olabilmektedir.

Tablo 1’de literatürde yer alan Eş. 1’den yararlanılarak hesaplanan bileşik cidarda ses geçiş kaybının saydamlık oranı ve elemanların ses geçiş kaybı değeri farkına göre değişimi görülmektedir.

$$R=10 \times \log \left(\frac{(S_1+S_2)}{(S_1 \times 10^{-R_1/10} + S_2 \times 10^{-R_2/10})} \right) \quad (1)$$

S₁: Duvarın alanı

R₂: Camın Ses Geçiş Kaybı

S₂: Cam Alanı

R: Bileşik Cidarın Ses Geçiş Kaybı

R₁: Duvarın ses geçiş kaybı

Tablo 1. Doğrama gerecinin akustik performansa etkisi (dB).

Saydamlık Oranı	R _{w,duvar} – R _{w,cam} Farkı					
	5	10	15	20	25	30
0	50	50	50	50	50	50
20	48,5	45,6	41,5	36,9	31,9	27
30	47,9	44,3	39,9	35,3	30,1	25,2
40	47,4	43,4	38,8	34,0	28,9	24,0
50	46,9	42,6	37,9	33,1	27,9	23,0
60	46,5	42,0	37,1	32,3	27,1	22,2
100	45,0	40,0	35,0	30,0	25,0	20,0

Literatürde başta konut işlevi olmak üzere, ofis, alışveriş merkezi, eğlence vb. işlevlere sahip binaların yapı kabuğunda gürültü denetimini konu alan çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmalarda kullanılan simülasyon programları; doğrama gereci, açılış biçimi, bini sayısının sağladığı akustik yalıtımın katkısı ya da çift doğrama kullanımını modellemeye imkân vermediğinden, bahsi geçen durumlar ihmal edilerek “yalın cam” performansı dikkate alınmaktadır (Baranok Ak & Yüğrük Akdağ, 2017; Di Bella ve ark., 2015; Ferrara ve ark., 2021; Özdem Gürtürk & Yüğrük Akdağ, 2020). Doğrama özellikleri ve açılış biçimlerinin ihmal edilmesinin bileşik cidarın akustik performansında ne ölçüde değişime sebep olduğunun belirlenmesi hesaplamaların güvenilirliği açısından önem taşımaktadır.

Literatürde; doğramalı pencere sistemlerinin, farklı açılış biçimlerinin ve yalıtımlı/yalıtımsız uygulamaların ölçmelerine yönelik çalışmalar yer almaktadır (Bradley & Birta, 2000; Chiltern Dynamics Lab., 2021; Şentop, 2013; Taylor Woodrow Tech. Lab., 2021; Urbán ve ark., 2016). Buna karşın ölçülen değerler ile, hesaplamalarda kullanılan “yalın camların” değerlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada; aynı kalınlık ve boşluk değerine sahip doğramasız “yalın camlarla” literatürdeki ölçme sonuçları karşılaştırılmış ve akustik performansa etkisi irdelenmiştir.

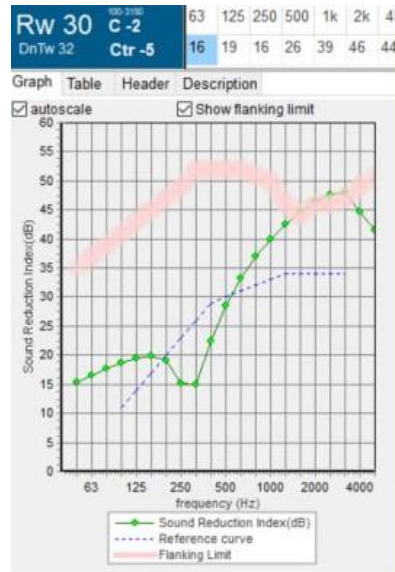
2. YÖNTEM

Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 31 Mayıs 2017 tarih 30082 sayı ile “Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik” yayınlanmıştır. Yönetmelik hükümlerine göre cephe duvarının işitsel performansı “ağırlıklı standardize edilmiş cephe düzeyi farkı ($D_{nT,A,tr}$)” göstergesi ile değerlendirilmektedir. Bu gösterge; yapı elemanının “ağırlıklı ses azaltım indeksi (R_w)”, “spektrum uyarlama terimlerinin (C,C_{tr})” ve “standardize edilmiş düzey farkı (D_{nT})” bir arada değerlendirilmesi sonucu elde edilmektedir (TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017). “Ağırlıklı ses azaltım indeksi (R_w)” ve trafik gürültüsü uyarlamalarında kullanılan “spektrum uyarlama terimi (C_{tr})” yapı elemanı kesitlerine göre değişim göstermektedir. Standardize edilmiş düzey farkı (D_{nT}) ise hacmin yansıma süresinin, referans hacmin optimum yansıma süresine oranlanması sonucunda elde edildiğinden, hacimlere göre değişim gösteren ve doğrudan yapı elemanına ait olmayan bir göstergedir. Bu sebeple, literatürdeki çalışmalara paralel olarak yalın camın ve pencere sistemlerinin ses geçiş kaybı karşılaştırmalarında “ R_w ” ve “ C_{tr} ” göstergeleri kullanılmıştır.

Çalışmanın amacına uygun olarak; farklı doğrama gereci, açılış biçimi ve yalıtım durumuna sahip tek ya da çift doğramalı pencere sistemlerinin laboratuvar ortamında yapılmış ölçmelerinden yararlanılmıştır. Bu bakış açısıyla; bir makale (Urbán ve ark., 2016), bir tez (Şentop, 2013), bir laboratuvar ölçmesi raporu (Bradley & Birta, 2000), bir bildiri (Yılmaz & Dinçer, 2015) ve iki laboratuvar ölçmelerine dayalı katalog (Chiltern Dynamics Lab., 2021; Taylor Woodrow Tech. Lab., 2021) olmak üzere 6 farklı kaynaktan yararlanılmıştır. “ C_{tr} ” spektrum uyarlama terimi; makale, tez, bildiri ve laboratuvar ölçmesi raporu kaynaklarında ölçülmüş, katalog çalışmalarında ölçülmemiştir. Ölçme sonuçları ile hesap sonuçları karşılaştırılırken bu durum dikkate alınmış, spektrum uyarlama terimi ölçülen çalışmalarda “ $R_w + C_{tr}$ ” değerleri, ölçülmemiş çalışmalarda ise “ R_w ” değerleri karşılaştırılmıştır. Urbán ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada farklı ara boşluk mesafesi ve boşluk yalıtımına sahip çift pencere kullanımlarının “KU Leuven akustik laboratuvarlarında” ISO 10140-4 standardına uygun yapılmış ölçmelerine yer verilmiştir. Şentop (2013) tarafından yapılan çalışmada, binalarda gürültü kontrolünü sağlamak için yapı elemanı seçim aracı oluşturmak amacıyla literatürdeki çok sayıda ölçme sonucu derlenmiştir. Bu çalışmada; farklı doğrama gereci, kanat açılış biçimleri ve yalıtım özelliklerine sahip pencerelere yönelik ölçme sonuçları bulunmaktadır. Kanada Ulusal Araştırma Konseyi desteği ile Bradley ve Birta (2000) tarafından yapılan çalışmada 100’den fazla yapı cephesi elemanının “IBANA (Insulating Buildings Against Noise from Aircraft)” projesi kapsamında “ASTM E90” yönergelerine uygun olarak yapılan ölçme sonuçları yer almaktadır. Çalışmanın pencereler bölümünde farklı doğrama gereci ve açılış biçimine sahip pencere sistemlerinin ses geçiş kaybı değerleri bulunmaktadır. Yılmaz ve Dinçer (2015) tarafından yapılan çalışmada PVC doğramalı pencere sistemleri “İTÜ Mimarlık Fakültesi,

Fiziksel Çevre Kontrolü Laboratuvarı”nda, TS EN ISO 10140-2 standardına uygun olarak ölçülmüştür. Chiltern Dynamics Lab. (2021) tarafından yapılan çalışmada “Chiltern Dynamics” laboratuvarında “BS EN ISO 10140-2” standardına uygun olarak farklı açılış biçimlerine sahip 150-200 mm hava boşluklu “çift pencere sistemi” ölçmeleri yer almaktadır. Taylor Woodrow Tech. Lab. (2021) tarafından yapılan çalışmada, Selectaglaze firmasının ürünlerine yönelik “BS EN ISO 140-3” standardına uygun olarak 50/100/150/200 mm boşluğa sahip “çift pencere sistemlerinin” farklı açılış biçimlerine göre ölçme sonuçları gösterilmiştir. İncelenen kaynaklarda “ R_w ” yerine STC (Sound transmission class) ya da STI (sound transmission index) gibi göstergelerin kullanılması durumunda, yönetmelikte yer alan (TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017) “ R_w ” göstergesi ve “ C_{tr} ” spektrum uyarlama terimi hesabı, frekansa göre ölçme verileri kullanılarak ISO 717-1 standardına uygun olarak hesaplanmıştır.

“Yalın cam” hesaplamalarında, laboratuvar ölçmeleri ile %95-%100 korelasyona sahip olması sebebiyle literatürde sıklıkla tercih edilen “Insul Acoustic Calculator V8” yazılımı kullanılmıştır (Şekil 1) (Aksoylu ve ark., 2016; Demirel & Özçetin, 2014; Kurra, 2012; Lin ve ark., 2021).



Şekil 1. INSUL acoustic calculator V8 yazılımının ara yüzü.

3. BULGULAR

Doğrama gereci, açılış biçimi ve yalıtım durumunun akustik performansa etkisini değerlendirmek amacıyla; önce ölçme sonuçları birbirleriyle kıyaslanmış, daha sonra “Insul Acoustic Calculator V8” yazılımında yapılan “yalın cam” hesap sonuçları ile ölçme sonuçları karşılaştırılmıştır. Böylelikle hesaplamalarda pencere sistemlerine ait özelliklerin ihmal edilerek “yalın cam” kullanılmasının, kabağın akustik performansına etkisi irdelenmiştir. Yalın cam hesaplamalarında ölçmelerde kullanılan

camın; kalınlığı, yapısal özellikleri (düz/lamine/temperli), ara boşluk ölçüsü (mm) ve ara boşluk dolgusu (hava/argon) dikkate alınmıştır (Şekil 2).

Şekil 2. Camın yapısal özelliklerinin, kalınlığının, ara boşluk mesafesinin programa girilmesi.

3.1. Doğrama Gerecinin Etkisi ve “Yalın Cam” Hesaplarına Göre Değişimi

Bradley ve Birta (2000) tarafından yapılan çalışmada aynı teknik özelliklere sahip pencere sistemlerinin ses geçiş kaybı değerleri ahşap/alüminyum/PVC doğrama ile ölçülmüştür. Ölçme sonuçlarına göre gereç değişikliğinin akustik performansa etkisi olmamıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Doğrama gerecinin akustik performansa etkisi (dB).

Açılım Biçimi	Cam (mm)	Doğrama gereci	Ölçme (R_w+C_{tr})
Kanat açılım	3+13+3 düz cam+hava boşluğu+düz cam	Ahşap	27*
		Alüminyum	27*
		PVC	27*

* Bradley ve Birta (2000)

“Yalın cam” hesapları ile ölçme sonuçları arasında; Bradley ve Birta (2000) tarafından farklı doğrama gereçleri ile yapılan çalışmada 2 dB, Urbán ve ark. (2016) tarafından yapılan ahşap doğramalı ölçmelerde 1 dB, Şentop (2013) tarafından derlenen ağır ahşap kasalı ölçmelerde (-2) dB, Yılmaz ve Dinçer (2015) tarafından yapılan PVC doğramalı ölçmelerde 1-3 dB fark olduğu görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Farklı doğrama gereçleri ile yapılan ölçmelerin hesap sonuçları ile karşılaştırılması (dB).

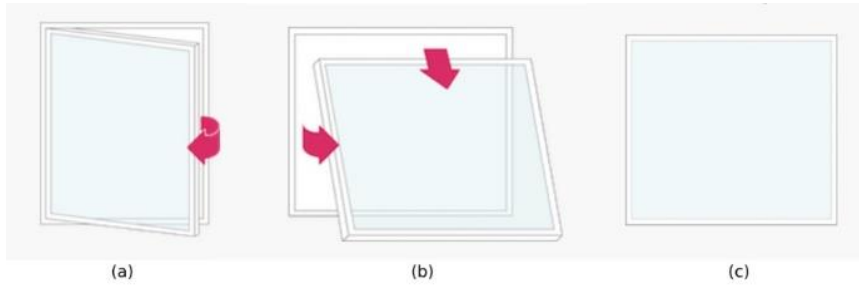
Açılım Biçimi	Cam (mm)	Doğrama gereci	Ölçme (R_w+C_{tr})	Hesap (R_w+C_{tr})	Fark (Ölçme-Hesap)
kanat açılım	3+13+3 düz cam+hava boşluğu+düz cam	Ahşap	27*	25	2
		Alüminyum	27*	25	2
		PVC	27*	25	2
sabit	12+264+8,6 düz cam+hava boşluğu+lamine cam	Ahşap	51**	50	1
	12+364+8,6 düz cam+hava boşluğu+lamine cam		52**	51	1

sabit	8 düz cam	Ahşap (Ağır)	28***	30	-2
	16 düz cam		31***	33	-2
sabit	4+16+4 düz cam+hava boşluğu+düz cam	PVC	29****	26	3
	4+12+8,76 düz cam+hava boşluğu+lamine cam		34****	33	1

* Bradley ve Birta (2000), ** Urbán ve ark. (2016), *** Şentop (2013), **** Yılmaz ve Dinçer (2015)

3.2. Açılış Biçiminin Etkisi ve “Yalın Cam” Hesaplarına Göre Değişim

Bradley ve Birta (2000), Şentop (2013) ve Taylor Woodrow Tech. Lab. (2021) tarafından yapılan çalışmada aynı teknik özelliklere sahip pencere sistemlerinin kapalı durumda iken, ses geçiş kaybı değerleri farklı açılış biçimleri ile ölçülmüştür. Ölçmeler, Bradley ve Birta (2000) tarafından, kanat açılım, sürgü ve çift sürgü; Şentop (2013) tarafından, sabit kanat ve kanat açılım; Taylor Woodrow Tech. Lab. (2021) tarafından, kanat açılım, dışa itilen ve sabit kanat kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3). Ölçme sonuçları, açılış biçimindeki değişimlerin tek doğramalı pencere sistemlerinin akustik performansını +1dB'den fazla, çift doğramalı pencere sistemlerinininkini ise hiç etkilemediğini göstermiştir (Tablo 4, Tablo 5).



Şekil 3. Taylor Woodrow Tech. Lab. (2021) tarafından yapılan ölçmelerde kullanılan açılış biçimleri: (a) kanat açılım, (b) dışa itilen, (c) açılım yok.

“Yalın cam” hesapları ile ölçme sonuçları arasında; Bradley ve Birta (2000) tarafından yapılan çalışmada 1-2 dB, Şentop (2013) tarafından derlenen çalışmada (-2)-(-3) dB fark olduğu, Taylor Woodrow Tech. Lab. (2021) tarafından yapılan ölçmelerde fark olmadığı görülmektedir (Tablo 4, Tablo 5).

Tablo 4. Tek doğramalı pencere sistemlerinde açılış biçiminin akustik performansa etkisi ve hesap sonuçları ile karşılaştırılması (dB).

Doğrama gereci	Cam (mm)	Açılım	Ölçme (R_w+C_{tr})	Hesap (R_w+C_{tr})	Fark (Ölçme-Hesap)
PVC	3+13+3 düz cam+hava boşluğu+ düz cam	kanat açılım	27*	25	2
		sürgü	26*	25	1
		çift sürgü	26*	25	1

Ahşap	6 düz cam	sabit	25**	28	-3
		kanat açılım	26**	28	-2

* Bradley ve Birta (2000), ** Şentop (2013)

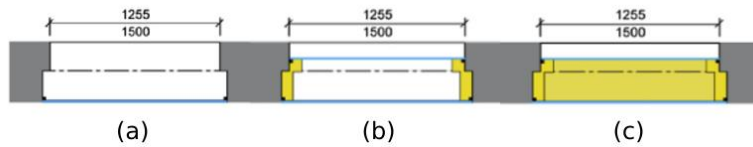
Tablo 5. Çift doğramalı pencere sistemlerinde açılış biçiminin akustik performansa etkisi ve hesap sonuçları ile karşılaştırılması (dB).

Doğrama gereci	Cam (mm)	Açılım	Ölçme (R _w)	Hesap (R _w)	Fark (Ölçme-Hesap)
Alüminyum	6+50+6,8 düz cam+hava boşluğu+lamine cam	kanat açılım	42*	42	0
		dışa itilen	42*	42	0
		açılım yok	42*	42	0

*Taylor Woodrow Tech. Lab. (2021)

3.3. Yalıtım Durumunun Etkisi ve “Yalın Cam” Hesaplarına Göre Değişim

Bradley ve Birta (2000) tarafından yapılan ölçmelerde pencere sistemlerindeki binilerin yalıtım durumu, farklı doğrama gereci alternatifleri ile ölçülmüştür. Ölçme sonuçlarına göre, doğrama gereci fark etmeksizin binilerde yapılan yalıtımın akustik performansa etkisi olmamıştır. Urbán ve ark. (2016) tarafından, pencere sistemlerindeki ara boşluk yalıtımının camın akustik performansına etkisi araştırılmıştır. Bunun için yalıtımsız, sadece köşe noktaları yalıtımlı, ara boşluk çerçevesi tamamen yalıtımlı seçenekler oluşturulmuştur (Şekil 4). Yalıtım gereci olarak 12 mm mineral yünü kullanılmıştır. Ölçme sonuçları, yapılan yalıtımın camın akustik performansı üzerinde önemli etkisi olduğunu göstermiştir.



Şekil 4. Urbán ve ark. (2016) tarafından yapılan ölçmelerde kullanılan yalıtım biçimleri: (a) yalıtımsız ara boşluk, (b) ara boşluk köşelerinde yalıtım, (c) ara boşluk çerçevesi tam yalıtımlı.

“Yalın cam” hesapları ile ölçme sonuçları arasında; Bradley ve Birta (2000) tarafından yapılan çalışmada 2 dB, Urbán ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada 7 dB fark olduğu görülmektedir.

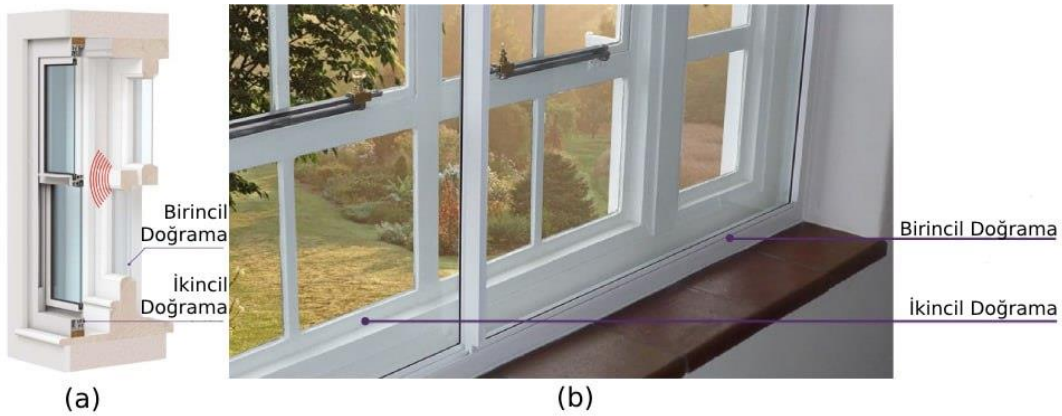
Tablo 6. Yalıtım durumunun akustik performansa etkisi ve hesap sonuçları ile karşılaştırılması(dB).

Cam (mm)	Doğrama gereci	Yalıtım durumu	Ölçme (R_w+C_{tr})	Hesap (R_w+C_{tr})	Fark (Ölçme-Hesap)
3+13+3 düz cam+hava boşluğu+düz cam	Ahşap	Yalıtımsız bini	27*	25	2
		Yalıtımlı bini	27*	25	2
	Alüminyum	Yalıtımsız bini	27*	25	2
		Yalıtımlı bini	27*	25	2
	PVC	Yalıtımsız bini	27*	25	2
		Yalıtımlı bini	27*	25	2
12+314+8,6 düz cam+hava boşluğu+lamine cam	Ahşap	Yalıtımsız ara boşluk	51**	51	0
		Ara boşluk köşelerinde yalıtım	58**	51	7
		Ara boşluk çerçevesi tam yalıtım	58**	51	7

*Bradley ve Birta (2000), ** Urbán ve ark. (2016)

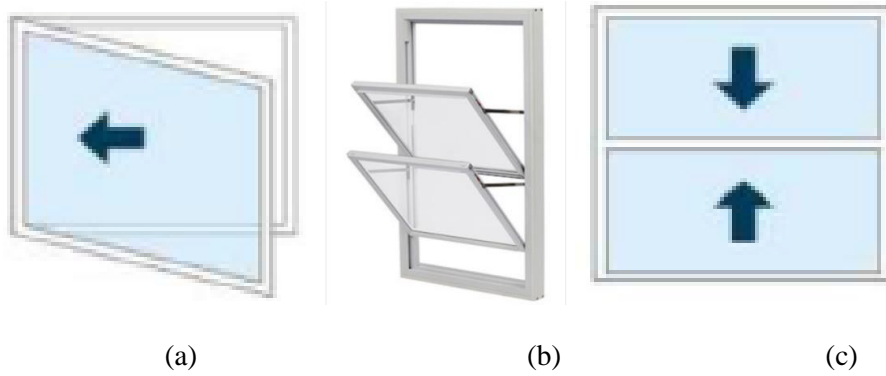
3.4. Çift Doğramalı Pencere Sistemlerinin Etkisi ve “Yalın Cam” Hesaplarına Göre Değişim

Çift doğrama kullanımı mevcut doğrama ile arada 50/100/150/200 mm boşluk bıraktıktan sonra camın ikincil doğrama kullanılarak uygulanmasıdır (Şekil 5). Tarihi yapılarda yapının özgünlüğünün bozulmadan ısı ve akustik performansının artması için tercih edilebilmektedir. Bununla beraber yönetmelikte belirtilen akustik performansın, özellikle yüksek gürültülü ortamlarda sağlanabilmesi için kullanılacak seçenekler arasında yer almaktadır (TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017).



Şekil 5. Çift doğramalı pencere sistemi (a) kesit (Taylor Woodrow Tech. Lab., 2021), (b) görsel (Strattonglass, 2023).

Chiltern Dynamics Lab. (2021) tarafından 200 mm boşluk ile dışa itilen vasistas, düşey sürgü ve kanat açılım biçimleri için; 4 -6 mm temperli cam ve 6,4 - 8,8 mm lamine cam kullanılarak; birincil pencerenin 4 mm ya da 6 mm olması durumları ölçülmüştür (Şekil 6, Tablo 8). Taylor Woodrow Tech. Lab. (2021) tarafından 50/100/150/200 mm boşluk ile kanat açılım, dışa itilen ve sabit kanat açılım biçimleri için 6,4 mm, 6,8 mm, 8,8 mm lamine cam kullanarak ölçmeler yapılmıştır (Şekil 3, Tablo 8). Çalışmada elde edilen ölçme sonuçlarına göre hiçbir açılım biçimi akustik performansı etkilemediğinden Tablo 8’te bulgular cam kalınlığı ve ara boşluk mesafesine göre gösterilmiştir.



Şekil 6. Chiltern Dynamics Lab. (2021) tarafından yapılan ölçmelerde kullanılan açılım biçimleri; (a) kanat açılım, (b) dışa itilen vasistas, (c) düşey sürgü.

Ölçme sonuçlarına göre birincil doğramada kullanılan camın kalınlaşması çift doğramanın performansını 1-2 dB artırmaktadır (Tablo 7). İkincil doğramada kullanılan camın laminasyonunun ve/veya kalınlığının artırılması +1 dB değişime sebep olmuştur (Tablo 8, Tablo 9).

Tablo 7. Çift doğramalı pencere sistemlerinde ilk cam kalınlığının akustik performansa etkisi (dB).

Doğrama gereci	Açılım	Cam (mm)	Ölçme (R _w)
Ahşap	Dışa itilen vasistas	4+200+6,4 düz cam+hava boşluğu+lamine cam	48*
		6+200+6,4 düz cam+hava boşluğu+lamine cam	50*
		4+200+4 düz cam+hava boşluğu+temperli cam	47*
		6+200+4 düz cam+hava boşluğu+temperli cam	48*
	Kanat açılım	4+200+4 düz cam+hava boşluğu+temperli cam	50*
		6+200+4 düz cam+hava boşluğu+temperli cam	51*

*Chiltern Dynamics Lab. (2021)

Tablo 8. Çift doğramalı pencere sistemlerinde ikincil cam kalınlığının akustik performansa etkisi (dB).

Doğrama gereci	Açılım	Cam (mm)	Ölçme (R _w)
Ahşap	dışa itilen vasistas	6+200+6,4 düz cam+hava boşluğu+lamine cam	50*
		6+200+8,8 düz cam+hava boşluğu.+lamine cam	49*
Alüminyum	Kanat açılım	6+50+6,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	42**
		6+50+8,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	43**
Alüminyum	Açılım yok	6+100+6,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	46**
		6+100+8,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	47**

*Chiltern Dynamics Lab. (2021), **Taylor Woodrow Tech. Lab. (2021)

Tablo 9. Çift doğramalı pencere sistemlerinde laminasyon kalınlığının akustik performansa etkisi (dB).

Doğrama gereci	Açılım	Cam (mm)	Ölçme (R _w)
Alüminyum	Kanat açılım	6+50+6,4 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	41**
		6+50+6,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	42**
Alüminyum	Açılım yok	6+100+6,4 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	45**
		6+100+6,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	46**

*Chiltern Dynamics Lab. (2021), **Taylor Woodrow Tech. Lab. (2021)

Boşluğun 150 mm'ye kadar artırılması sistemin performansını artırırken 150-200 mm arasındaki değişimin performansa etkisi olmamıştır. "Yalın cam" hesapları ile ölçme sonuçları arasındaki değişim 0- (-3) dB arasında olmuştur. Hesap sonuçları ölçme sonuçlarına göre yüksek kalmıştır. Boşluk mesafesi arttıkça, hesap sonuçları ile ölçme sonuçları arasındaki fark 1 dB artmıştır (Tablo 10).

Tablo 10. Çift doğramalı pencere sistemlerinde ara boşluğun akustik performansa etkisi ve hesap sonuçları ile karşılaştırılması (dB).

Doğrama gereci	Açılım	Cam (mm)	Ölçme (R _w)	Hesap (R _w)	Fark (Ölçme-Hesap)
Alüminyum	Kanat açılım	6+50+6,4 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	41**	42	-1
		6+100+6,4 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	45**	47	-2
		6+150+6,4 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	47**	49	-2

6+200+6,4 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	47**	50	-3
6+50+6,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	42**	42	0
6+100+6,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	46**	47	-1
6+150+6,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	48**	49	-1
6+200+6,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	48**	50	-2
6+50+8,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	43**	44	-1
6+100+8,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	47**	49	-2
6+150+8,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	49**	51	-2
6+200+8,8 düz cam+hava boşluğu+lamine c.	49**	52	-3

*Taylor Woodrow Tech. Lab. (2021)

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Gürültü kirliliği insan sağlığını tehdit eden çevresel sorunlardan biridir. Çevresel gürültünün önlenmesinde planlama ve denetlemeye yönelik makro önlemlerin yanı sıra yapı elemanlarında denetim yapılması gerekmektedir. Yapı kabuğunda alınacak gürültü önlemlerinde opak ve saydam alanlardan oluşan bileşik cidarın performansında, zayıf alan olan camın etkisi önem taşımaktadır. Gürültü analizlerinin yapıldığı programlarda pencere sistemine ait özellikler ihmal edilerek “yalın cam” kesitlerinin performansı hesaplanmaktadır. Bu durumda; doğrama gereci, açılış biçimi, yalıtım durumu ve ikincil doğrama kullanımı değerlendirilememektedir. Literatürde pencere sistemlerinin özellikleri dahil edilerek yapılan ölçmeler olmasına karşın ölçme sonuçları ile “yalın cam” hesaplarının karşılaştırıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Çalışma kapsamında literatürde yer alan ölçmelerden yararlanılarak öncelikle pencere sistemi özelliklerinin camın akustik performansına etkisi, daha sonra “yalın cam” hesaplarında elde edilen değerler ile arasındaki farklar araştırılmıştır.

İnsan kulağının hassasiyeti ± 3 dB'dir (Damaske, 2008; Everest & Pohlmann, 2022; Goelzer ve ark., 2001). ± 3 dB değişimin algılanması güç olduğundan akustik analizlerde önemli değişimlere sebep olmamaktadır. Bununla beraber hesap sonuçlarının ölçme sonuçlarına göre “3” dB daha düşük olması uygulamada gerçekleştirilecek hataları tolere edecek bir pay olarak görüldüğünden güvenli bölge olarak kabul edilmektedir (Hassan, 2009; Urbán ve ark., 2016). Literatürdeki ölçmeler ışığında aşağıdaki değerlendirmeleri yapmak mümkündür:

- Aynı cam kesiti ile yapılan ölçmelerde, doğrama gerecindeki farklılık pencere sisteminin akustik performansı üzerinde değişime sebep olmamıştır.
- Açılış biçimi değişikliğinin camın akustik performansına 1 dB'den fazla etkisi olmamıştır.
- Binilerde yapılan yalıtımın camın akustik performansı üzerinde önemli bir etkisi olmamış, ara boşlukta yapılan yüksek nitelikli yalıtım camın performansını +7 dB yükseltmiştir.
- Çift doğramalı pencere sistemlerinde; birincil ve ikincil camda kalınlık artışı ile laminasyon kalınlığının artırılması +1, +2 dB değişime sebep olmuştur.

Pencere sistemleri ile yapılmış ölçmeler simülasyon programında yapılmış yalın cam hesapları ile karşılaştırıldığında aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

- Doğrama kullanılarak yapılmış ölçmeler ile "yalın cam" performansı hesapları arasındaki değişimler ± 3 dB aralığında kalmıştır. Ağır ahşap kasa hariç diğer doğramalı ölçme sonuçları "yalın cam" kullanılarak elde edilen hesap sonuçlarından yüksek olduğu için hesaplamalar güvenli tarafta kalmıştır.
- Farklı açılış biçimleri kullanılarak yapılmış ölçmeler ile "yalın cam" performansı hesapları arasındaki değişimler ± 3 dB aralığında kalmıştır. Tek cam kullanılarak yapılan ölçmeler hariç, ölçme sonuçları "yalın cam" kullanılarak yapılan hesaplamalardan yüksek olduğu için hesaplamalar güvenli tarafta kalmıştır.
- Yalıtımlı bini kullanılarak yapılmış ölçmeler ile "yalın cam" performansı hesapları arasındaki değişimlerin ± 3 dB aralığında kaldığı, yüksek yalıtımlı seçeneklerde ise belirgin farklar olduğu görülmüştür. Yalıtımlı sistemler ile yapılan ölçme sonuçlarında "yalın cam" kullanılarak yapılan hesaplamalardan yüksek değerler elde edilmiş, hesaplamalar güvenli tarafta kalmıştır.
- Çift doğrama kullanılarak yapılmış ölçmeler ile "yalın cam" performansı hesapları arasındaki değişimlerin ± 3 dB aralığında kaldığı görülmüştür. Çift doğrama ile yapılan ölçme sonuçları "yalın cam" kullanılarak yapılan hesaplamalardan düşük olduğu için hesap sonuçları güvenli tarafta kalmamıştır.

Bu çalışma; çift cam ara boşluğunda yapılan nitelikli yalıtım durumu hariç, pencere sistemi özelliklerinin akustik performans analizlerini etkileyecek düzeyde olmadığını göstermiştir. Sadece ikincil doğrama kullanımında hesap sonuçları yüksek çıkmış, diğer bileşenlerde ölçme sonuçları yüksek olmuştur. Bu durumda ikincil doğrama kullanımı analizlerinde ve nitelikli ara boşluk yalıtımında ölçme sonuçlarının referans alınması gerektiği, diğer durumlarda güvenli bölgede kalan ve sonuçları önemli düzeyde etkilemeyen yalın cam hesapları ile devam edilebileceği görülmüştür.

Yapılan çalışma ile mimari akustik alanında sıklıkla karşılaşılan bir sorunun cevabı araştırılmış, simülasyon programlarında modellenemeyen pencere sistemi özelliklerinin akustik performansa etkisi irdelenmiş, elde edilen sonuçlar ile uygulama alanına ve bilimsel çalışmalara katkı sağlanmıştır.

Kaynakça

- Aksoylu, C., Mendi, Ş. E., & Arda, S. (2016). Ses yalıtımında ses azaltım indisi modellerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31(4), 961-970. <https://doi.org/https://doi.org/10.17341/gazimmfd.278451>
- Avrupa Birliği Komisyonu. (1996). Green Paper. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:51996DC0570&rid=2>
- Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Birliği Konseyi. (2002). Directive 2002/49/EC of The European Parliament and of The Council. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&from=EN>
- Baranok Ak, B. K., & Yüğrük Akdağ, N. (2017, Nisan 19-22). Öğrenci Yurtların Gürültü Sorunu-Bir Örnek Kapsamında Soruna Yönelik Çözüm Önerileri [Sözlü sunum]. 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, Türkiye. <http://mmoteskon.org/wp-content/uploads/2017/05/2017-138.pdf>
- Bradley, J., & Birta, J. (2000). Laboratory measurements of the sound insulation of building facade elements. Kanada Ulusal Araştırma Konseyi, <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/ft/?id=b516cfdd-0170-4427-9532-77daf90974d5>
- Chiltern Dynamics Lab. (2021). Acoustic Performance Results. Clearview Secondary Glazing. <https://clearviewsg.co.uk/wp-content/uploads/2017/10/Acoustic-Performance-Data-Sheet.pdf>
- Damaske, P. (2008). *Acoustics and hearing*. Springer
- Dedeler, H. (2008). Bir işletmede işyeri fiziksel risk etmenlerinin çalışanların sağlığına olan etkisinin saptanması ve değerlendirilmesi. (Tez No. 203454) [Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi]. Edirne.
- Demirel, F., & Özçetin, Z. (2014). Ankara Müzik Muallim Mektebi Mamak Belediyesi Konservatuvar Binası ve gürültü kontrol analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(4), 835-845. <https://doi.org/https://doi.org/10.17341/gummfd.34000>
- Di Bella, A., Granzotto, N., Elarga, H., Semprini, G., Barbaresi, L., & Marinosci, C. (2015). Balancing of thermal and acoustic insulation performances in building envelope design Inter-noise and Noise-con Congress and Conference Proceedings, San Francisco, California, USA.
- Dünya Sağlık Örgütü. (2011). Çevresel gürültüden kaynaklanan hastalık yükü: Avrupa'da kaybedilen sağlıklı yaşam yıllarının sayısallaştırılması. JRC European Commission. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326424/9789289002295-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- European Environment Agency. (2014). *Noise in Europe (No 10/2014)*. EEA. <https://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014>
- Everest, F. A., & Pohlmann, K. C. (2022). *Master handbook of acoustics*. McGraw-Hill Education.
- Ferrara, M., Vallee, J. C., Shtrepi, L., Astolfi, A., & Fabrizio, E. (2021). A thermal and acoustic co-simulation method for the multi-domain optimization of nearly zero energy buildings. *Journal of Building Engineering*, 40, 102699. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobee.2021.102699>
- Goelzer, B., Hansen, C. H., & Sehrndt, G. (2001). Occupational exposure to noise: evaluation,

- prevention and control. World Health Organisation.
http://www.who.int/occupational_health/publications/occupnoise/en/
- Hassan, O. A. (2009). Building acoustics and vibration: theory and practice. World Scientific Publishing Company.
- Hintzsche, M., Cüppers, M. J., Rainer Kühne, M., Marohn, H.-D., & Schade, L. (2008). Çevresel gürültü değerlendirmesi ve yönetimi ile ilgili AB direktiflerinin uyumlaştırılması ve uygulamaları Avrupa Birliği Eşleştirme Projesi TR/2004/IB/EN/02. TC Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Kurra, S. (2012). Comparison of the models predicting sound insulation values of multilayered building elements. *Applied Acoustics*, 73(6-7), 575-589.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.11.008>
- Lin, J. Y., Yang, C. T., & Tsay, Y. S. (2021). A Study on the Sound Insulation Performance of Cross-laminated Timber. *Materials*, 14(15), 4144. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ma14154144>
- Mir, M., Nasirzadeh, F., Bereznicki, H., Enticott, P., Lee, S., & Mills, A. (2023). Construction noise effects on human health: Evidence from physiological measures. *Sustainable Cities Society*, 91, 104470.
- Murphy, E., & King, E. A. (2022). Environmental noise pollution: Noise mapping, public health, and policy. Elsevier.
- Münzel, T., Sørensen, M., & Daiber, A. (2021). Transportation noise pollution and cardiovascular disease. *Nature Reviews Cardiology*, 18(9), 619-636.
- Özdem Gürtürk, S., & Yügrük Akdağ, N. (2020). Açık planlı bürolarda, işitsel konforun tasarım parametresi olarak alınmasına yönelik bir yaklaşım örneği. *Megaron*, 15(2), 298-307.
<https://doi.org/10.14744/MEGARON.2020.44452>
- Rossing, T. D., & Rossing, T. D. (2014). Springer handbook of acoustics. Springer.
- Strattonglass. (2023). Secondary double glazing. <https://www.strattonglasswindows.co.uk/brochure-download?thankyouid=1771&thankyousalt=vx2napeh81rva8ai>
- Şentop, A. (2013). Binaların Gürültü Kontrolü Etkin Tasarımı İçin Yapı Elemanı Seçim Aracı. (Tez No. 335927) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. İstanbul.
- Taylor Woodrow Tech. Lab. (2021). Rw dB valves for Selectaglaze Ltd Secondary Glazing Systems. Selecteglaze. <https://www.selectaglaze.co.uk/technical-support/technical-downloads>
- TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2017). Binaların gürültüye karşı korunması hakkında yönetmelik. Resmigazete. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/05/20170531-7.htm>
- Toprak, R., & Aktürk, N. (2004). Gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 61(1), 49-58.
- Urbán, D., Roozen, N. B., Zařko, P., Rychtarikova, M., Tomařovič, P., & Glorieux, C. (2016). Assessment of sound insulation of naturally ventilated double skin facades. *Building Environment*, 110, 148-160. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.10.004>
- Yılmaz, S., & Dinçer, M. A. (2015, Ekim 19-20). Farklı gürültü bölgelerinde tuğla çekirdekli kompozit cephelerin uygulanabilirliği. 11. Ulusal Akustik Kongresi ve Sergisi, İstanbul

MİMARİDE TROMBE DUVARI UYGULAMASININ ENERJİ ANALİZİ

Erhan Kırtepe¹, Necdet Özbalta²

¹ Şırnak MYO, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri, Şırnak Üniversitesi, Şırnak, Türkiye, erhan.kirtepe@gmail.com, 0000-0002-1824-2599

² necdet.ozbalta1@gmail.com, 0009-0006-0710-2618

Özet

Bu çalışmada mimaride güneş enerjisinden pasif yararlanmayı olanaklı kılan Trombe duvarının ısı davranışı incelenmiştir. Trombe duvar tasarımı iki farklı akış modelinde, zorlanmış taşınım ve doğal taşınım olarak ele alınmıştır. Her iki durum için enerji denge denklemleri cam tabaka, hava kanalı ve ısı kütle dış yüzeyi için verilmiştir. Enerji denge denklemleri derlenerek denklem sistemi formunda yazılmış ve iteratif olarak çözülmüştür. Doğal taşınım ve zorlanmış taşınım Trombe duvarı kuruluşlarından odanın içine aktarılan toplam enerji miktarı sırası ile 2587,4 kJ/gün ve 2908,7 kJ/gün olarak hesaplanmıştır. Fan kullanımı ile odaya aktarılan enerjinin yaklaşık %12,4 oranında artış gösterdiği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Analizi, Güneş Enerjisi, Isı Transferi, Trombe Duvarı.

ENERGY ANALYSIS OF THE TROMBE WALL APPLICATION IN ARCHITECTURE

Abstract

In this study, the thermal behavior of the Trombe wall, which enables passive use of solar energy in architecture, has been investigated. Trombe wall design is handled in two different flow models; forced convection and natural convection. The energy balance equations for both cases are written for the glass cover, air duct, and thermal mass outer surface. Energy balance equations were compiled and written in the form of a system of equations and then solved iteratively. The total amount of energy transferred into the room from the natural convection and forced convection Trombe walls has been calculated as 2587.4 kJ/day and 2908.7 kJ/day, respectively. It has been determined that the use of fans has increased the amount of energy that is transferred into the room by about %12,4.

Keywords: Energy Analysis, Solar Energy, Heat Transfer, Trombe Wall.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

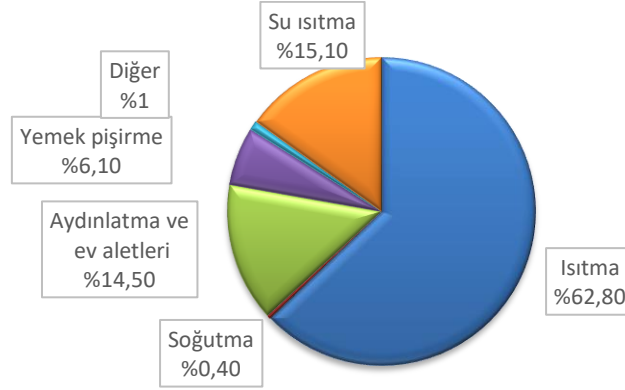
Geliş/Received: 10.04.2023 Kabul/Accepted: 24.06.2023

Kırtepe, E., ve Özbalta, N. (2023). Mimaride Trombe Duvarı Uygulamasının Enerji Analizi. *KARESİ Journal of Architecture*, 2(1): 46-60.

1. GİRİŞ

Enerji tüketiminin iklim ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak amacı ile mimaride enerji etkin tasarım yaklaşımları önem kazanmaktadır. Enerjinin yapı sektöründeki etkisi, binaların inşası için malzeme temininden başlayarak, inşa eylemi, binanın kullanımı, yıkımı ve atıkların yönetimi süreçlerinde devam etmektedir. Günümüzde artan nüfus ve konfor gereksinimi yanında endüstrileşmeye bağlı olarak enerji talebi sürekli artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre, konut, kamu ve ticari mülkleri içeren bina sektörü, 2020'de dünyadaki küresel enerjinin %30'unu tüketirken, konut binalarının CO₂ emisyonundaki payı %28 düzeyindedir (Abergel, T. ve Delmastro, C., 2020). Avrupa Birliği ülkelerinde ise atmosfere salınan karbon dioksit emisyonunun yaklaşık %36'ı bina sektöründen kaynaklanmaktadır (Guyot vd., 2019).

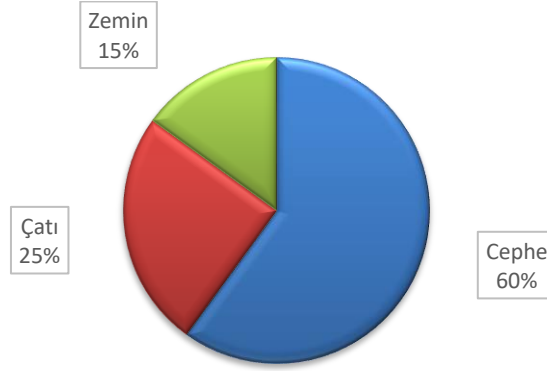
Dolayısı gerek çevrenin korunması gerekse ekolojik ve ekonomik açıdan binaların kullanımı sürecinde tüketilen enerjinin azaltılması kaçınılmazdır. Avrupa Birliği ülkelerinde 2020 yılında konutlarda tüketilen nihai enerjinin yaklaşık %62,80'i mekan ısıtmasına harcanmaktadır (Şekil 1). Su ısıtma, aydınlatma ve ev aletleri tarafından tüketilen enerji sırasıyla %15,10 ve %14,50 oranlarında dağılım göstermektedir (Eurostat, 2022). Ancak ülkelerin coğrafi konumuna bağlı olarak ısıtma ve soğutma yüklerinde farklılıklar söz konusudur.



Şekil 1. Konutlarda enerji tüketiminin dağılımı.

Türkiye'de nihai enerji tüketiminin sektörel dağılımı incelendiğinde meskenlerin payının %24,5 olduğu görülmektedir. Mekân ısıtma, mesken enerji tüketiminin yaklaşık %50-60'nı oluşturmaktadır. (ETKB, 2022).

Bina sektöründe tüketilen enerjinin büyük bir bölümü kışın ısıtmaya yazın ise iklimlendirmeye harcanmaktadır. Isıtma için enerjinin değerlendirilmesinde bina kabuğunun davranışı büyük önem taşımaktadır. Bina kabuğundan ısı kayıpları, cephe elemanlarından (dış duvar, kapı/pencere ve açıklıklar) % 60, çatıdan %25 ve zeminden %15 oranında gerçekleşmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Bina kabuğundan çevreye ısı kayıplarının dağılımı (Yaman, 2021; Shoubi vd., 2015).

Enerji talebinin karşılanmasında ağırlıklı olarak rezervleri gittikçe azalan fosil kökenli enerji kaynaklarının kullanılması çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Binalarda ısıtma amaçlı enerji tüketimini azaltmak için geliştirilen önlemler arasında yenilenebilir enerji kaynaklarının özellikle güneş enerjisinin kullanımı her geçen gün önem kazanmaktadır. Güneş enerjisinden mimaride mekan ısıtması, sıcak su eldesi ve elektrik enerjisi üretimi amacı ile yararlanmak olanaklıdır. Mekan ısıtma amaçlı güneş enerjisi sistemlerinde gerçekleştirilen üç işlev: güneş enerjisinin toplanması, depolanması ve depolanan enerjinin mekana aktarılması şeklinde sıralanır. Güneş enerjisi ile mekanların ısıtılması aktif ve pasif yöntemlerle sağlanır. Aktif ısıtma sistemlerinde depolanan enerjinin aktarılması için fan veya pompaya gerek duyulmaktadır. Pasif ısıtma sistemlerinde ise depolanan enerjinin aktarılması ise ısı transfer mekanizmaları (iletim, taşınım, ışınım) ile gerçekleştirilir. Güneş enerjisi ile mekanların pasif ısıtma teknikleri direkt kazanç (pencereler) ve dolaylı kazanç (kış bahçesi, Trombe duvarı) uygulamaları olarak adlandırılır.

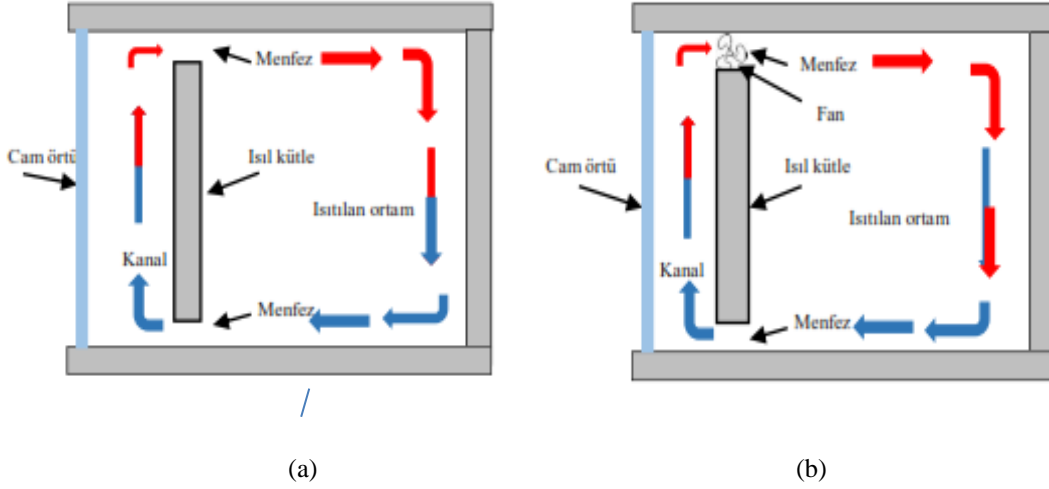
Abdeen vd. (2019) çalışmalarında optimum Trombe duvarı yüksekliğinin 1,7 m, kanal derinliğinin 0,22 m ve ısıtma kalınlığının 0,3 m olması durumunda tipik kış koşullarında ısıtma konforunun %38,19 oranında iyileştiğini belirtmiştir (Abdeen vd., 2019). Şili'nin farklı iklim (sahil ve iç bölge) koşullarında prefabrike Trombe duvarı uygulaması ile ısıtma enerjisi tasarrufu %44,14 ve %25,35 olarak elde edilmiştir (Agurto vd., 2020). Bevilacqua vd. (2019) ise Trombe duvarı performansını soğuk iklim koşulunda %18,2, ılıman iklim koşulunda ise %71,7 olarak saptamıştır (Bevilacqua vd., 2019). Fransa Lyon'da ısıtma döneminde Trombe duvarı ile %20 enerji tasarrufu sağlandığı belirtilmiştir (Bojic vd., 2014). Charqui vd. (2023) çalışmalarında üç farklı (tek camlı betonarme, çift camlı betonarme, çift camlı su duvarlı) havalandırmasız Trombe duvarının matematiksel modelini oluşturarak ısıtma davranışını incelemişlerdir. Çift camlı su duvarlı tasarımın %46 ısıtma verim ile en iyi performansı sergilediğini, gelen güneş ışınımı ile iç yüzeydeki ısı akışı arasında zaman gecikmesini kış aylarında 4 saat 49 dakika, yaz aylarında ise 7 saat 23 dakika olarak elde etmişlerdir (Charqui vd., 2023). Yılmaz vd. (2018) Edirne iklim koşullarında Trombe duvarının performansını analitik olarak

incelemiştir. Anılan çalışmada farklı ısı kütlesi (betonarme, tuğla, hafif beton) malzemesi ve kalınlığı, ısı kütlesi ile cam tabaka aralığı, Trombe duvarı boyutunun ısı performansına etkisi incelenmiş ve en uygun tasarımı araştırmışlardır. Ayrıca Trombe duvarında saydam yalıtım malzemesinin kullanımının avantajları da incelenmiştir (Yılmaz vd., 2018). Jaber ve Ajib (2011) Ürdün iklim koşullarında (ısı kütlesi yüzey alanı/toplam güney duvarı yüzey alanı) oranının bina ısıtılmasına olan etkisini **yaşam döngüsü maliyet analizi** yöntemini kullanarak ekonomik açıdan incelemiştirlerdir. Optimum yüzey alanları oranı %37 ve yardımcı ısıtma enerjisindeki tasarruf oranı da %32,1 olarak bulunmuştur (Jaber ve Ajib, 2011).

2. TROMBE DUVARI

Trombe duvarının temel elemanlarını ısı kütlesi, hava kanalı ve cam tabaka oluşturur. Sistemin etkinliğini artırmak amacı ile ısı kütlelerinin alt ve üst kısmında menfezler tasarlanır; ayrıca bazı uygulamalarda aşırı ısınma sorununun önüne geçmek için gölge elemanından (özellikle ılıman iklim bölgelerinde) yararlanır. Bilindiği üzere yeryüzüne gelen güneş ışınımı 0,3-3,0 µm dalga boyu aralığında olup kısa dalga boyludur. Güneş enerjisini depolamak için ısı kütlesi olarak betonarme, tuğla malzemesi kullanılabileceği gibi su duvarı ya da faz değiştiren malzemelerin de kullanımı olanaklıdır. Trombe duvarı kuruluşundaki cam katmanı kısa dalga boylu ışınımı büyük oranda geçirir ve böylece sistem yüzeyine gelen güneş enerjisi engellenmeden ısı kütlelerinin dış yüzeyine ulaşır ve yutulur. Isı kütlesi dış yüzeyinde güneş enerjisini yutma özelliği olan yüksek koyu renkler tercih edilir. Isı kütlelerinde yutulan güneş enerjisinin bir kısmı iletim, taşınım ve ışınım ile iç mekana aktarılır, bir kısmı ise taşınım ile kanal içindeki havaya transfer edilir. Ayrıca cam tabaka ile ısı kütlesi arasında ışınım yolu ile de ısı geçişi gerçekleşir. Akış kanalındaki hava, cam tabaka ve ısı kütlelerinin dış yüzeyi ile sınırlıdır ve bu yüzeylerden havaya taşınım ile ısı geçişi olur (Hu vd., 2017).

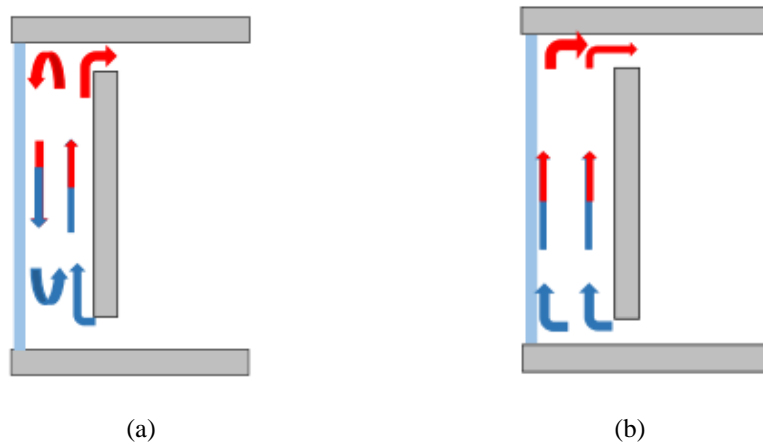
Havalandırılmalı Trombe duvarı uygulamasında, hava akış kanalı ile ısıtılan mekan arasındaki hava hareketi ısı kütlelerinin alt ve üst kısmında yer alan menfezler ile sağlanır (İbrahim vd., 2023). Isı kütlelerinin sıcaklığının artması ile akış kanalındaki hava yükselir ve üst menfezden iç mekana giriş yapar (Şekil 3a); ancak Trombe duvarı uygulamasında performansı arttırmak için kanal içindeki havanın hareketi, güneş enerjisi tahrikli fan kullanılarak sağlanabilir (Şekil 3b). Cam tabaka ve ısı kütlelerinden akış kanalındaki havaya ısı geçişi zorlanmış taşınım yoluyla gerçekleşir (Abdullah vd., 2022; Jie vd., 2007).



Şekil 3. Trombe duvarı a) Doğal taşınımı, b) Zorlanmış taşınımı.

Havalandırılmalı Trombe duvarında akış kanalındaki havanın hareketi, dış hava sıcaklığı ve güneş ışınımı yoğunluğundan etkilenir (Piotrowski vd., 2013; Olenets vd., 2015). Dış ortam sıcaklığının düşük, ancak güneş ışınımı yoğunluğunun yeterli olduğu durumlarda cam örtü sıcaklığı, ısıtılan mekan sıcaklığından daha düşük ise cama yakın hava soğur ve aşağı yönde hareket eder (Şekil 4a). Buna karşın sıcaklığı yüksek olan ısıl kütleyle yakın hava ise ısındığı için yukarı doğru hareket eder ve mekan içine yönelir. Bu durumda toplam kütle hareket yukarı daha etkindir. Ancak düşük dış ortam sıcaklığı ve yetersiz güneş ışınım yoğunluğu durumunda ise cam örtü yüzeyine yakın bölgede soğuyan hava akımı, ısıl kütle yakınında ısınan hava akımından daha fazla etkin olacağı için sistem performansında önemli düşüş görülür (Piotrowski vd., 2013; Olenets, vd., 2015).

Buna karşın cam örtü sıcaklığının mekan sıcaklığından daha yüksek olduğu durumda ise kanal içindeki hava hareketi ısıl kütle yüzeyindeki gibi yukarı doğru gerçekleşir (Şekil 4b). Cam örtü ve ısıl kütlelerden akış kanalındaki havaya ısı geçişi doğal taşınım yoluyla gerçekleşir.



Şekil 4. Trombe duvarı akış kanalında hava hareketi. a) Cama yakın havanın soğuması ve aşağı doğru hareketi, b) Cama yakın havanın ısınması ve yukarı doğru hareketi.

Bu çalışmada havalandırılmalı Trombe duvarının (doğal taşınım ve zorlanmış taşınım) ısı performansı incelenmiştir.

3. MATEMATİKSEL MODEL

Matematiksel modelin kurulmasında ve denklemlerin çözümlenmesinde aşağıdaki varsayımlar yapılarak Trombe duvarı sistem elemanlarının enerji dengeleri yazılmıştır (Dimassi ve Dehmani, 2016; Abdeen vd., 2019; Rabani, 2022; Duan vd., 2016; Mokni vd., 2022; Sa vd., 2017; Yılmaz vd., 2018):

- Tüm sistem sürekli rejim koşullarında çalışmaktadır.
- Cam tabaka ve ısı kütlesinde ısı geçişi bir boyutlu olup, hava akışına dik doğrultuda meydana gelmektedir.
- Cam tabaka sıcaklığı üniformdur.
- Cam tabaka ve ısı kütlelerinin ısı kapasiteleri ihmal edilmiştir.
- Yan duvarların ısı kaybı, etkilerinin küçük olması nedeniyle ihmal edilmiştir.
- Akış kanalından geçen hava mükemmel gazdır.
- Akış kanalı girişindeki hava sıcaklığı, iç mekan sıcaklığına eşittir.
- Hava akış kanalı kesit alanı sabittir.
- Tüm termofiziksel özellikler ortalama sıcaklıkta alınmıştır.
- Mekan sıcaklığı üniformdur.

1.1. Cam Tabaka İçin Enerji Dengesi

Cam tabaka ile ısı kütlesinde dış yüzeyi, akış kanalındaki hava ve çevre arasında enerji dengesi aşağıdaki verilmiştir.

$$\left[\begin{array}{c} \text{Cam tabakada} \\ \text{yutulan} \\ \text{güneş ışınımı} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Isıl kütle ve cam tabaka} \\ \text{arasında ışımla} \\ \text{ısı geçişi} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Cam tabaka ve akış} \\ \text{kanalındaki hava} \\ \text{arasında} \\ \text{taşınım ile ısı geçişi} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Cam tabaka ve çevre} \\ \text{arasında} \\ \text{ışınım ve taşınım ile} \\ \text{ısı geçişi} \end{array} \right]$$

$$\alpha_g A_g I_T + h_{r,w-g} A_w (T_w - T_g) = h_{c,g-f} A_g (T_g - T_f) + \sum q_L \quad (1)$$

Cam tabakadan çevreye ışımlım ve taşınım ile gerçekleşen ısı geçişi Eşitlik 2'den elde edilir.

$$\sum q_L = U_t A_g (T_g - T_a) \quad (2)$$

Burada U_t , toplam ısı geçiş katsayısıdır ve dış ortamdaki rüzgar hızı, gök ve çevre sıcaklığına bağlı olarak hesaplanır.

$$U_t = h_w + h_{r,g-s} \quad (3)$$

3.2 Akış Kanalından Geçen Hava İçin Enerji Dengesi

Benzer şekilde cam tabaka ve ısı kütlesi arasındaki akış kanalından geçen çalışma akışkanını hava için enerji dengesi aşağıdaki bağıntıdan elde edilir.

$$\left[\begin{array}{c} \text{Isıl kütle ve akış} \\ \text{kanalındaki hava} \\ \text{arasında} \\ \text{taşıyım ile ısı geçişi} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Cam tabaka ve akış} \\ \text{kanalındaki hava} \\ \text{arasında} \\ \text{taşıyım ile ısı geçişi} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Akış kanalından} \\ \text{geçen havaya} \\ \text{aktarılan enerji} \end{array} \right]$$

$$h_{c,w-f}A_w(T_w - T_f) + h_{c,g-f}A_g(T_g - T_f) = q_{conv} \quad (4)$$

Akış kanalından geçen çalışma akışkanını havaya taşıyım ile ısı geçişi, cam tabaka ve ısı kütlesi sıcaklıklarının, tüm sistemde sabit olduğu kabul edilerek aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$q_{conv} = \dot{m}C_f(T_{f,o} - T_{f,i}) \quad (5)$$

Akış kanalından geçen havanın ortalama sıcaklığı, ortalama sıcaklık yaklaşım katsayısı $\gamma=0,74$ alınarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır (Duan vd., 2016).

$$T_f = \gamma T_{f,o} + (1 - \gamma)T_{f,i} \quad (6)$$

Trombe duvarından mekan içine taşıyım yoluyla ısı geçişi, havanın kanala giriş sıcaklığı oda sıcaklığına eşit alınarak elde edilir.

$$q_{conv} = \dot{m}C_{f1}(T_f - T_r)/\gamma \quad (7)$$

Akışkan hareketinin doğal taşıyım ile sağlandığı Trombe (fansız) duvarında akış kanalından geçen hava kütle debisi eşitlik 8 ile hesaplanır.

$$\dot{m} = C_d \rho_{f1} A_o \sqrt{\frac{2 g L (T_f - T_r)}{(1 + A_r^2) T_r}} \quad (8)$$

Burada $A_r = A_o/A_i$, A_o ve A_i akış kanalı çıkış ve giriş alanlarıdır (Abed vd., 2021; Jie vd., 2007; Abdullah vd., 2022).

Zorlanmış taşıyımlı Trombe duvarında cam tabaka ve ısı kütlesi arasındaki akış kanalında havanın hareketi, kanal çıkışına yerleştirilen fan yardımıyla sağlanır. Fan güneş enerjisi ile çalıştırılır. Dolayısıyla hava hızı, güneş ışınımına bağlı olarak değişir.

$$V = C_{fan} G \quad (9)$$

Burada V (m/s) kanaldan geçen hava hızı, G (W/m^2) güneş ışınımı, $C_{fan}=0,0006$ m^3/J fan sabitidir (Ahmed vd., 2019; Abed vd., 2021).

3.3 Isıl Kütle İçin Enerji Dengesi

Isıl kütle ile cam tabaka, akış kanalındaki hava ve iç mekan arasındaki enerji dengesi aşağıdaki bağıntıdan elde edilir.

$$\left[\begin{array}{c} \text{Isıl kütle ve akış} \\ \text{kanalındaki hava} \\ \text{arasında} \\ \text{taşınımla ısı geçişi} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Isıl kütle ve cam tabaka} \\ \text{arasında ışınlama} \\ \text{ısı geçişi} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Isıl kütle ve dış} \\ \text{yüzeyinden odaya} \\ \text{iletim ve taşınımla} \\ \text{ısı geçişi} \end{array} \right]$$

$$(\tau\alpha)I_T A_w = h_{c,w-f} A_w (T_w - T_f) + h_{r,w-g} A_w (T_w - T_g) + q_{cond} \quad (10)$$

$$q_{cond} = U_b A_w (T_w - T_r) \quad (11)$$

Burada U_b ısı kütle ile oda arasında toplam ısı geçiş katsayısıdır.

$$U_b = [(1/h) + (L_w/k_w)]^{-1} \quad (12)$$

Enerji denge denklemleri derlenerek aşağıda gösterildiği gibi denklem sistemi formunda yazılabilir.

$$a_{11} T_g + a_{12} T_f + a_{13} T_w = C_1 \quad (13a)$$

$$a_{21} T_g + a_{22} T_f + a_{23} T_w = C_2 \quad (13b)$$

$$a_{31} T_g + a_{32} T_f + a_{33} T_w = C_3 \quad (13c)$$

Yukarıdaki denklem sistemindeki katsayılar aşağıda yazıldığı gibi tanımlanır:

$$a_{11} = h_{r,w-g} A_w + h_{c,g-f} A_g + U_t A_g, \quad a_{12} = -h_{c,g-f} A_g, \quad a_{13} = -h_{r,w-g} A_w, \quad C_1 = \alpha_g I_T A_g + U_t A_g T_a$$

$$a_{21} = h_{c,g-f} A_g, \quad a_{22} = -\left(h_{c,w-f} A_w + h_{c,g-f} A_g + \frac{m c_{f1}}{\gamma}\right), \quad a_{23} = h_{c,w-f} A_w, \quad C_2 = -\frac{m c_{f1}}{\gamma} T_r$$

$$a_{31} = -h_{r,w-g} A_w, \quad a_{32} = -h_{c,w-f} A_w, \quad a_{33} = h_{c,w-f} A_w + h_{r,w-g} A_w + U_b A_w, \quad C_3 = (\tau\alpha) I_T A_w + U_b A_w T_r$$

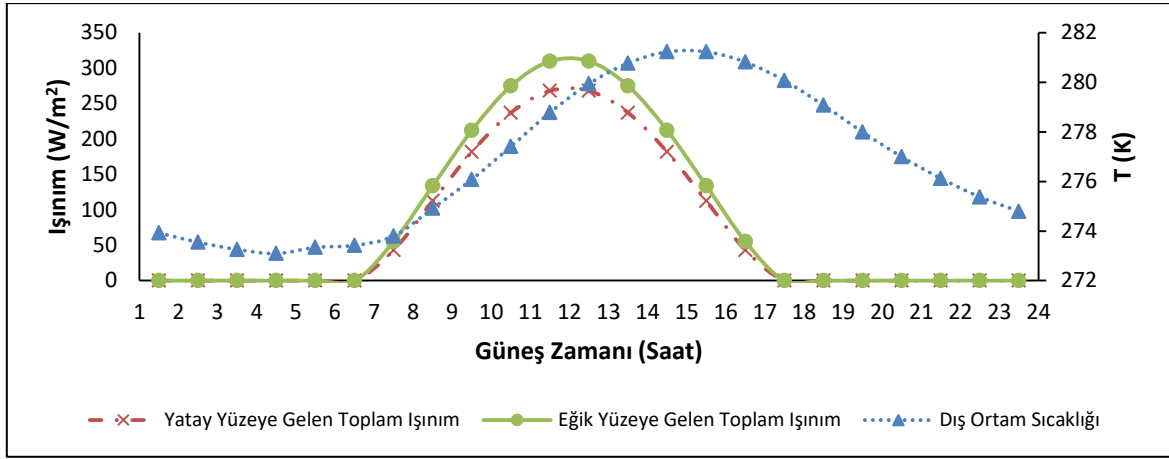
Cam tabaka, akış kanalından geçen hava, ısı kütle için yazılan enerji dengelerine ait denklemler eşzamanlı olarak çözülmüştür. Bilinmeyen sıcaklıklar (T_g , T_f , T_w) için başlangıç değerleri tahminlenmiştir. Bu değerler kullanılarak hava özellikleri, ışınlama ve taşınımla ısı geçiş katsayıları hesaplanmıştır. İterasyon belirlenen yakınsama düzeyine ulaşılan dek sürdürülmüştür.

Trombe duvarı ısı verimi, ısıtılan mekana iletim ve taşınım ile aktarılan ısı ile ısı kütle yüzeyine gelen güneş ışınlama değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanır (Duan, vd, 2016).

$$\eta = \frac{(q_{conv} + q_{cond})}{I_T A_w}$$

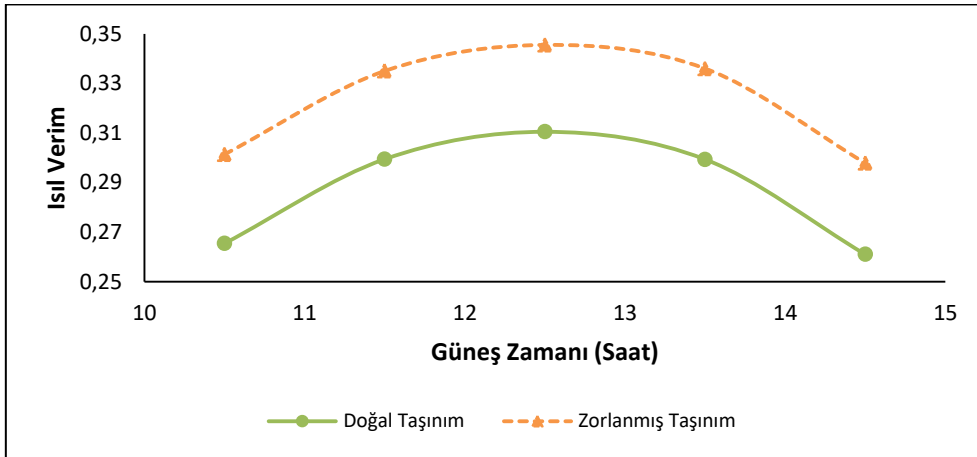
4. BULGULAR

Bu çalışmada Edirne ilinde Şubat ayını temsil eden güne ait iklim koşullarındaki Trombe duvarının ısı performansı incelenmiştir. Trombe duvarında yer alan ısı kütlenin yüksekliği, havanın giriş ve çıkışındaki menfez yükseklikleri, cam tabaka ile ısı kütlesi arasındaki mesafe ve ısı kütlenin malzemesi Yılmaz vd. (2018) tarafından incelenen çalışmada elde edilen en iyi değerler dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu kapsamda Trombe duvarında yer alan ısı kütlenin yüksekliği 1,8 m, cam tabaka ile ısı kütlesi arasındaki mesafe 0,1 m, havanın giriş ve çıkışındaki menfez yükseklikleri 0,1 m ve ısı kütlenin malzemesi betonarme olarak alınmış ve analizler gerçekleştirilmiştir. Edirne’de Şubat ayını temsil eden gün için hava sıcaklığının, yatay ve 90° eğimli yüzeye gelen güneş ışınımının saatlik değişimi Şekil 5’de gösterilmektedir.



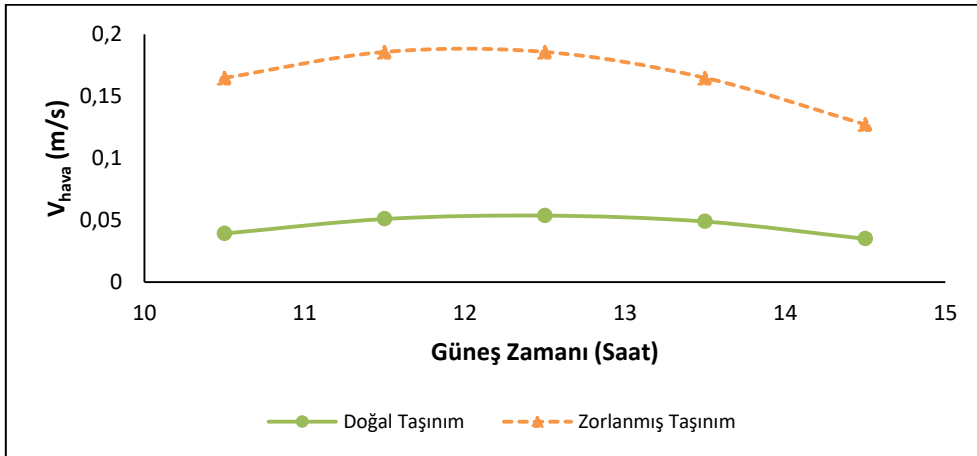
Şekil 5. Edirne ilinde Şubat ayını temsil eden güne ait dış ortam sıcaklığı ve güneş ışınımının saatlik değişimi.

Güneş öğlesinde ısı verim zorlanmış taşınımlı sistemde %34,5 olurken, doğal taşınımlıda %31,1 düzeyine çıkmıştır. ısı verimin günlük ortalama değeri zorlanmış dolaşımli sistemde %32,3, doğal dolaşımli sistemde %28,7 bulunmuştur. Analiz yapılan saatlerde fan kullanımı nedeniyle zorlanmış taşınımlı Trombe duvarının ısı verimi doğal taşınımlı Trombe duvarının ısı verimine göre ortalama %12,6 oranında daha yüksek bulunmuştur (Şekil 6).



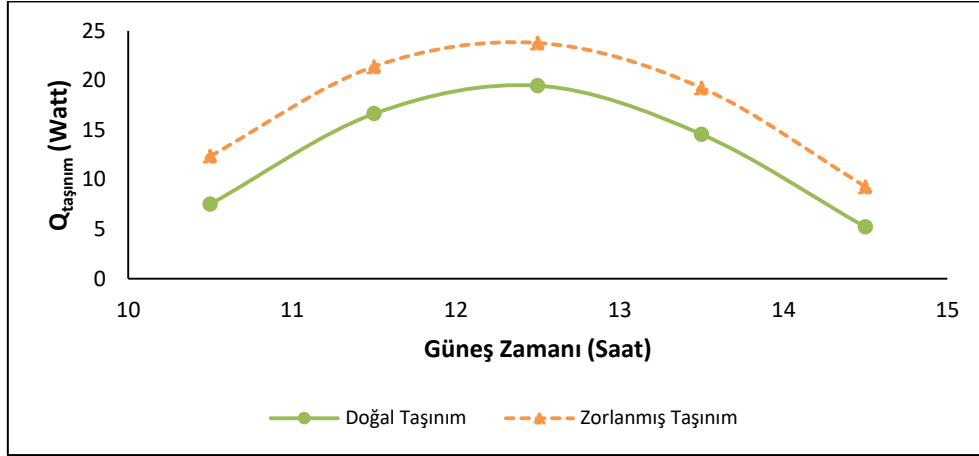
Şekil 6. Isıl verimin günlük değişimi.

Akış kanalında havanın hızı gün boyunca doğal taşınımlı tasarımda 0,035 m/s ile 0,054 m/s arasında, zorlanmış taşınımlı tasarımda 0,127 m/s ile 0,186 m/s arasında değişmiştir (Şekil 7).



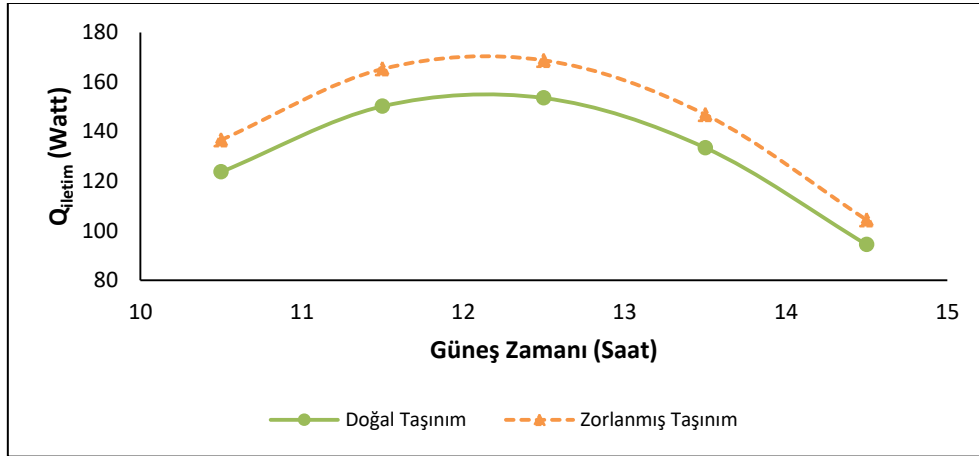
Şekil 7. Akış kanalında hava hızının değişimi.

Akış kanalındaki hava hareketi ile mekan içine taşınım yolu ile aktarılan enerji zorlanmış taşınımlı tasarımda analiz yapılan saatler boyunca 9,3 W ile 23,8 W arasında, doğal taşınımlı tasarımda ise taşınım ile aktarılan enerji 5,2 W ile 19,5 W arasında değişim göstermiştir (Şekil 8). Mekana taşınım ile aktarılan günlük toplam enerji, doğal taşınımlı sistemde 228,28 kJ/gün, zorlanmış taşınımlı sistemde ise 309,96 kJ/gün olarak hesaplanmıştır.



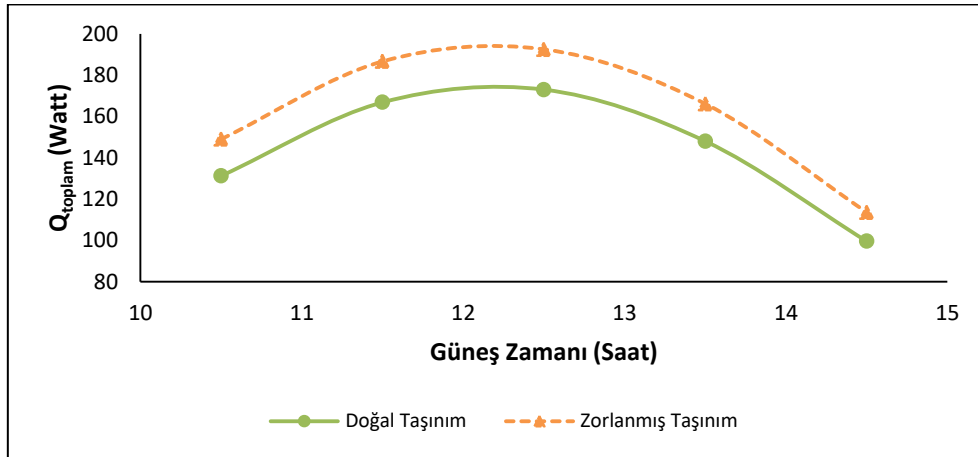
Şekil 8. Taşınım ile mekan içine aktarılan ısı enerjisi.

Isıl kütlede mekan içine iletim ile ısı geçişi zorlanmış taşınım tasarımda 104,4 W ile 168,7 W, doğal taşınım tasarımda ise 94,4 W ile 153,5 W arasında değişmiştir (Şekil 9). Gün boyunca ısı kütlede iletimle aktarılan enerji, doğal taşınım sistemde 2359,1 kJ/gün, zorlanmış taşınım sistemde ise 2598,7 kJ/gün olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 9. Isıl kütlede mekan içine iletimle ısı geçişi.

Isıtılan mekana aktarılan toplam (taşınım ve iletim) enerji doğal taşınım sistemde 99,6 W ile 173 W, zorlanmış dolaşımlıda 113,7 W ile 192,5 W arasında değişmiştir (Şekil 10). Günlük toplam güneş kazancı doğal dolaşımlı sistemde 2587,4 kJ/gün, zorlanmış dolaşımlıda ise 2908,7 kJ/gün olmuştur.



Şekil 10. Günlük toplam güneş kazancı.

Mekan içine aktarılan toplam ısı geçişinde, zorlanmış taşınım tasarımda doğal taşınım tasarıma göre fan kullanımı nedeniyle %12,4 oranında artış hesaplanmıştır. Trombe duvarı ile mekan arasında taşınım ile ısı geçişinde doğal taşınım tasarıma göre zorlanmış taşınımın sağladığı artış oranı %35,8 olarak bulunmuştur. Benzer şekilde ısıl kütle ile iletilen enerjideki artış oranı, zorlanmış taşınım tasarıma lehine %10,2 olarak elde edilmiştir. İncelenen tasarımda akış laminer rejimde olmasına karşın gün boyunca zorlanmış taşınım tasarımdaki akışkan hızının doğal taşınım tasarımdaki akışkan hızına göre ortalama 3,8 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, yapılan analizlerden elde edilen verilere bakıldığında hava hareketi için fanın kullanıldığı zorlanmış taşınım tasarıma sahip Trombe duvarının doğal taşınım tasarıma sahip Trombe duvarına göre daha iyi performans gösterdiği görülmektedir.

EK 1. NUSSELT SAYISI HESAPLANMASI

Ek 1.1. Havalandırmalı Trombe sistemi (fansız)

Cam tabaka ve kanaldan geçen hava, ısıl kütle ve kanaldan geçen hava arasındaki doğal taşınım ile ısı geçişine ait ısı taşınım katsayısı laminer akış ($Ra_L \leq 10^9$) rejiminde

$$Nu = 0,68 + \frac{0,67Ra_L^{1/4}}{[1+(0,492/Pr)^{9/16}]^{4/9}} \quad (\text{Ek1.1})$$

eşitliği kullanılarak veya tüm Rayleigh sayılarını kapsayan Churchill ve Chu tarafından önerilen

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0,387Ra_L^{1/6}}{[1+(0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2 \quad (\text{Ek1.2})$$

bağıntı kullanılarak hesaplanmıştır (Bergman vd., 2015).

Cam örtüden rüzgar nedeniyle oluşan taşınım ile ısı geçişi aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır (Duffie vd., 2020).

$$h_w = 2,8 + 3V \quad (\text{Ek1.3})$$

Bu bağıntılarda hava özellikleri ortalama akışkan sıcaklığında alınmıştır (Bergman vd., 2015; Duffie vd., 2020).

Ek 1.2. Havalandırılmalı Trombe Sistemi (Fanlı)

Dikdörtgen kesitli kanalda tam gelişmiş laminer akışta ($Re \leq 2300$) Nusselt sayısı, geometriye bağlı olarak değişmektedir. Isıl kütle yüzeyinde sabit ısı akısı koşullarında Nu sayısı değerleri Tablo 1'den akış kesit alanının boyut (en/genişlik) oranına bağlı olarak alınır.

Tablo 1. Farklı kesitlerdeki kanallarda tam gelişmiş laminer akışta Nusselt sayıları (Bergman vd., 2015).

a/b	1,43	2,0	3,0	4,0	8,0	∞
Nu	3,73	4,12	4,79	5,33	6,49	8,23

Reynolds sayısı ve Nusselt sayısı hesaplamalarında hidrolik çap (D_h) kullanılır (Bergman vd., 2015).

$$D_h = \frac{4A_c}{P} \quad (\text{Ek1.4})$$

EK 2. IŞINIMLA ISI GEÇİŞ KATSAYISI

Cam örtü ve ısı kütle arasındaki ışınlama ısı geçişi

$$h_{r,w-g} = \frac{\sigma(T_g^2 + T_w^2)(T_g + T_w)}{(1/\epsilon_g + 1/\epsilon_w - 1)} \quad (\text{Ek2.1})$$

cam tabala ve gök arasında ışınlama ısı geçişi

$$h_{r,g-s} = \frac{\sigma\epsilon_g(T_g + T_s)(T_g^2 + T_s^2)(T_g - T_s)}{(T_g - T_a)} \quad (\text{Ek2.2})$$

ve gök sıcaklığı

$$T_s = 0,0552T_a^{1,5} \quad (\text{Ek2.3})$$

bağıntıları kullanılarak bulunur (Bergman vd., 2015; Duffie vd., 2020).

Kaynakça

- Abed, A.A, Ahmed, O.K., Weis, M.M, Ahmed, A.K. and Ali, Z.H. (2021). Influence of glass cover on the characteristics of PV/trombe Wall with BI-fluid cooling. *Case Studies in Thermal Engineering*. 27, 101273. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101273>.
- Abdeen, A., Serageldin, A.A., Ibrahim, M.G.E., El-Zafarany, A., Ookawara, S. and Murata, R. (2019).

- Experimental, analytical, and numerical investigation into the feasibility of integrating a passive Trombe wall into a single room. *Applied Thermal Engineering*. 154, 751-768. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.03.090>.
- Abergel, T. and Delmastro, C., Is cooling the future of heating? 13 December 2020
<https://www.iea.org/commentaries/is-cooling-the-future-of-heating>, Erişim Tarihi: 08.04.2023.
- Abdullah, A.A., Atallah, F.S., Ahmed, O. K. and Alguburi, S. (2022). Effect of dusty weather on the performance of the PV/Trombe wall: Experimental assessment. *Case Studies in Thermal Engineering*. 39, 102419. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102419>.
- Agurto, L., Allacker, K., Fissore, A., Agurto, C. and De Troyer, F. (2020). Design and experimental study of a low-cost prefab Trombe Wall to improve indoor temperatures in social housing in the Biobio region in Chile. *Solar Energy*. 198, 704-721. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.02.003>.
- Ahmed, O.K., Hamada, K.I. and Salih, A.M. (2019). Enhancement of the performance of Photovoltaic/Trombe wall system using the porous medium: Experimental and theoretical study. *Energy*. 171, 14-26. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.001>.
- Bergman, T.L., Lavine, A.S., Incropera, F.P. and Dewitt, D.P. (2015). Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri. Palme Yayıncılık.
- Bevilacqua, P., Benevento, F., Brunu, R. and Arcuri, N. (2019). Are Trombe wall suitable passive systems for the reduction of the yearly building energy requirements? *Energy*. 185, 554-566. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.003>.
- Bojic, M., Johannes, K. and Kuznik, F. (2014). Optimizing energy and environmental performance of passive Trombe Wall. *Energy and Buildings*. 70, 279-286. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.062>.
- Charqui, Z., El Moutaouakil, L., Boukendil, M., Hidki, R., Zrikem, Z. and Abdelbaki, A. (2023). Numerical simulation of turbulent coupled heat transfer in a Trombe wall subjected to periodic thermal excitations. *Energy and Buildings*. 278, 112631. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112631>.
- Dimassi, N. and Dehmani, L. (2016). Experimental heat flux analysis of a solar wall design in Tunisia. *Journal of Building Engineering*. 8, 70-80. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2016.10.001>.
- Duan, S., Jing, C. and Zhao, Z. (2016). Energy and exergy analysis of different Trombe walls. *Energy and Buildings*. 126, 517-523. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.052>.
- Duffie, J.A., Beckman, W.A. and Blair, N. (2020). Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind. 5nd edition. John Wiley and Sons, 905s.
- ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye Ulusal Enerji Planı. (2022). [https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/T%C3%BCrkiye Ulusal Enerji Plan %C4%B1.pdf](https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/T%C3%BCrkiye%20Ulusal%20Enerji%20Plan%C4%B1.pdf), Erişim Tarihi: 08.04.2023
- Eurostat. (2022). Energy consumption in households. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households#Energy_consumption_in_households_by_type_of_end-use, Erişim Tarihi: 27 Mart 2023.
- Guyot, G., Walker, I., Sherman, M., Linares, P., Ortega, S.G. and Caillou, S. (2019). A review of performance-based approaches to residential smart ventilation, International Energy Agency's Energy in Buildings and Communities Programme, Ventilation Information Paper no 39, March

2019. <https://www.aivc.org/> Erişim Tarihi: 27 Mart 2023.
- Hu, Z., He, W., Ji, J. and Zhang, S. (2017). A review on the application of Trombe wall system in buildings, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 976-987. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.003>.
- Ibrahim, A.K., Algburi, S. and Ahmed, O.K. (2023). Enhancement of the performance of the PV Trombe Wall: A short review, *Cleaner Engineering and Technology*, 14, 100652. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100652>.
- Jaber, S. and Ajib, S. (2011). Optimum design of Trombe wall system in mediterranean region. *Solar Energy*. 85, 1891-1898. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.04.025>.
- Jie, J., Hua, Y., Gang, P., Bin, J. and Hei, H. (2007). Study of PV-Trombe wall assisted with DC fan. *Building and Environment*. 42, 3529-3539. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.10.038>.
- Mokni, A., Lashin, A., Ammar, M. and Mhiri, H. (2022). Thermal analysis of a Trombe wall in various climatic conditions: An experimental study. *Solar Energy*. 243, 247-263. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.08.011>.
- Olenets, M., Piotrowski, J.Z. and Stroy, A. (2015). Heat transfer and air movement in the ventilated air gap of passive solar heating systems with regulation of the heat supply. *Energy and Buildings*. 103, 198-205. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.05.051>.
- Piotrowski, J.Z., Stroy, A. and Olenets, M. (2013) Mathematical modelling of the steady state heat transfer processes in the convectonal elements of passive solar heating systems. *Archives of civil and mechanical engineering*. 13, 394-400. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2013.02.002>.
- Rabani, M. (2022). Experimental comparison of energy and exergy analysis of a new designed and a Normal Trombe Wall. *Energy*. 260, 125050. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125050>.
- Sa, A.C.B., Martins, A., Boaventura-Cunha, J., Lanzinha, J.C. and Paiva, A. (2017). An analytical approach to assess the influence of the massive wall material, thickness and ventilation system on the Trombe wall thermal performance. *Journal of Building Physics*. March, 1-24. <https://doi.org/10.1177/1744259117697389>.
- Shoubi, M. V., Masoud Shoubi, V., Bagchi, A. and Barough, A.Z. (2015). Reducing the operational energy demand in buildings using building information modeling tools and sustainability approaches. *Ain Shams Engineering Journal*. 6, 41-55. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2014.09.006>.
- Yaman, M. (2021). Different Façade Types and Building Integration in Energy Efficient Building Design Strategies, *International Journal of Built Environment and Sustainability*. Published by Penerbit UTM Press. Universiti Teknologi Malaysia. IJBES 8(2)/2021, 49-61.
- Yılmaz, R., Kırtepe, E. ve Özbalta, N. (2018) Trombe duvarı ısı performansının parametrik araştırılması. *Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu*. Cilt 1, 354-363, 18-20 Nisan 2018, Edirne.

AN INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF USING PHOSPHOGYPSUM AS A BUILDING MATERIAL¹

Fatma Nurhayat Değirmenci

Architecture Faculty, Department of Architecture, Balıkesir University, Balıkesir, Türkiye,
nurhayat@balikesir.edu.tr, 0000-0001-7996-6139

Abstract

Phosphate rock is processed with sulfuric acid to obtain phosphoric acid. Phosphoric acid is used in fertilizer production. Approximately 4-5 tons of phosphogypsum is obtained as industrial waste for each ton of phosphoric acid in fertilizer production. It is estimated that 3 million tons of phosphogypsum is stored as waste in our country. A very small amount of phosphogypsum was used in soil improvement and road stabilization, while the rest was generally stored in open lands or dumped into rivers and seas. The supply of landfills for phosphogypsum, the amount of which increases every year as industrial waste, increases production costs. In order to bring phosphogypsum into the economy, studies are being carried out to investigate the possibilities of its use in the construction sector. Phosphogypsum has been used as a setting retarder in cement production, artificial aggregate production and road stabilization. In this study, examples of previous studies on the possibility of utilization of phosphogypsum from Bandırma Bağfas Fertilizer Plant waste in the construction sector are presented. The utilization of phosphogypsum together with other industrial wastes will provide economic contribution.

Keywords: Phosphogypsum, Industrial Wastes, Building Materials.

FOSFOJİPSİN YAPI MALZEMESİ OLARAK KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Özet

Fosfat kayasının sülfürik asitle işlenmesi sonucu fosforik asit elde edilmektedir. Fosforik asit gübre üretiminde kullanılmaktadır. Gübre üretiminde her bir ton fosforik asit için yaklaşık 4-5 ton fosfojips endüstriyel atık olarak elde edilmektedir. Ülkemizde 3 milyon ton fosfojipsin atık olarak depolandığı tahmin edilmektedir. Atık olarak fosfojipsin çok az miktarı toprak ıslahı ve yol stabilizasyonunda kullanılmış geri kalanı ise genellikle açık arazilerde depolanmış veya nehir ve denizlere dökülmüştür. Endüstriyel atık olarak miktarı her yıl artan fosfojips için atık depolarının temini üretim maliyetlerini arttırmaktadır. Fosfojipsin ekonomiye kazandırılabilmesi için inşaat sektöründe kullanım olanaklarını araştıran çalışmalar yapılmaktadır. Fosfojips, çimento üretiminde priz geciktirici ve bağlayıcı olarak ve yol stabilizasyonunda kullanılmıştır. Bu çalışmada, Bandırma Bağfas Gübre Fabrikası atığı fosfojipsin inşaat sektöründe değerlendirilebilme imkânı ile ilgili daha önce yapılan çalışmalardan örnekler sunulmuştur. Fosfojipsin diğer endüstriyel atıklar ile birlikte değerlendirilmesi ekonomik katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Fosfojips, Endüstriyel Atık, Yapı Malzemeleri.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Geliş/Received: 23.05.2023 **Kabul/Accepted:** 05.07.2023

¹ This article was presented orally at the International Symposium of Bandırma and Its Surroundings - UBS'18, between 17-19 September 2018.

Değirmenci, F. N. (2023). An Investigation of the Possibilities of Using Phosphogypsum as a Building Material. *KARESİ Journal of Architecture*, 2(1): 62-75.

1. INTRODUCTION

The continuous increase in the world's population shows that nutritional needs will be an important problem in the future as it is today. Meeting the nutritional needs of the growing population brings with it the necessity of providing high yields from unit area in agricultural areas. For this reason, the use of fertilizers becomes important in order to increase productivity in agriculture. Chemical fertilizers, especially phosphorus fertilizers, are of great importance in modern agriculture. Phosphoric acid (P_2O_5), obtained by treating phosphate rocks with sulfuric acid (H_2SO_4), is used in the production of various types of chemical fertilizers (DAP: diammonium phosphate, MAP: monoammonium phosphate). For each unit ton of phosphoric acid produced in the fertilizer industry, approximately 4-6 tons of phosphogypsum is generated as industrial waste. Phosphogypsum production in the world is around 200-250 thousand tons per year. In 2014, phosphogypsum production was 225 thousand tons and this product is estimated to be 258 thousand tons in 2018 (Tayibi et al., 2009; International Atomic Energy Agency [IAEA, 2013]). In our country, there are phosphoric acid factories in Samsun, Bandırma, Mersin and Iskenderun and about 3 million tons of phosphogypsum is produced as waste annually. A very small portion of this waste is used in soil improvement and road stabilization, while the rest is generally stored in open land or dumped into rivers and seas (Değirmenci, 2008a). The capacity of the Bağfaş Phosphoric Acid Plant is 440 tons/day and the annual capacity of the plant is 150,000 tons (<https://www.bagfas.com.tr/Asit.aspx>). Considering that approximately 4-6 tons of phosphogypsum is obtained as waste for each unit ton of phosphoric acid, it is seen that the annual phosphogypsum production will be around 600-900 tons if the plant operates at full capacity. In Bandırma Bağfaş Fertilizer Factory, phosphogypsum, which is generated as waste in large quantities such as 3500 tons per day, causes significant storage problems as well as environmental pollution.

Phosphogypsum contains some trace elements that pose a potential hazard to human health and the environment, including radioactive contaminants such as arsenic, chromium, copper, zinc, cadmium, radium and uranium. Due to the potential radionuclide threat to human health, phosphogypsum is only allowed for limited agricultural and research use. Otherwise, the current permitted disposal method for phosphogypsum is bulk storage on agricultural land. The high volumes of phosphogypsum waste have prompted the fertilizer industry to minimize the disposal problems of this waste and to investigate its beneficial uses in different fields. In this study, the possibilities of recycling phosphogypsum into the economy as a building material were investigated and examples of previous studies on the use of phosphogypsum from Bandırma Bağfaş Fertilizer Factory waste as a building material were given.

2. DEFINITION AND PROPERTIES OF PHOSPHOGYPSUM

Phosphoric acid can be produced by several different methods, such as the treatment of phosphate rocks with thermal, hydrochloric acid, nitric acid or sulfuric acid. Treatment of phosphate rocks with sulfuric acid is the most widely used method, known as the wet method. Although this method is economical as a wet method, it causes the production of 4-6 tons of by-products for each ton of phosphoric acid production. In wet production, phosphoric acid and the by-product of the reaction are separated by filtration. The by-product $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ is called phosphogypsum. Bağfaş fertilizer factory also produces phosphoric acid by wet method.

2.1 Physical and Chemical Properties of Phosphogypsum

Phosphogypsum is mainly in the composition of $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and contains impurities such as P_2O_5 and F- and organics. The chemical analysis results showed that about 93% of phosphogypsum is gypsum and the remaining 7% is phosphate, fluorite and organic matter, which are called impurities. The chemical properties of phosphogypsum from Bandırma Bağfaş Fertilizer Plant waste are given in Table 1. The chemical composition of phosphogypsum depends on the production method and storage conditions. Phosphogypsum is a gray, moist, fine-grained powder with a maximum size between 0.5 and 1.0 mm and 50-75% of particles finer than 0.075 mm. The specific gravity of phosphogypsum is between 2.3 and 2.6 and the moisture content is usually between 8-30%. Bağfas Fertilizer Plant waste phosphogypsum has a specific gravity of 2.96, Blaine value (m^2/kg) of 467, moisture content of 13%, maximum dry unit weight of $14.70 \text{ kN}/\text{m}^3$ and grain distribution between 0.5-1.0 mm.

Table 1. Chemical composition of phosphogypsum and natural gypsum.

Constituent (%)	Phosphogypsum	Natural gypsum
SiO_2	3.44	0.61
Al_2O_3	0.88	0.10
Fe_2O_3	0.32	0.10
CaO	32.04	37.00
MgO	-	-
SO_3	44.67	46.18
Na_2O_3	0.13	0.30
K_2O	-	-
P_2O_5	0.50	-
F	0.79	-
KK	21.06	-

2.2 Impurities and radioactivity in phosphogypsum

Although the chemical composition of phosphogypsum is the same as natural gypsum, its impurities limit its use instead of natural gypsum. It was reported that calcining at 140°C - 150°C was effective to

remove impurities settled in the crystal lattice (Yılmaz, 1987). The calcination conditions of phosphogypsum were investigated at different temperatures and durations. The influence of calcination conditions on the strength of mortar specimens produced with fly ash and lime using phosphogypsum calcined at these times and temperatures was investigated. In the first stage of the study, a certain amount (1000 grams) of phosphogypsum was subjected to calcination at a constant temperature of 150oC and for different durations; 1, 2, 3, 4 hours. In the second stage, a certain amount (1000 grams) of phosphogypsum was subjected to calcination at a constant calcination time (2 hours) and different temperatures; 100oC, 125oC, 150oC, 175oC, 200oC. In the third stage of the study, 500, 1000, 1500 and 2000 grams of phosphogypsum were calcined in different amounts at constant calcination time (2 hours) and constant temperature (150oC). In the fourth stage of the study, 500 grams of phosphogypsum was calcined at 150oC for 2 hours. In the last stage of the study, phosphogypsum was not subjected to any calcination process, it was used as waste as it came to the laboratory and 28-day compressive strengths of mortars obtained using 60% phosphogypsum, 30% fly ash and 10% slaked lime were determined. It was observed that the compressive strengths increased as the calcination time and temperature increased and it was concluded that phosphogypsum can be utilized in the construction sector together with other industrial wastes (Değirmenci, 2001).

Another factor limiting the utilization of phosphogypsum is the radionuclides it contains. The most active radionuclide observed in phosphogypsum is 226Ra. The U.S. Environmental Protection Agency (EPA) has set the activity limit for the use of phosphogypsum at 370 Bq.kg-1 (10 pCi g-1) (EPA, 1992). The European Atomic Commission (EURATOM, 1996) gives this limit as 500 Bq.kg-1 (13.5 pCi g-1). The average values of 226Ra activity concentrations were found as 250.8 Bq.kg-1 for Mersin Fertilizer Plant and 826.6 Bq.kg-1 for Bandırma Fertilizer Plant (Gezer, 2011:89). The average 226Ra concentration of phosphogypsum specimens analyzed at Çekmece Nuclear Research and Training Center (ÇNAEM) was 503 Bq.kg-1. The fact that phosphogypsum specimens contain 226Ra activity above the EPA limit value raises an environmental risk concern. The U.S. EPA (2005) refers to phosphogypsum as TENORM (Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material) because it contains radium, uranium and their decay products. In Table 2, the activity concentrations of the radionuclides detected in the waste phosphogypsum of the Bağfaş Fertilizer Factory are given (Dartan, 2013: 144). These differences are due to both the natural structure of the location of the phosphate rock and the depth at which the specimen was taken and the spread of 226Ra in the phosphate rock.

Table 2. Activity Concentrations of Radionuclides Detected in Phosphogypsum (Bq/kg)
(Dartan, 2013:144).

Specimen	U-238 series			Th-232 series		K-40 (1460 KeV)	Cs-137 (661 KeV)
	Ra-226 (186 KeV)	Pb 214 (351 KeV)	Bi-214 (609 KeV)	Th-208 (583 KeV)	Ac-228 (911 KeV)		
1	514,5±30,0	502,5±11,2	491,0±11,2	-	-	<ÖMD±153	-
2	515,5±47	468,2±11,2	485,2±11,4	-	-	<ÖMD±151	-
3	491,1±28,5	485,0±11,2	474,3±11,2	-	-	<ÖMD±152	-
4	525,1±28,7	549,6±7,2	500±7,5	-	-	<ÖMD±100	-
5	470±31	473±37	467±25	4±2	8±2	-	-

3. USE OF PHOSPHOGYPSUM IN THE CONSTRUCTION

In the construction sector, phosphogypsum is used as a setting retarder and clinker raw material in cement production, as a secondary binder with cement and lime, in the production of block elements, mortar, brick and adobe, as filler in bituminous mixtures in road construction, and in soil and road stabilization.

3.1. Utilization of Phosphogypsum in Cement Production

In order to control the setting time of the cement, between 3% and 6% gypsum is added to the clinker. The excess amount of gypsum has a role in accelerating the setting time as well as the small amount of gypsum. For this reason, a certain amount of gypsum must be added in cement production and the amount of gypsum used as a setting retarder in the cement industry is increasing day by day. This has led the construction industry to search for a cost-effective alternative to gypsum. In previous studies, phosphogypsum was used as a setting retarder instead of natural gypsum in the cement industry. Phosphogypsum obtained from Bagfas was added to Portland cement at 1%, 3%, 5%, 7%, 10% and 12.5% and its effects on mechanical properties were investigated. The compressive strengths of Portland cements containing phosphogypsum and natural gypsum were compared. It was concluded that phosphogypsum can be used instead of natural gypsum in Portland cement production. The highest 28-day compressive strength was observed in the specimens containing 3% by weight phosphogypsum (Altun and Sert, 2004).

In another study, the usability of phosphogypsum with waste marble dust and silica fume in cement production was investigated. PC 42.5 cement was produced by grinding natural gypsum and clinker together and control cement was produced by grinding clinker and phosphogypsum together. All of the blended cements were obtained by grinding 5% by weight phosphogypsum with different proportions of clinker, marble dust and silica fume. It was reported that phosphogypsum increased the setting times of the cement compared to natural gypsum. The effect of phosphogypsum on the volume

expansion and density of the cement was the same as that of natural gypsum, the unit weight decreased compared to natural gypsum, and the effect on flexural and compressive strengths was the same as that of natural gypsum. It was stated that phosphogypsum can be used instead of natural gypsum in Portland cement production (Sağlam, 2012).

The effects of the original phosphogypsum of Tugsaş Samsun Fertilizer Plant and refined phosphogypsum purified by various methods on the hydration of different cements were investigated and the conditions for their use as additives in cement production were investigated. It was concluded that the impurities in the original phosphogypsum could not be sufficiently removed by water and lime milk washing, and adversely affected cement hydration. It was also stated refined phosphogypsum prepared by calcining at 150oC for 15 minutes and neutralizing with lime milk had equivalent effects with natural gypsum in cement hydration and phosphogypsum could be used instead of natural gypsum for controlling the setting time in cement production (Ölmez et al., 1987)

In the other study, the optimum anhydrite conversion temperature and time of phosphogypsum from Tügsaş Samsun Fertilizer Plant residue was found to be 1 hour at 650°C and the anhydrite obtained in this way was mixed with appropriate chemical additives and blast furnace slag to produce supersulfated cement. The properties of the prepared supersulphated cement mixtures such as resistance to sulfate water and strength development were investigated and optimum mixing ratios were determined. As a result, it was found that phosphogypsum can be economically utilized in the production of supersulfate cement with high resistance to sulfate water (Erdem, 1989).

The effects of phosphogypsum impurities and purified phosphogypsum on the hydration of Portland cement and trass cement were investigated by electron microscopy observation of hydration products, chemical analysis, setting times and strength determination. It has been stated that phosphogypsum can be used in the hydration of Portland cement, provided that it is washed with lime milk, and that it can be used in the control of the hydration of trass cements without the need for any refining process (Ölmez and Erdem, 1989).

3.2. The Use of Phosphogypsum in Block Building Element, Mortar and Brick Production

The potential usability of phosphogypsum, fly ash and lime in the construction industry was investigated. Different proportions of raw and calcined phosphogypsum were used in the production of binder material with fly ash and lime. Lime content was kept constant at 10%, phosphogypsum content was varied as 0, 10, 20, 30, 40, 50 % and fly ash content was varied as 40, 50, 60, 80, 90 %. Phosphogypsum was calcined at 150oC for 2 hours and then cooled to room temperature and used. It was observed that the properties of the binders were effective on the compressive strengths, the

compressive strength decreased when the ratio of raw phosphogypsum was increased; the lowest compressive strength was achieved in the 50% raw phosphogypsum addition, whereas the compressive strength value increased when the addition of calcined phosphogypsum was increased. Curing conditions were also effective in the increase of compressive strength. Water cured specimens showed lower strengths than air cured specimens (Figure 1, Değirmenci, 2008b).

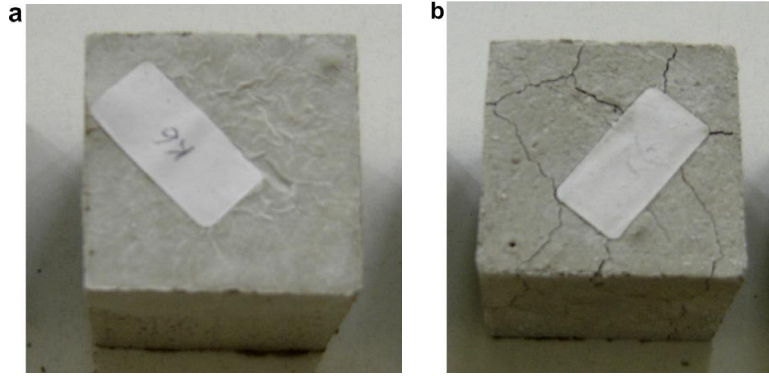


Figure 1. Phosphogypsum additive specimens cured in air (a) and water (b) (Değirmenci, 2008b:1861).

Phosphogypsum, a fertilizer factory waste, and perlite, a natural mineral, were added to the plaster as additives. Optimization was made using 24 full factorial design, and which factors were effective by using ANOVA analysis. It was examined whether these factors had a significant effect on the water permeability of the plaster with additives and optimum values were determined. In the experiment conducted to determine the water absorption in the specimens, the phosphogypsum and perlite additives on the water absorption yielded statistically significant results (Oktay et al., 2017).

In a study investigating the possibilities of using phosphogypsum with other industrial wastes, phosphogypsum-fly ash-lime based binder was produced by using phosphogypsum supplied from Bağfaş and fly ash together, and the water absorption, dry unit weight, compressive and tensile strengths of the specimens produced from this binder were determined. It was stated that phosphogypsum decreased the compressive and tensile strength fly ash increased the compressive and tensile strength. The curing conditions were also effective on the strengths, and the phosphogypsum-fly ash-lime based binder gained strength after 28 days. Due to the strength requirement, it was stated that the phosphogypsum ratio should be kept constant at 20%. According to the test results, the water absorption and thermal conductivity of the specimens increased with the phosphogypsum ratio, at the same time, the increase in phosphogypsum ratio caused a decrease in unit weight. It was reported that the developed binder can be used in the production of block building elements, mortar and low strength materials (Değirmenci and Okucu, 2007).

In another study, the sulfate resistance of cement mortars prepared with phosphogypsum from Bandırma Bağfaş Fertilizer Plant waste was investigated. In the study, phosphogypsum was used as an additive in cement mortars at the rates of 0%, 5% and 10% of the cement weight, instead of cement. The weight loss, compressive strength and length changes of cement mortar specimens with and without phosphogypsum additives kept in 5% and 10% sodium sulfate solution were investigated. Although there was a decrease in the weight of the specimens in the first weeks, the weight of the specimens increased in the following weeks. In terms of compressive strength, it was observed that the mixtures with phosphogypsum additives gave better results in sulfate solution than the control mixtures without phosphogypsum additives (Değirmenci and Okucu, 2002).

Phosphogypsum from Bağfas Fertilizer Plant waste was also used in brick production with fly ash and the firing temperature was kept constant at 1000oC. It was stated that phosphogypsum was more effective than fly ash on the properties of brick specimens and phosphogypsum additive decreased water absorption values while increasing the unit weight and strength (Türkel and Aksın, 2012).

3.3. Use of Phosphogypsum in Adobe Production

The weakness of adobe is its low compressive strength and water resistance. Phosphogypsum (PG) and natural gypsum (NG) were used to improve the properties of adobe soil.. Addition of more than 10% phosphogypsum and natural gypsum increased the compressive strengths (Figure 2). The highest compressive strengths were obtained with 25% phosphogypsum and natural gypsum addition. Phosphogypsum addition also reduced the drying shrinkage values. The adobe specimens prepared with phosphogypsum showed sludge in more than 45 minutes as specified in the standard (TS 2514, 1971). The specimens produced without phosphogypsum were completely destroyed in water in less than 45 minutes (Figures 3 and 4). It was stated that the mixtures used in the production of adobe can also be used as plaster for mudbrick walls. It was concluded that the use of phosphogypsum in adobe production would not only be effective in solving the waste problem, but would also be useful in improving the weak properties of adobe (Değirmenci 2008b).

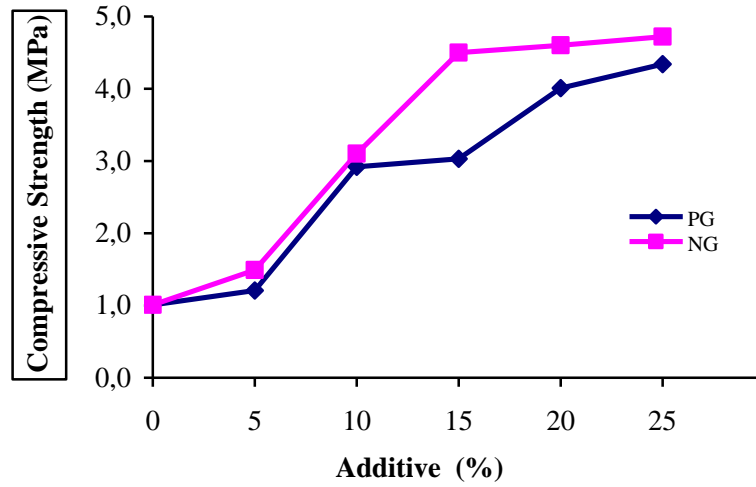


Figure 2. Compressive strengths of adobe specimens produced with phosphogypsum (PG) and natural gypsum (NG) additives (Değirmenci 2008b:1222).

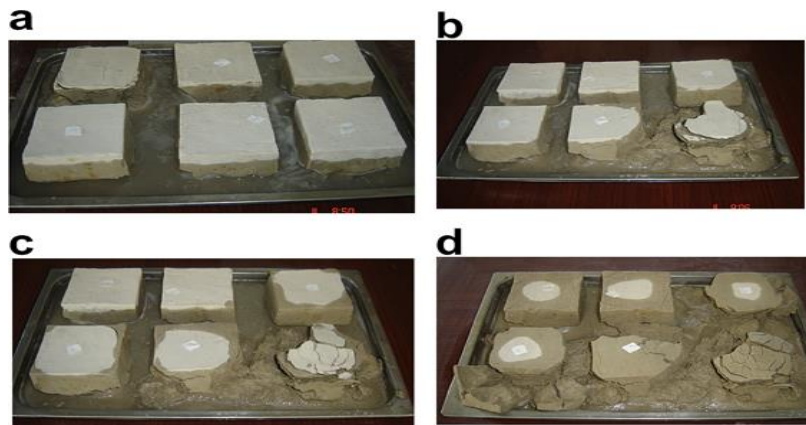


Figure 3. Visual appearance of adobe specimens produced with phosphogypsum additives after 30 min. (a), after 45 min. (b), after 60 min. (c), and after 145 minutes (d) in the sludging test (Değirmenci 2008b:1223).

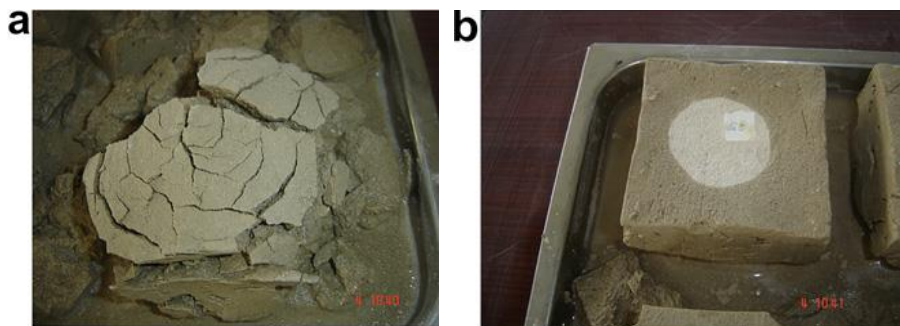


Figure 4. Visual appearance of adobe specimens without phosphogypsum additive (a) and with phosphogypsum additive (b) after 145 minutes in sludging test (Değirmenci 2008b:1223).

In another study, Bağfaş Fertilizer Factory waste phosphogypsum was used in the production of adobe with thermal power plant waste fly ash and lime. Slaked powdered lime at the rate of 10% and fly ash at the rate of 20% of the total dry mix weight were used and the phosphogypsum/soil ratios were chosen between 0.25 and 2.50. Compressive strength, dry unit weight and capillary water absorption values of the prepared specimens were determined. In addition, the compressive strength test was applied on the specimens kept in water for 24 hours and it was observed that the compressive strength values in both cases met the values predicted in the standard (Değirmenci, 2005).

3.4. Use of Phosphogypsum in Road Construction

The physical and mechanical effects of industrial wastes such as phosphogypsum, marble dust, fly ash, and glass dust on asphalt concrete wear layer were investigated. Marshall's method was applied to the specimens prepared using varying bitumen content and the optimum bitumen content was determined as 4.9%. In order to determine the effect of water on the cohesion of compacted bituminous mixtures prepared with fixed bitumen amount and 0% stone dust-7% industrial waste filler, Marshall test was performed and the variation of stability and yield values were investigated. The test results show that phosphogypsum can be used as an industrial waste filler in bituminous hot mixtures at a rate of 7% instead of stone dust filler (Üstümkol and Turabi, 2010).

3.5. Use of Phosphogypsum in Geotechnical Applications

It is necessary to take precautions in advance for the problems that may arise in the engineering structures (highway, airport and railway pavements, water structures, retaining walls, etc.) to be built in the layers with cohesive soils. Many stabilization works are carried out to control the behavior of such soils with liquefaction potential, excessive settlement problem, insufficient bearing capacity and swelling potential. Chemical additives such as cement, lime, bitumen and fly ash are used as one of the most economical methods for stabilization of such soils. In recent years, the use of waste materials as chemical additives has gained importance due to environmental impacts. Considering that the use of waste materials in soil stabilization will contribute both to the economy and to the solution of environmental pollution problem. Phosphogypsum was used as an additive material with cement and fly ash in the stabilization of two different cohesive soils with high clay and silt content (soil class CH and MH). It was reported that the use of phosphogypsum with cement and fly ash decreased the plasticity index of the soils, increased the dry unit weight, decreased the optimum water content and increased the free compressive strength (Figure 5) (Değirmenci et al., 2007).

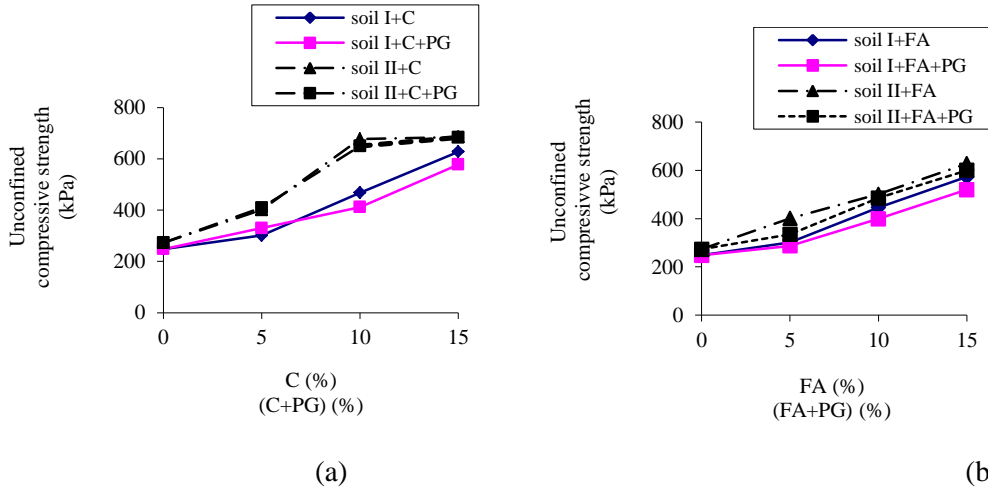


Figure 5. Compressive strengths of soils stabilized with cement (C) and cement+phosphogypsum (C+PG) (a), fly ash (FA) and fly ash+phosphogypsum (FA+PG) (b) (Değirmenci et al., 2007:3397).

In another study, phosphogypsum was used with boron wastes at 0%, 5%, 10% and 15% for stabilization of cohesive soils. 10% and 15% phosphogypsum additives decreased the plasticity indices, increased the maximum dry unit volume weights and water requirements, caused lower deformations at the same stresses and increased the free compressive strengths (Tülek et al., 2014).

4. CONCLUSION AND DISCUSSIONS

The need for food is increasing in direct proportion to the increasing population in the world. In order to meet the increasing food demand, the use of fertilizers in agriculture is inevitable. As a result of increasing fertilizer production every year, the amount of waste material obtained is also increasing and the storage or disposal of these wastes has become a major problem. These wastes are usually stored on agricultural lands or dumped into the sea and rivers. The open storage of such wastes damages agricultural crops, is spread by rain and wind, and has harmful environmental impacts such as dusting, leaching into the soil and thus carrying toxic substances. Due to these environmental problems, the quality of water and air deteriorates and negative consequences arise in terms of the economic status of the region.

The phosphogypsum waste product, which is the subjected of this study, resulting from the production of phosphorus fertilizer from the Bandırma Bağfaş Fertilizer Factory, is stored in the open and this situation causes environmental pollution. In our country, there are phosphoric acid factories in Samsun, Bandırma, Mersin and Iskenderun and phosphogypsum is produced as waste around 3 million tons per year. It is very important to reuse waste materials, prevent losses in agricultural areas and contribute to the economy by eliminating wastes that may harm human health. One of the areas where phosphogypsum from Bagfas Fertilizer Plant waste can be utilized in large quantities is the

construction sector. In the construction sector, phosphogypsum has been used as an additive material in cement production to adjust the setting time, in brick and block element production, in road and soil stabilization, and in adobe production. The phosphate industry is investigating the beneficial use of phosphogypsum in different fields to reduce the amount of phosphogypsum piles, which are released as a large amount of waste during the production of phosphoric acid, and at the same time to prevent environmental damage.

Considering that the ^{226}Ra concentration of fertilizer factory wastes can sometimes exceed international limits, it should be preferred to use phosphogypsum in combination with other conventional or industrial wastes instead of using it alone in the production of building materials. Considering the radionuclide concentrations in the content of phosphogypsum used as an additive in the preparation of building materials, the amount of phosphogypsum substance to be used should be reduced as a percentage, so that radionuclide concentrations can be reduced below the permissible limits and phosphogypsum can be used in the production of building materials. It should not be ignored that people may be directly exposed to radioactive substances as phosphogypsum is present in building materials at very high rates as raw material.

One third of our fertilizer consumption belongs to phosphorus fertilizers and therefore the importance of phosphate as a raw material in production is obvious. Due to the low grade of phosphate reserves in our country and high production costs, phosphate rock used as raw material in fertilizer production is mainly imported from countries such as Tunisia, Morocco, Jordan and Israel. The natural structure and properties of phosphogypsum depend on the composition and quality of phosphate rock. Phosphogypsum contains various pollutants in varying concentrations depending on the region where the phosphate rock is mined. It is thought that by importing phosphate rock with the lowest concentration of radioactive substances, environmental pollution that may occur can be prevented.

References

- Altun, A.I., and Sert, Y. (2004). Utilization of weathered phosphogypsum as set retarder in Portland cement. *Cement and Concrete Research* 34 (4), 677–680.
- Dartan, G. (2013). Fosfojips atığının çevresel etkilerinin değerlendirilmesi. Doktora Tezi. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 220 sayfa, İstanbul.
- Değirmenci, N. (2001). Fosfojips kalsinasyonunun fosfojips-uçucu kül karışımlarının basınç dayanımlarına etkisi. *Türkiye İnşaat Mühendisliği 16. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı*, sayfa: 600-612.
- Değirmenci, N. and Okucu, A. (2002). Fosfojips katkısının çimento harcının sülfat direnci üzerindeki etkileri. *I. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi*. TMMOB, Mimarlar Odası, İstanbul Büyükkent Şubesi, s: 260-271, İstanbul.
- Değirmenci, N. (2005). The use of industrial wastes in adobe stabilization. *Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Dergisi* 18(3): 505-515.

- Değirmenci, N. and Okucu, A. (2007). Usability of fly ash and phosphogypsum in manufacturing of building products. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(2), 273-278.
- Değirmenci, N., Okucu, A. and Turabi, A. (2007). Application of phosphogypsum in soil stabilization. Building and Environment, 42(9)3393-3398.
- Değirmenci, N. (2008a). Utilization of phosphogypsum as raw and calcined material in manufacturing of building products. Construction and Building Materials. 22, 1857–1862.
- Değirmenci, N. (2008b). The using of waste phosphogypsum and natural gypsum in adobe stabilization. Construction and Building Materials, 22, 1220-1224.
- EPA (1992). Potential uses of phosphogypsum and associated risks; background information document; U.S. Environmental Protection Agency, 520/1-91-029.
- Erdem, E. and Ölmez, H. (1993). The mechanical properties of supersuphated cement containing phosphogypsum. Cement and concrete Research, 23, 115-121.
- Erdem, E. (1997) Fosfojipsten süpersülfatlı çimento üretimi ve özelliklerinin araştırılması. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- EURATOM (1996). Council directive, European Atomic Commission. 96/26 EC.
- Gezer, F. (2011). Fosfojipsin doğal radyoaktifliğinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü YL tezi, 89 sayfa, Adana.
- IAEA (2013). Radiation protection and management of NORM residues in the phosphate industry. International Atomic Energy Agency, safety reports series. No.78.
- Oktay, M.O, Odabaş, E. and Kurnaz, M. (2017). Fosfojips ve perlit katkılı sıvaların su emme miktarlarının 24 deneysel tasarım yöntemiyle belirlenmesi. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies. 1(1), 18 – 20.
- Ölmez, H., Erdem E., Yılmaz, V.T. and Arık Z.(1987). Fosfojips ve çimento hidrasyonuna etkisi. IV. Kimya ve Kimya Mühendisliği Sempozyumu, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Sağlam, G.(2012). Çimento üretiminde atık mermer tozu ve atık alçının kullanılabilirliği. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tayibi, H., Choura, M., López, F., Alguacil, F. and López-Delgado, A. (2009). Environmental impact and management of phosphogypsum. Journal of Environmental Management, 90, 2377–2386.
- TS 2514.(1971). Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları.Türk Standartları Enstitüsü,Ankara.
- Tülek, M., Okucu, A. and Değirmenci, N. (2014). Kimyasal atık alçıların zemin stabilizasyonunda kullanılabilirliğinin araştırılması. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 26 (2)101-108.
- Türkel, S. and Aksın, E. (2012). A comparative study on the use of fly ash and phosphogypsum in the brick production. Sadhana, Indian Academy of Sciences ,37 (5)595–607.
- U.S. EPA (2005). Applying for other uses of phosphogypsum: submitting a complete petition U.S. Environmental Protection Agency. 40 CFR 61. 206.

Üstünkol, F. N. and Turabi, A. (2010). Endüstriyel atık filler malzemelerin kullanılabilirliğinin araştırılması. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2(1) 3-18.

Web sayfası <https://www.bagfas.com.tr/Asit.aspx>

Yılmaz, V.T. (1987). Fosforik asit üretim artışı fosfojipsin tanımı ve değerlendirme imkanlarının araştırılması, (Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

