

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TÜNEL KALIP SİSTEMİYLE ÜRETİLEN TOPLU
KONUTLARDA İÇ MEKÂN KONFOR KOŞULLARININ
KULLANICI VE PROJE EKİBİ GÖRÜŞLERİYLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

BÜŞRA MORKOÇ ÇOLAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

DANIŞMAN: DOÇ. DR. SANİYE KARAMAN ÖZTAŞ

ŞUBAT 2026

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TÜNEL KALIP SİSTEMİYLE ÜRETİLEN TOPLU
KONUTLARDA İÇ MEKÂN KONFOR KOŞULLARININ
KULLANICI VE PROJE EKİBİ GÖRÜŞLERİYLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

BÜŞRA MORKOÇ ÇOLAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

DANIŞMAN: DOÇ. DR. SANİYE KARAMAN ÖZTAŞ

ŞUBAT 2026

**T.C.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL**

**EVALUATION OF INDOOR COMFORT CONDITIONS
IN MASS HOUSING PRODUCED WITH THE TUNNEL
FORMWORK SYSTEM BASED ON USER AND
PROJECT TEAM OPINIONS**

BÜŞRA MORKOÇ ÇOLAK

**A THESIS OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE**

ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. SANİYE KARAMAN ÖZTAŞ

FEBRUARY 2026

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 20.01.2026 tarih ve 2026/05 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 10.02.2026 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Büşra Morkoç Çolak'ın tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Saniye Karaman Öztaş

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Elif Özer Yüksel

ÜYE

: Doç. Dr. Suzi Dilara Mangan

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR



Aileme
ve
biricik esime

ÖZET

Tünel kalıp sistemi; hızlı üretim süreci, düşük maliyet ve yüksek deprem dayanımı gibi yapısal avantajlar sunmasına karşın, ısı, nem, iç hava kalitesi ve işitsel konfor açısından önemli sınırlılıklar barındırmaktadır. Bu durum, özellikle tünel kalıp sistemiyle üretilen toplu konutlarda kullanıcı konforunun bütüncül olarak sağlanmasını zorlaştırmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, tünel kalıp sisteminin yapısal üstünlüklerinin yanı sıra, bu sistemle inşa edilmiş toplu konutlarda yaşayan kullanıcılar ile projelerde görev alan mimar ve inşaat mühendislerinin deneyimlerine dayalı olarak konfor performansını bütüncül biçimde değerlendirmektir. Bu kapsamda, deprem dayanımı ile birlikte ısı konforu, nem konforu, iç hava kalitesi ve işitsel konfor koşulları bir arada ele alınarak, sistemin yalnızca taşıyıcı sistem performansı açısından değil, kullanıcı konforunu oluşturan çevresel koşullar bakımından da değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Çalışmada, tünel kalıp sistemli toplu konutlarda konfor koşullarını etkileyen temel sorunların belirlenmesi amacıyla literatür taraması, örnek proje incelemeleri, saha gözlemleri ve anket uygulamaları birlikte kullanılmıştır. İstanbul'un Başakşehir ilçesinde tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş 10 toplu konut projesi çalışma alanı olarak seçilmiş; bu projelerde yaşayan kullanıcılar ile mimar ve inşaat mühendislerinden elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Elde edilen bulgular, ısı kayıpları, nem dengesizliği, iç hava kalitesindeki yetersizlikler ve ses yalıtımı problemlerinin kullanıcı konforunu doğrudan olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur. Bu sorunların, tünel kalıp sisteminin monolitik betonarme yapısı, detay çözümlerindeki süreksizlikler ve yalıtım uygulamalarındaki yetersizliklerle ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca malzeme seçimi, uygulama tekniği, işçilik kalitesi ve iklimsel koşulların bu sorunların oluşumunda etkili olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, tünel kalıp sisteminin yapısal avantajlarını koruyarak ısı, nem ve işitsel konfor ile iç hava kalitesini birlikte ele alan konfor odaklı tasarım yaklaşımlarının benimsenmesi, malzeme kalitesinin ve uygulama detaylarının geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma, kullanıcı deneyimleri ve uzman değerlendirmelerini bir araya getirerek tünel kalıp sistemli toplu konutlarda konfor koşullarının iyileştirilmesine yönelik bütüncül bir değerlendirme sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tünel Kalıp Sistemi, Toplu Konut, Isı ve Nem Konforu, İç Hava Kalitesi, İşitsel Konfor, Kullanıcı Memnuniyeti ve Uzman Değerlendirmesi

ABSTRACT

The tunnel formwork system, although it offers structural advantages such as rapid construction, low cost, and high seismic resistance, has significant limitations in terms of thermal comfort, moisture comfort, indoor air quality, and acoustic comfort. This situation makes it difficult to ensure holistic user comfort, particularly in mass housing produced with this system.

The main objective of this study is to comprehensively evaluate the comfort performance of the tunnel formwork system based on the experiences of users living in mass housing and the architects and civil engineers involved in these projects. In this context, the study aims to assess the system not only in terms of structural performance but also in terms of environmental conditions affecting user comfort by jointly considering thermal, moisture, indoor air quality, and acoustic comfort alongside seismic resistance.

To identify the main factors affecting comfort conditions in tunnel formwork mass housing, literature review, sample project analyses, field observations, and questionnaire surveys were conducted. Ten mass housing projects constructed with tunnel formwork systems in the Başakşehir district of Istanbul were selected as the study area, and data obtained from residents, architects, and civil engineers were analyzed comparatively.

The findings indicate that heat losses, moisture imbalance, deficiencies in indoor air quality, and sound insulation problems negatively affect user comfort. These problems were found to be associated with the monolithic reinforced concrete structure of the tunnel formwork system, discontinuities in construction details, and inadequacies in insulation practices. Material selection, construction techniques, workmanship quality, and climatic conditions were also identified as influential factors.

As a result, while preserving the structural advantages of the tunnel formwork system, it is necessary to adopt a comfort-oriented design approach that jointly addresses thermal, moisture, and acoustic comfort together with indoor air quality, and to improve material quality and application details. This study presents a comprehensive evaluation aimed at improving comfort conditions in tunnel formwork mass housing by integrating user experiences and expert assessments.

Keywords: Tunnel Formwork System, Mass Housing, Thermal and Moisture Comfort, Indoor Air Quality, Acoustic Comfort, User Satisfaction, Expert Assessment

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi, tecrübe ve akademik birikimiyle yolumu aydınlatan; güler yüzlü, sabırlı ve yönlendirici yaklaşımıyla her aşamada destek olan, aynı zamanda bilimsel katkılarıyla çalışmamın şekillenmesine büyük ölçüde rehberlik eden danışmanım Sayın Doç. Dr. Saniye KARAMAN ÖZTAŞ'a en derin teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte manevi desteği, sevgisi, anlayışı ve yardımıyla daima yanımda olan sevgili eşim Kaptan Pilot Mert ÇOLAK'a; bana güç veren kıymetli babam İtfaiyeci Ekrem MORKOÇ'a ve annem Kader MORKOÇ'a; hayat yolculuğunda her daim yanımda olan kardeşlerim Ender ve Eylül MORKOÇ'a şükranlarımı sunarım. Ayrıca varlıklarıyla desteğini hissettiren ÇOLAK ailesine de içten teşekkür ederim.

Tez çalışmam kapsamında yürütülen anketlere katılım sağlayarak araştırmamın şekillenmesine katkıda bulunan tüm katılımcılara; değerli fikirleriyle çalışmamın gelişmesine katkı sağlayan meslektaşlarıma teşekkür ederim.

Onların katkıları, bu çalışmanın yalnızca akademik değil, aynı zamanda toplumsal açıdan da anlam kazanmasına önemli ölçüde destek olmuştur.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem Tanımı	5
1.2. Amaç	6
1.3. Kapsam	6
1.4. Yöntem	7
2. TÜNEL KALIP SİSTEMİ	11
2.1. Tünel Kalıp Sisteminin Uygulama Alanları ve Yapı Tipolojileri	12
2.2. Avantajlar ve Dezavantajlar	13
2.2.1. Deprem Dayanımı ve Yapısal Güvenlik	13
2.2.2. Isı Yalıtımı Uygulama Problemleri	14
2.2.3. Ses Yalıtımı Uygulama Problemleri	15
3. TÜNEL KALIP SİSTEMİYLE ÜRETİLEN YAPILARDA KONFOR KOŞULLARI	16
3.1. Isıl Konforu	17
3.1.1. İç Mekân Sıcaklık Dağılımı	17
3.1.2. Isı kayıpları ve Kazançları	19
3.1.3. Isıl Denge ve Enerji Tüketimi	20
3.1.4. Kullanıcı Memnuniyeti Açısından Isı Konforu	21
3.2. Nem Konforu	23
3.2.1. Nem Dengesi ve iç hava kalitesi	24
3.2.2. Yoğuşma Problemleri	25
3.2.3. Küf ve Rutubet Oluşumu	25
3.2.4. Sağlık Üzerindeki Etkiler	26
3.3. İç Hava Kalitesi ve Hava Akışı	27
3.3.1. Doğal Havalandırma	27
3.3.2. Mekanik Havalandırma	28
3.3.3. Hava Sızıntıları ve Enerji Performansı	29
3.3.4. Karbon Dioksit (CO ₂) ve Diğer Kirleticiler	29
3.4. İşitsel Konfor	30
3.4.1. Dış Gürültü Kaynakları	30
3.4.2. İç Gürültü Kaynakları	31
3.4.3. Ses Yalıtım Malzemeleri ve Performans	32
3.4.4. Kullanıcı Algısı ve Gürültüye Bağlı Rahatsızlık	32
3.5. Yalıtım ve Konfor Koşullarını Etkileyen Faktörler	33

3.5.1. Malzeme Seçimi	34
3.5.1.1. Isı Yalıtım Malzemeleri	34
3.5.1.2. Ses Yalıtım Malzemeleri	34
3.5.1.3. Nem Kontrol Malzemeleri	35
3.5.2. Uygulama Tekniği	35
3.5.2.1. Tünel Kalıp Detaylarının Uygulamadaki Sorunları	36
3.5.2.2.İşçilik ve Uygulama Kalitesi	36
3.5.3. İklim ve Çevresel Faktörler	37
4. TÜNEL KALIP SİSTEMLİ KONUTLARDA KONFOR KOŞULLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	40
4.1. Çalışma Alanının Belirlenmesi	41
4.2. Veri Toplama Teknikleri	46
4.2.1. Doküman/Proje İncelemesi	46
4.2.2. Saha Gözlemi	52
4.3. Kullanıcıların Deneyimlerine Yönelik Anketin Hazırlanması ve Katılımcıların Belirlenmesi	55
4.4.Proje Ekibine Yönelik Anketin Hazırlanması ve Katılımcıların Belirlenmesi	57
4.5. Bulgular ve Tartışma	58
4.5.1. Kullanıcı Anketi Sonuçlarının Analizi	59
4.5.2. Proje Ekibine Yönelik Anket Sonuçlarının Analizi	82
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	110
KAYNAKLAR	113
ÖZGEÇMİŞ	122
TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR	123
EKLER	124

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%RH	: Bağlı nem oranı (Relative Humidity)
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CO ₂	: Karbondioksit
Emlak Konut GYO	: Emlak Konut Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı
EN ISO 13788	: Yüzey Yoğuşması ve Isıl Köprü Standardı
EPS	: Expanded Polystyrene (Genişletilmiş Polistiren)
ETICS	: External Thermal Insulation Composite System – Mantolama Sistemi
IEA	: International Energy Agency – Uluslararası Enerji Ajansı
ISO 7730	: Ergonomik Isıl Konfor Standardı
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences (İstatistiksel Analiz Programı)
TBEC-2018	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018)
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
TS 825	: Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı
TS EN ISO	: Türk Standardı – Avrupa Standardı – Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu
U-Değeri	: Isı geçirgenlik katsayısı (W/m ² K)
VOC	: Volatile Organic Compounds – Uçucu Organik Bileşikler
WHO	: World Health Organization – Dünya Sağlık Örgütü
XPS	: Extruded Polystyrene (Ekstrüde Polistiren)
λ	: Isı iletkenlik katsayısı
μ	: Buhar difüzyon direnç katsayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1: Tez çalışmasında izlenen yol.	10
Şekil 4.1: Başakşehir İlçesinde Tünel Kalıp Sistemiyle İnşa Edilmiş ve Araştırma Kapsamında Değerlendirilen Toplu Konut Projelerinin Konumları [Başakşehir belediyesi arşivi, 2025] .	41
Şekil 4.2: TOKİ 22.Bölge Kayaşehir toplu konut alanına ait kat planı [Ekap, 2021] .	42
Şekil 4.3: TOKİ 22. Bölge Kayaşehir toplu konut alanı genel görünüşü [Arkitera, 2023] .	43
Şekil 4.4: Bulvar İstanbul evleri toplu konut alanına ait kat planı [Başakşehir Belediyesi, 2013] .	43
Şekil 4.5: Bulvar İstanbul evleri toplu konut alanı genel görünüş [Emlak Konut, 2013] .	44
Şekil 4.6: Kayabaşı Toki projesi normal kat planı [Ekap, 2021] .	47
Şekil 4.7: Kayabaşı Toki projesi cephe sistem kesiti [Ekap, 2021] .	48
Şekil 4.8: Kayabaşı Toki projesi zeminde şap altı ısı ve ses yalıtımı uygulaması [Toki Arşiv, 2024] .	48
Şekil 4.9: Kayabaşı Toki projesi ıslak hacim detayı [Ekap, 2021] .	49
Şekil 4.10: Kayabaşı Toki projesi pencere detayı [Ekap, 2021] .	50
Şekil 4.11: Kayabaşı Toki projesi gezilemeyen teras çatı planı [Ekap, 2021] .	50
Şekil 4.12: Kayabaşı Toki projesi saçak detay çizimi [Ekap, 2021] .	51
Şekil 4.13: Kayabaşı Toki projesi yalıtım konstrüksiyonlu mermer uygulama [Ekap, 2021] .	52
Şekil 4.14: Kayabaşı Toki konutları dış cephe taş yünü mantolama uygulaması [Toki Arşiv, 2024] .	53
Şekil 4.15: Kayabaşı Toki konutları çatıda dere izolasyonu uygulaması [Toki Arşiv, 2024] .	54
Şekil 4.16: Kayabaşı Toki projesi zeminde şap altı ısı ve ses yalıtımı uygulaması [Toki Arşiv, 2024] .	54
Şekil 4.17: Kayabaşı Toki Projesi pencere etrafı yalıtım uygulaması [Toki Arşiv, 2024] .	55
Şekil 4.18: Konut kullanıcılarına yönelik cinsiyet dağılımı.	59
Şekil 4.19: Konut kullanıcılarına yönelik yaş dağılımı.	60
Şekil 4.20: Konut kullanıcılarına yönelik eğitim durumu.	60
Şekil 4.21: Konutların inşa yılı dağılımı.	62
Şekil 4.22: Kış döneminde konutun ısınma düzeyine ilişkin değerlendirme.	63
Şekil 4.23: Yaz döneminde iç mekân sıcaklık algısı.	63
Şekil 4.24: Kış aylarında ek ısıtma kullanımı.	64
Şekil 4.25: Yaz aylarında ek soğutma kullanımı.	64
Şekil 4.26: Ek ısıtma/soğutma sistemlerinin kullanım sıklığı.	65
Şekil 4.27: Mevsim geçişlerinde ısı konforu sorunu yaşanması.	65
Şekil 4.28: Duvar veya cam kenarlarında yoğuşma durumu.	66
Şekil 4.29: Rutubet veya küf problemi görülme durumu.	66

Şekil 4.30: Kışın konut içindeki nem düzeyinin rahatsızlık verme Durumu.	67
Şekil 4.31: Doğal havalandırmada güçlük yaşama durumu.	67
Şekil 4.32: Pencereler açılmadan iç mekân havasının tazelenme durumu.	68
Şekil 4.33: Konut içerisindeki hava sirkülasyonunun yeterliliği.	68
Şekil 4.34: Çevresel seslerden rahatsızlık düzeyi.	69
Şekil 4.35: Komşu veya tesisat kaynaklı seslerin duyulma sıklığı.	69
Şekil 4.36: Yaşam alanlarında ses yalıtımı malzemesi kullanma durumu.	70
Şekil 4.37: Konutun inşaat kalitesi ve kullanılan yapı malzemelerinin değerlendirilmesi.	70
Şekil 4.38: Tünel kalıp ile inşa edilen yapının kullanım kolaylığına ve mekânsal işlevselliğine ilişkin değerlendirme.	71
Şekil 4.39: Genel konfor düzeyi.	71
Şekil 4.40: Proje ekibinin mesleki deneyim süreleri.	82
Şekil 4.41: Proje ekibinin görev aldığı proje sayıları.	85
Şekil 4.42: Proje ekibinin deneyimlediği tünel kalıp sistemli bina türleri.	85
Şekil 4.43: Tünel kalıp konutların ısısal konfor düzeyi değerlendirmeleri.	86
Şekil 4.44: Kullanıcılardan ısısal konfor şikâyeti alınma durumu.	86
Şekil 4.45: Kışın ısı kaybı–yazın ısı kazancı performans değerlendirmeleri.	87
Şekil 4.46: Dış duvarların ısı yalıtımı açısından yeterliliği.	87
Şekil 4.47: “Isı köprülerini önlemek için özel bir yalıtım detayı ve teknik çözüm geliştirdiniz mi?” değerlendirmeleri.	88
Şekil 4.48: Isı yalıtım detaylarının mimari projeye entegrasyonu açısından tasarım esnekliği.	88
Şekil 4.49: Uygulamada karşılaşılan başlıca yalıtım sorunları.	89
Şekil 4.50: “Tünel kalıp sistemli konutlarda kullanıcı kaynaklı nem/oluşum şikâyetlerine rastladınız mı?” dağılımı.	89
Şekil 4.51: “Havalandırma ve hava sirkülasyonu açısından sistem performansını nasıl değerlendirirsiniz?” dağılımı.	90
Şekil 4.52: “Mekânsal yerleşim (plan şeması) açısından doğal havalandırma olanakları sistemle uyumlu mu?” dağılımı.	90
Şekil 4.53: “Tünel kalıp sisteminde kullanılan yapı elemanlarının ses yalıtım performansı” dağılımı.	91
Şekil 4.54: “Komşu daire ve katlar arasında ses geçişini azaltmak için hangi teknik çözümleri uyguluyorsunuz?” dağılımı.	91
Şekil 4.55: “Mekanik sistemlerin sesini engellemek için özel bir yalıtım önlemi alıyor musunuz?” dağılımı.	92
Şekil 4.56: “Dış çevre gürültüsüne karşı hangi çözümler uygulanıyor?” dağılımı.	92
Şekil 4.57: “Tünel kalıp sisteminde ses yalıtımı açısından karşılaştığınız başlıca sorunlar Nelerdir?” dağılımı.	93
Şekil 4.58: “Tünel kalıp sisteminin deprem güvenliği açısından genel değerlendirmesi nedir?” dağılımı.	93
Şekil 4.59: “6 Şubat 2023 depremleri sonrası sistemin performansına ilişkin gözlemlerinizi nelerdir?” dağılımı.	94
Şekil 4.60: “Deprem performansını artırmak için hangi yapısal önlemlerin gerektiğini düşünüyorsunuz?” dağılımı.	94
Şekil 4.61: “Bu depremler sonrasında tünel kalıp sistemini tercih etme eğiliminiz değişti mi?” dağılımı.	95

Şekil 4.62: “Sizce sistemde gözden geçirilmesi gereken temel tasarım kriterleri nelerdir?” dağılımı.	95
Şekil 4.63: “Tünel kalıp sisteminin mimari tasarım süreci üzerindeki etkisini nasıl değerlendirirsiniz?” dağılımı.	96
Şekil 4.64: “Sistemle ilgili kullanıcı geri bildirimleri sizce en çok hangi başlıklarda yoğunlaşıyor?” dağılımı.	96



TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1: Tünel kalıp sistemine yönelik ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar.	2
Tablo 4.1: Konut kullanıcılarına yönelik demografik bilgiler.	59
Tablo 4.2: Binaya ve kullanıcı konforuna yönelik bilgiler.	61
Tablo 4.3: Kış aylarında konutunuzun ısınma düzeyi ile Kış aylarında ısınma için ekipman ve yöntem kullanılması arasındaki ilişki.	73
Tablo 4.4: Yaz aylarında konutunuzun iç mekân sıcaklık düzeyi ile yaz aylarında serinlemek için ek ekipman veya yöntem kullanılması arasındaki ilişki.	74
Tablo 4.5: Kış aylarında ısınma için ekipman veya yöntem kullanılması (Ör: Isıtıcı, klima, kalın perde vb.) ile Ek ısıtma/soğutma sistemleri kullanıyorsanız, bu ekipmanları ne sıklıkla kullanıldığını arasındaki ilişki.	75
Tablo 4.6: Yaz aylarında serinlemek için ek ekipman veya yöntem kullanılması ile Ek ısıtma/soğutma sistemleri kullanıyorsanız, bu ekipmanları ne sıklıkla kullanıldığını arasındaki ilişki.	76
Tablo 4.7: Konutunuzda rutubet veya küf problemi yaşadığınız bir alan ile Konutunuzda duvar ya da cam kenarlarında yoğuşma (buğulanma) gözlemlenmesi arasındaki ilişki.	77
Tablo 4.8: Konutunuzu doğal yollarla havalandırmakta güçlük yaşanması ile Konut içerisinde hava sirkülasyonunu yeterli bulunması arasındaki ilişki.	77
Tablo 4.9: Pencereleeri açmadan iç mekan havasının yeterince tazelenmesi ile Konut içerisinde hava sirkülasyonunu yeterli buluyor musunuz?” arasındaki ilişki.	78
Tablo 4.10: Çevreden gelen seslerden (trafik, komşu sesi, bina içi sesler vb.) rahatsızlık düzeyiniz ile Yaşam alanınızda ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanması arasındaki ilişki.	79
Tablo 4.11: Apartman içinde komşulardan veya bina tesisatından gelen sesleri sıklıkla duyuyor musunuz? (Ör: adım, konuşmalar veya su sesi gibi) ile Yaşam alanınızda ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanması arasındaki ilişki.	80
Tablo 4.12: Konutunuzun inşaat kalitesi ve kullanılan yapı malzemelerini değerlendirilmesi ile Bu yapının deprem güvenliği açısından size verdiği his ile arasındaki ilişkinin dağılımı.	81
Tablo 4.13: Proje ekibine yönelik demografik bilgi.	83
Tablo 4.14: Proje ekibinin deneyim ve değerlendirmeleri.	83
Tablo 4.15: Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda ısısal konfor düzeyi ile Kullanıcılardan ısısal konforla ilgili şikayetler alınması arasındaki ilişki.	97
Tablo 4.16: Havalandırma ve hava sirkülasyonu açısından sistemin performansı ile Tünel kalıp sistemli konutlarda kullanıcı kaynaklı nem/yoğuşma/küf şikayetleri arasındaki ilişki.	98
Tablo 4.17: Komşu daireler ve katlar arasında ses geçişini azaltmak için uygulanan teknik çözümler ile Tünel kalıp sistemde kullanılan yapı elemanlarının ses yalıtım performansı arasındaki ilişki.	99
Tablo 4.18: Dış çevre gürültüsüne karşı uygulanan çözümler ile Mekanik	

sistemlerin (Su Tesisatı, havalandırma, asansör vs.) seslerini engellemek için özel bir yalıtım önlemi alınması arasındaki ilişki.	100
Tablo 4.19: Tünel kalıp sisteminde ses yalıtımı açısından karşılaşılan başlıca sorunlar ile Tünel kalıp Sistemde kullanılan yapı elemanlarının ses yalıtım performansı arasındaki ilişki.	101
Tablo 4.20: Sistemde gözden geçirilmesi gereken temel tasarım kriterleri ile Tünel kalıp sisteminin deprem güvenliği açısından genel değerlendirilmesi arasındaki ilişki.	102
Tablo 4.21: 6 Şubat 2023 depremleri sonrası sistemin performansı ile Deprem performansını artırmak için hangi yapısal önlemlerin alınması gerekliliği arasındaki ilişki.	103
Tablo 4.22: 6 Şubat 2023 depremleri sonrası sistemin performansına ilişkin gözlemler ile Bu depremler sonrasında tünel kalıp sistemini tercih etme eğilimi arasındaki ilişki.	104
Tablo 4.23: Kullanıcı ve proje ekibi görüşlerinin değerlendirilmesi.	105

1. GİRİŞ

Tünel kalıp sistemi, döşemelerin ve taşıyıcı perde duvarların tek bir kalıpla monolitik biçimde birlikte üretilmesine olanak sağlayan bir yapım tekniğidir. Bu sistem; maliyet ve işçilik açısından verimlilik sunmakta, sistemin inşaat süresini kısaltması gibi pek çok avantajı bulunmaktadır **[Balkaya ve Kalkan, 2004; Dede vd., 2023]**. Bunun yanı sıra, rijit perde elemanlarının yüksek yatay rijitlik sağlaması ve plan tekrarı olanak tanınması, sistemin deprem etkileri altındaki davranışını iyileştiren faktörler arasında değerlendirilmektedir **[Mohsenian vd., 2025]**.

Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda yalıtım ve konfor açısından yapılan çalışmalar incelendiğinde, iç mekân sıcaklığı, nem kontrolü, ses yalıtımı ve görsel konfor gibi parametrelerin kullanıcı memnuniyetiyle doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir **[Tezgelen ve Karaman, 2014]**. Ancak bu sistemlerde birleşim detayları, cephe bileşenleri ve pencere-pencere olmayan alanların cam ile ilişkili dolaşımı yeterli yalıtım ve geçirimsizlik sağlamadığında konfor düzeyinin azaldığı tespit edilmektedir **[Areas, 2014]**. Dolayısıyla, yalnızca sistemin dayanım düzeyi değil, bina kabuğu ve iç mekân detayları da konut konforunu doğrudan etkileyen unsurlar arasında yer almaktadır.

Türkiye’de, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ile yapıların ivme tanımları, tehlike haritaları ve deprem performans hedefleri yeniden düzenlenmiş; bu değişiklikler tünel kalıp tipolojilerini etkileyen tasarım kriterlerini de önemli ölçüde şekillendirmiştir **[Dede vd., 2023]**. Ancak, 2023 Türkiye depremlerine ilişkin saha gözlemleri, düşük ve orta katlı tünel kalıp yapıların daha iyi performans sergilediğini, yüksek katlı yapılarda malzeme kalitesi ve uygulama eksiklikleri nedeniyle hasarların arttığını göstermektedir **[Dede, 2024]**.

Tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş toplu konutlara ilişkin akademik çalışmalar incelendiğinde; ısı konforu, işitsel konfor, deprem dayanıklılığı, nem konforu ve iç hava kalitesi başlıkları altında çeşitli değerlendirmelerin yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalar, ele aldıkları konulara göre sınıflandırılarak, literatürde hangi yönlerin öne

çıkartıldığını ve hangi alanların sınırlı biçimde ele alındığını ortaya koymaktadır (**Tablo 1.1**).

Bu kapsamdaki tezlerin özellikle ısısal konfor, işitsel konfor, deprem dayanıklılığı ve yapısal performans konularına odaklandığı dikkat çekmektedir. Son yıllarda yapılan bazı araştırmalarda ise nem konforu ve iç hava kalitesi gibi kullanıcı deneyimini doğrudan etkileyen parametrelerin de incelenmeye başlandığı görülmektedir.

Tablo 1.1'de tünel kalıp sistemine yönelik ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar; deprem dayanımı, ısısal konfor, nem konforu, iç hava kalitesi, işitsel konfor başlıkları kapsamında belirlenen anahtar kavramlar doğrultusunda taranarak sunulmuştur. İncelenen çalışmaların sınırlı sayıda olması, tünel kalıp sisteminin özellikle kullanıcı konforu bileşenleriyle birlikte ele alındığı araştırmaların literatürde görece az bulunmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, tünel kalıp sistemli toplu konutlarda konfor koşullarını bütüncül biçimde değerlendiren çalışmaların sınırlı olduğunu göstermekte ve mevcut araştırmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

Tablo 1.1: Tünel kalıp sistemine yönelik ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar.

Çalışma	Çalışmanın Türü	Isısal Konfor	İşitsel Konfor	Nem Konforu	İç hava Kalitesi	Depreme Dayanıklılık
İnalpolat, C. (1996) Tünel Kalıp Sistemler	Yüksek lisans tezi	x	x			
Kaya, Y.M. (2000) Tünel kalıpla yapılan binaların deprem	Doktora tezi					x
Alataş, M.Z. (2002) Tünel kalıp perdeli yapıların deprem davranışının karşılaştırılması	Yüksek lisans tezi					x
Erbil, Y. (2003) Tünel kalıp konutlarda ısı ve su yalıtımı sorunları	Yüksek lisans tezi	x		x		
Erbil, Akıncıtürk (2006) Tünel kalıp toplu konut örneğinde ısısal konfor	Yüksek lisans tezi	x		x	x	

Tablo 1.1 Devamı

Rodrigues L.T. (2010) Use of Thermal Mass to Improve tunnel form	Makale	x			x	
Sarıçay, E (2010) Tünel kalıpla inşa edilen binaların deprem yükleri etkisindeki davranışının incelenmesi	Yüksek lisans tezi					x
Tezgelen, D (2012) Tünel kalıp konut uygulamalarında kullanıcı konforu (İzmir örneği)	Yüksek lisans tezi	x	x	x		
Arslan M., Arslan D.H (2013) Use of plastic material for thermal & acoustics insulation (tunnel form buildings)	Konferans bildirisi	x	x			
Yılmaz, D. (2014) Thermal Bridge Detailing in Tunnel Form Buildings	Doktora tezi	x	x			
Singh, R. (2015). Indoor air quality and comfort in RC apartments	Yüksek lisans tezi	x		x	x	
Korkmaz, S., Alacalı, S. (2015) Sound insulation problems in tunnel form housing estates	Konferans bildirisi		x			
Balkanlou, A., &Mahdavinejad, M. (2016) Thermal comfort evaluation of mass housing constructed with tunnel form system	Makale	x		x	x	

Tablo 1.1: Devamı

Ozel, M. (2017) Energy and thermal performance of tunnel form residential buildings	Makale	x				
Rossi, D. (2019). Envelope improvements in tunnel form housing: comfort focus Politecnico di Milano, Italy.	Yüksek lisans tezi	x		x	x	
Altun, M. (2019) Tunnel-form yapılar için TS 825 / Passive House uygulanabilirliği	Yüksek lisans tezi	x		x	x	
Özdemir, M. (2020). Yüksek katlı tünel kalıplı yapıların deprem davranışlarının değerlendirilmesi	Yüksek lisans tezi					x
Liu, P. (2021). Heat and moisture transfer in concrete walls with continuous formwork	Doktora tezi	x		x		
Polito, G (2023) Indoor thermal comfort criteria to optimize habitability (tunnel formwork)	Makale	x		x	x	

Tablo 1.1’de tünel kalıp sistemiyle üretilen yapılara ilişkin ulusal ve uluslararası akademik çalışmalar, ele aldıkları konular açısından sınıflandırılarak sunulmuştur. Çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların ağırlıklı olarak ısı konfor, işitsel konfor ve deprem dayanıklılığı başlıkları altında yoğunlaştığı görülmektedir. Özellikle uluslararası literatürde, tünel kalıp sisteminin monolitik yapısının ısı kütle etkisi, yapı kabuğu performansı ve enerji verimliliği üzerindeki etkilerinin deneysel ve analitik yöntemlerle ele alındığı dikkat çekmektedir [Rodrigues, 2010; Yılmaz, 2014; Liu, 2021; Polito, 2023].

Ulusal çalışmalarda ise tünel kalıp sistemine ilişkin araştırmaların büyük ölçüde deprem davranışı ve yapısal performans odaklı olduğu, ısı konforun çoğunlukla

yalıtım problemleri üzerinden değerlendirildiği görülmektedir. Nem konforu, iç hava kalitesi ve kullanıcı algısına dayalı değerlendirmelerin ise sınırlı sayıda çalışmada ele alındığı anlaşılmaktadır. Bu akademik yayınlarda, bu parametrelerin çoğunlukla birbirinden bağımsız başlıklar altında incelendiği, bütüncül konfor değerlendirmelerinin yaygın olmadığı dikkat çekmektedir.

Uluslararası literatürde yer alan bazı çalışmalarda tünel kalıp sistemine özgü detay çözümleri, cephe bileşenleri ve ısı köprü oluşumları üzerinden konfor koşullarının tartışıldığı; ancak bu çalışmaların önemli bir bölümünde kullanıcı memnuniyetinin doğrudan ölçülmediği görülmektedir [Rossi, 2019; Liu, 2021]. Buna karşılık, deprem performansına odaklanan araştırmalarda sistemin yüksek yatay rijitlik sağladığı vurgulanmakla birlikte, özellikle yüksek katlı yapılarda uygulama kalitesi ve detaylandırmanın belirleyici olduğu ifade edilmektedir [Kaya, 2000; Özdemir, 2020].

Tablo 1.1, tünel kalıp sistemiyle üretilen yapılara ilişkin akademik çalışmaların hangi konular üzerinde yoğunlaştığını ve hangi başlıkların görece sınırlı ele alındığını ortaya koyarak, mevcut literatürün genel eğilimini betimleyici bir çerçeve sunmaktadır. Bu çerçevede, tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılara yönelik akademik çalışmalar incelendiğinde, sistemin çoğunlukla yapısal performans ve taşıyıcı sistem davranışı üzerinden değerlendirildiği görülmektedir. Konut ölçeğinde ele alınan çalışmalarda ise ısı konforu, işitsel konfor, nem konforu ve iç hava kalitesi gibi kullanıcıyı doğrudan etkileyen parametrelerin genellikle ayrı başlıklar altında ele alındığı, bu parametrelerin birlikte değerlendirildiği bütüncül yaklaşımların sınırlı kaldığı dikkat çekmektedir. Bu durum, tünel kalıp sisteminin sunduğu yapısal avantajların yanı sıra, konut iç mekânlarında oluşturduğu yaşam koşullarının çok boyutlu biçimde ele alınmasının önemini ortaya koymaktadır. Özellikle kullanıcı konforunu etkileyen çevresel parametrelerin bir arada değerlendirilmesi, sistemin mimari ve mekânsal performansının daha kapsamlı biçimde anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

1.1. Problem Tanımı

Hızlı kentleşme ve nüfus artışı, özellikle büyük şehirlerde toplu konut ihtiyacını doğurmuştur. Bu doğrultuda, farklı ülkelerde ekonomik ve seri üretim sistemleri

geliştirilmiş, tünel kalıp sistemi de bu süreçte yaygın kullanılan yapım tekniklerinden biri olmuştur. Sistem, kısa sürede çok sayıda konut üretmeye imkân tanınması ve dayanıklı yapılar sağlaması açısından tercih edilmektedir [**Şahin, 2015**]. **Ancak** farklı coğrafi koşullarda uygulanan bu sistemin ısı yalıtımı, ses yalıtımı ve kullanıcı konforu açısından çeşitli sorunlar yarattığı belirtilmektedir [**Lee ve Kim, 2017**].

Özellikle nüfusun yoğun olduğu bölgelerde, tek tip üretime dayalı tünel kalıp sisteminin iklim koşullarını ve kullanıcı ihtiyaçlarını yeterince dikkate almaması önemli bir problem alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Soğuk iklimlerde yetersiz ısı yalıtımı, enerji tüketimini artırırken, sıcak iklimlerde serinletme ihtiyacını yükseltmektedir. Benzer şekilde, kalın beton yüzeylerin ses geçirme özelliği, iç mekanlarda gürültü kirliliği sorununu ön plana çıkarmaktadır. Bu durum, sadece enerji verimliliğini değil, aynı zamanda kullanıcıların yaşam kalitesini de doğrudan etkilemektedir [**González ve Navarro, 2019**].

Mevcut standartlar ve yönetmelikler uluslararası ölçekte enerji performansını ve yalıtım koşullarını güvence altına almayı hedeflese de (EN ISO 52016-1:2017/Amd 1:2023), uygulamada her ülkenin iklimsel, ekonomik ve sosyal koşullarına göre değişiklikler ortaya çıkmaktadır. Kullanıcı memnuniyetine dair yapılan araştırmalar, bu farklılıkların sistemin başarısında belirleyici olduğunu göstermektedir [**Demir, 2020**]. Dolayısıyla yalnızca teknik çözümler değil, aynı zamanda kullanıcı odaklı yaklaşımlar da geliştirilmelidir. Bu bağlamda, tünel kalıp sistemiyle inşa edilen toplu konutlarda yalıtım ve konfor koşullarının hem küresel ölçekteki ortak problemler hem de yerel koşullara özgü farklılıklar dikkate alınarak araştırılması, gelecekte daha nitelikli konut üretimi için önem taşımaktadır. Böylece sistemin avantajlarının korunması, ancak kullanıcıların yaşam kalitesini olumsuz etkileyen sorunların giderilmesi mümkün olacaktır.

1.2. Amaç

Bu çalışmanın temel amacı, tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş toplu konutlarda karşılaşılan ısı, ses ve nem konforu ile iç hava kalitesi sorunlarını incelemek ve bu sorunların iç mekân konfor koşulları üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Çalışma, sistemin sağladığı yapısal ve ekonomik avantajların yanı sıra, yalıtım performansı ve kullanıcı deneyimi açısından ortaya çıkan sınırlılıkları da ortaya koymayı hedeflemektedir.

Bu doğrultuda, literatür incelemeleri, örnek proje analizleri, kullanıcı memnuniyet anketleri ve proje ekibi görüşleri aracılığıyla, tünel kalıp sisteminin yalıtım ve konfor düzeyine etkisi çok yönlü olarak ele alınacaktır. Elde edilen veriler ile tünel kalıp sisteminde kullanıcı konfor seviyelerini artırmaya yönelik stratejiler önerilmesi amaçlanmaktadır.

1.3. Kapsam

Bu tez çalışması, tünel kalıp sistemiyle üretilmiş toplu konutlarda yalıtım ve konfor koşullarını etkileyebilecek faktörleri incelemektedir. Araştırma kapsamında; malzeme seçimi, uygulama teknikleri, iklim ve çevresel faktörleri ile içmekan konforuna yönelik kullanıcı memnuniyetleri değerlendirilmektedir.

Alan çalışması, İstanbul ili Başakşehir ilçesindeki tünel kalıp sistemine sahip toplu konutlarda gerçekleştirilmiştir. Başakşehir ilçesinin pilot bölge olarak seçilmesinin nedeni, İstanbul genelinde tünel kalıp sistemiyle üretilmiş toplu konutların bu bölgede yoğunlukta olmasıdır. 1980'li yıllardan itibaren başlayan toplu konut üretiminde özellikle Emlak Konut Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı (GYO), Toplu Konut İdaresi Başkanlığı (TOKİ), ve özel sektörün yürüttüğü projelerin büyük kısmı bu bölgede yoğunlaşmış ve çeşitli dönemlere ait konut örnekleriyle geniş bir veri tabanı oluşmuştur. Bu durum, Başakşehir'i yalnızca nicelik açısından değil, aynı zamanda nitelik çeşitliliği bakımından da uygun bir örneklem alanı haline gelmiştir.

Araştırma kapsamında proje ekipleriyle yapılan görüşmeler değerlendirmeye katılmış; böylece hem kullanıcı hem de profesyonel bakış açıları dikkate alınarak bir analiz yapılması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında tünel kalıp sisteminde ısı konfor, nem düzeyi, iç hava kalitesi ve işitsel konfor koşulları değerlendirilmiştir. Araştırma, kapsamını belirleyen bu parametreler doğrultusunda yürütülmüş olup, görsel konfor ise çalışmanın odak alanlarıyla doğrudan ilişkilendirilmediğinden kapsam dışında bırakılmıştır. Çalışmada ayrıca, söz konusu konfor koşullarının yanı sıra deprem dayanıklılığı ve sistemin mimari tasarıma yansımaları da ele alınmaktadır.

1.4. Yöntem

Çalışmada nicel ve nitel veri toplama yöntemleri kullanılmıştır. İlk aşamada, literatür taramasına yönelik ulusal ve uluslararası ölçekte yüksek lisans ve doktora tezleri,

uluslararası ve ulusal akademik kitap, bildiri ve makaleler taranmıştır. Sonrasında tünel kalıp sistemiyle üretilmiş toplu konut projelerinin yalıtım ve konfor koşulları açısından analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz kapsamında, İstanbul ili Başakşehir ilçesinde yer alan ve tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş Bulvar İstanbul, Bahçetepe, Strada ve Kayapark Sakura gibi toplu konut projelerinin mimari çözümleri ve uygulama detayları incelenmiş; projelere ilişkin teknik çizimler, uygulama paftaları ve proje dosyaları TOKİ ve Emlak Konut GYO bünyesinde görev yapan mühendislerden elde edilen bilgiler ile Elektronik Kamu Alımları Platformu (EKAP) üzerinden temin edilen veri setleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Seçilen örnek projelerin mimari çözümleri ve uygulama detayları incelenerek, sistemin yalıtım performansına ve konfor parametrelerine etkileri karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmiştir.

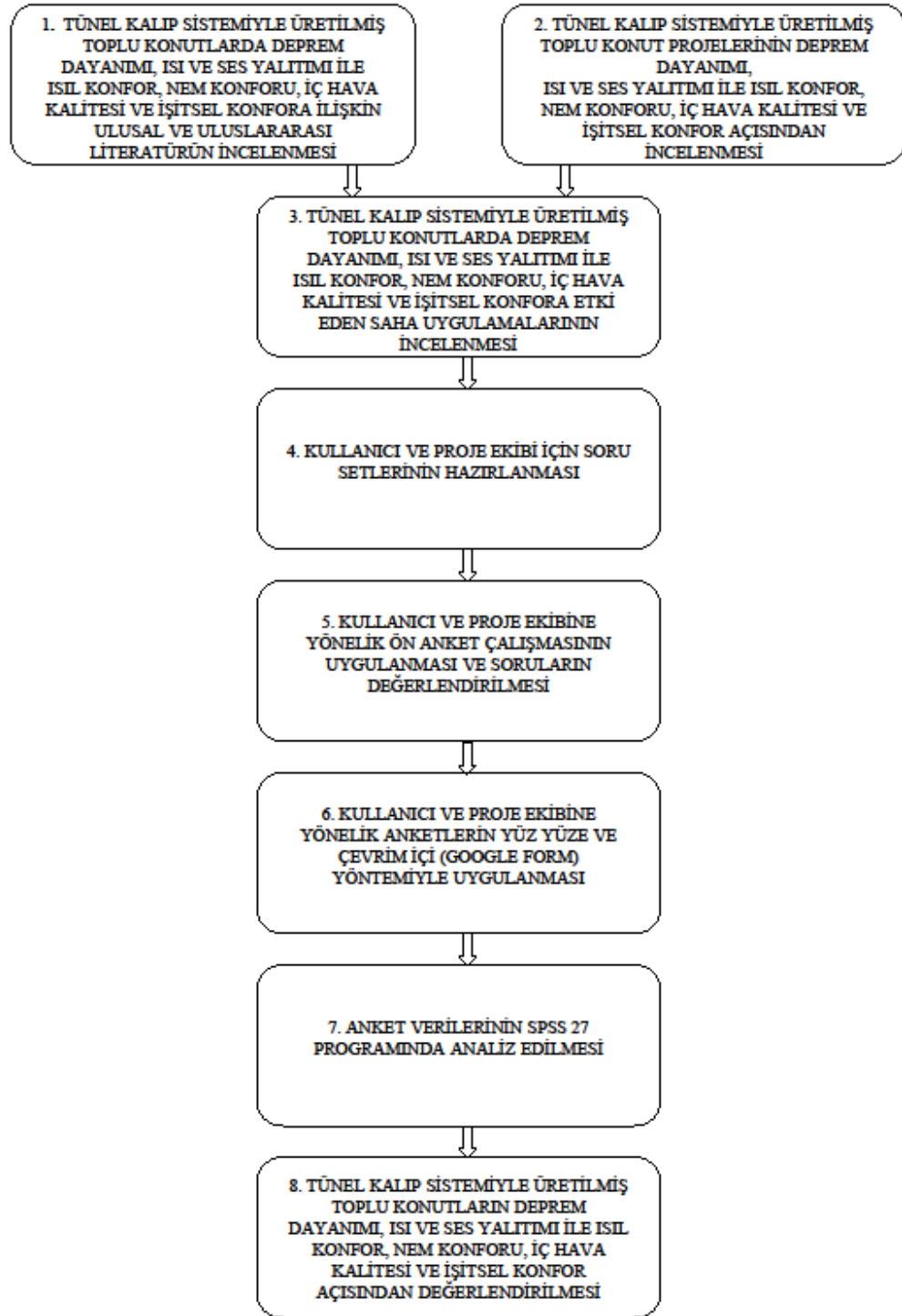
İkinci aşamada, İstanbul ili Başakşehir ilçesinde yer alan tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş toplu konutlarda saha çalışması yapılmıştır. Saha çalışmasında perde döşeme birleşim bölgeleri, ısı köprü oluşum potansiyeli, nem konforu, iç hava kalitesi, doğal havalandırma olanakları, cephe ısı yalıtım uygulamaları ve akustik performans bileşenleri değerlendirilmiştir. Veri toplama aracı olarak kullanıcı memnuniyeti ve konfor algısını ölçmeye yönelik anket formu hazırlanmıştır. Anketler hem yüz yüze görüşmeler yoluyla hem de çevrimiçi ortamda “Google Form” aracılığıyla uygulanmıştır.

Araştırmada kullanılacak anket formlarının uygulanabilirliğini değerlendirmek ve soruların anlaşılabilirliğini test etmek amacıyla ön anketler (pilot çalışma) gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulama sürecinde, **Converse ve Presser (1986) ve Dillman vd., (2014)** çalışmaları referans alınarak çalışma evrenini temsil edecek farklı kullanıcı ve proje ekibi profillerinden katılımcılar seçilmiş ve anket formları ilk etapta 15 kullanıcıya ve 15 proje ekibine uygulanmıştır. Bu süreçte, soru ifadelerinin açıklığı, ölçeklerin iç tutarlılığı ve anketin toplam uygulanma süresi değerlendirilmiş; katılımcılardan elde edilen geri bildirimler doğrultusunda gerekli dil ve içerik düzenlemeleri yapılmıştır. Ön çalışmanın tamamlanmasının ardından anket formları nihai hâline getirilmiş ve esas uygulama için daha geniş örnekleme uygulanmıştır.

Anket çalışmaları yapılırken katılımcıların seçiminde küçük gruplar hâlinde tabakalı rastgele örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Örneklem büyüklüğü belirlenirken

Başakşehir ilçesindeki tünel kalıplı toplu konutların dağılımı ve kullanıcı profili dikkate alınmış, saha uygulamasında toplu konutlarda yaşayan 150 kullanıcıya ulaşılarak uygulama yapılmış ve bunlardan 123 kullanıcı anketi yanıtlamıştır. Proje ekibi grubunda ise 75 kişiye anket gönderilmiş, 68 kişiden geri dönüş sağlanmıştır. Bu doğrultuda kullanıcılar için yanıt oranı yaklaşık %82, proje ekibi için yaklaşık %91 olarak gerçekleşmiş; genel yanıt oranı ise %85 düzeyine ulaşmıştır. Bu oran, bilimsel araştırmalarda yürütülen anket çalışmalarında kabul edilebilir bir yanıt düzeyine işaret etmektedir [Baruch ve Holtom, 2008; Fowler, 2014; Shannon ve Bradburn, 1999]. Tüm anket verileri SPSS 27 (Statistical Package for the Social Sciences) programı ile analiz edilmiş; frekans analizi ve ki-kare testi gibi istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmiştir. Literatür ve proje analizlerinden elde edilen bulgular, saha çalışmasında toplanan kullanıcı ve proje ekibi anket verileriyle birlikte yorumlanarak, tünel kalıp sisteminin yalıtım ve konfor performansını hem teorik hem de uygulamalı düzeyde değerlendiren çok yönlü bir analiz çerçevesi ortaya konulmuştur. Çalışma yöntemi **Şekil 1.1’de** sunulmaktadır.





Şekil 1.1: Tez çalışmasında izlenen yol.

2. TÜNEL KALIP SİSTEMİ

Tünel kalıp sistemi, betonarme yapılar da seri üretim, maliyet etkinliği ve dayanıklılık gibi avantajlar sağlayan endüstriyel bir üretim tekniğidir. elik kalıp panolar kullanarak duvar ve döşemelerin tek seferde dökülmesine imkân tanımakta, yapı elemanlarının bütünleşik bir şekilde üretilmesini mümkün kılarak şantiyelerde seri üretim mantığının uygulanmasını ortaya çıkarmaktadır **[Bayraktar, 2012]**. Geleneksel kalıp sistemlerine kıyasla daha az iş gücüyle daha kısa sürede kat tamamlanabilmesi, yöntemin en önemli özelliklerinden biridir.

Bu sistemin tarihsel gelişimi incelendiğinde, ilk uygulamaların 1950’li yıllarda Fransa ve Belçika’da ortaya çıktığı, kısa sürede Avrupa genelinde yaygınlaştığı görülmektedir **[Güner, 2008]**. Türkiye’de ise 1970’li yıllarda kullanılmaya başlanmış, özellikle 1980’lerden sonra artan toplu konut ihtiyacını karşılamak için yaygın bir yöntem haline gelmiştir **[Arslan, 2010]**. Bu yaygınlaşmanın temel nedeni, sistemin hem deprem güvenliği sağlaması hem de kısa sürede çok sayıda konut üretebilme imkânı sunmasıdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, tünel kalıp sistemi yalnızca bir inşaat yöntemi değil, aynı zamanda kentleşme politikalarının şekillenmesinde de etkili bir araç haline gelmiştir.

Tünel kalıp sistemleri tam tünel kalıp ve yarım tünel kalıp olmak üzere iki temel biçimde uygulanmaktadır. Tam tünel kalıpta, duvar ve döşemeler birlikte betonlanarak tek tip üretim yapılırken, yarım tünel kalıpta sadece duvar ya da döşeme için ayrı uygulamalar yapılabilmektedir **[zmen, 2016]**. Tam tünel kalıp hız açısından avantajlı olsa da yarım tünel kalıp farklı plan çözümlerine imkân tanıyarak daha esnek tasarım olanakları sunmaktadır. Dolayısıyla sistemin türü, projede hedeflenen hız, maliyet ve konfor kriterlerine göre belirlenmektedir.

Kullanım biçimi açısından tünel kalıp sistemi, günlük üretim temposunu hızlandırarak her gün bir katın betonlanmasına imkân tanımaktadır. elik kalıplar vinçlerle taşınarak tekrar kullanılabilir, bu da maliyetleri düşürürken üretim sürecinde endüstriyel bir düzen sağlamaktadır **[şahin, 2015]**. Bununla birlikte, seri üretime dayalı bu yaklaşımin bir sonucu olarak konutlarda tek tip plan şemaları ortaya çıkmakta, kullanıcıların farklı ihtiyaç ve beklentilerini karşılamakta yetersizlikler oluşabilmektedir. Konfor ve esneklik arayışlarının giderek arttığı

günümüzde, sistemin hız ve dayanıklılık avantajları kadar, kullanıcı odaklı eksiklikleri de dikkate alınması gereken bir boyut olarak öne çıkmaktadır [González ve Navarro, 2019].

2.1. Tünel Kalıp Sisteminin Uygulama Alanları ve Yapı Tipolojileri

Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılar, genellikle hızlı üretim, dayanıklılık ve maliyet etkinliği öncelikli olarak planlanan projelerde tercih edilmektedir. Bu yapılar, özellikle seri konut üretiminin gerekli olduğu büyük ölçekli yerleşim alanlarında uygulanmakta olup hem konut hem de kamu yapılarında kullanım alanı bulmuştur [Arslan, 2010]. Bu sistemle üretilen yapılarda taşıyıcı elemanların tamamı betonarme olarak tek seferde oluşturulduğundan, yapıların statik güvenliği artmakta ve şantiye süresi önemli ölçüde kısalmaktadır [Bayraktar, 2012].

Dünya genelinde tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılar, farklı iklim koşulları ve kentleşme politikaları doğrultusunda çeşitlilik göstermektedir. Avrupa’da sistem yüksek yoğunluklu konut projelerinde uygulanırken, Asya ve Orta Doğu’da özellikle hızlı nüfus artışı olan bölgelerde toplu konut projelerinin vazgeçilmez üretim yöntemi olmuştur [Lee ve Kim, 2017]. Türkiye’de ise 1980’lerden itibaren toplu konut alanlarında yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmış, TOKİ ve Emlak Konut öncülüğünde birçok yeni yerleşim bölgesinde standart yapı üretim tekniği haline gelmiştir [Güner, 2008].

Tünel kalıp sistemli yapılar yalnızca konut üretiminde değil, yurtlar, hastaneler, oteller ve okul binaları gibi farklı fonksiyonlarda da uygulanabilmektedir. Ancak bu sistemin en fazla kullanıldığı alan toplu konut projeleri olmuştur. Bunun temel nedeni, kısa sürede çok sayıda konut ihtiyacının karşılanması ve maliyetlerin kontrol altında tutulabilmesidir. Yine de bu avantajların yanı sıra yapılar genellikle tektip plan tipolojilerine sahip olmakta, kullanıcıların değişen mekânsal beklentilerini karşılamada sınırlılıklar yaratmaktadır [González ve Navarro, 2019].

Sistemin hız ve dayanıklılık açısından sunduğu faydalar tartışılmaz olsa da günümüzde artan konfor beklentileri ve sürdürülebilirlik hedefleri dikkate alındığında, tünel kalıp sistemiyle üretilen yapıların yalıtım ve yaşam kalitesi

açısından yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Özellikle ısı kayıpları, ses geçirgenliği ve mekânsal esneklik eksiklikleri, kullanıcıların memnuniyetini düşüren sorunlar olarak öne çıkmaktadır [Demir, 2020]. Bu bağlamda, tünel kalıp sistemiyle üretilmiş yapılar içinde en belirgin örnekleri toplu konut projeleri oluşturmaktadır.

2.2. Avantajlar ve Dezavantajlar

Bu çalışmada ele alınan tünel kalıp sistemi, taşıyıcı perde duvarlar ve döşemelerin tek bir kalıp içerisinde, monolitik betonarme sistem olarak üretilmesine olanak sağlayan bir yapım tekniği olarak değerlendirilmektedir. Sistem, seri üretime uygun yapısı, kısa inşaat süresi ve standartlaşmış uygulama imkânı sayesinde özellikle büyük ölçekli toplu konut projelerinde yaygın biçimde tercih edilmektedir. Türkiye’de bu sistem, TOKİ ve Emlak Konut GYO gibi kamu odaklı konut üreticilerinin yanı sıra, belediyeler, kamu iştirakleri ve özel sektör geliştiricileri tarafından gerçekleştirilen çok sayıda projede uygulanmaktadır [Balkaya ve Kalkan, 2004; Öztürk ve Arslan, 2018].

Tünel kalıp sisteminin en önemli avantajları arasında yüksek taşıyıcı performans, yapısal süreklilik ve plan tekrarına olanak tanıyan kurgusu yer almaktadır. Bununla birlikte, betonarme elemanların sürekliliği ve rijit karakteri, yapı kabuğu ve iç mekân performansı açısından bazı sınırlılıkları da beraberinde getirebilmektedir. Özellikle ısı ve ses yalıtımı gibi konfor bileşenleri, sistemin tasarım ve uygulama detaylarına doğrudan bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Bu bağlamda, tünel kalıp sisteminin avantaj ve dezavantajları bu çalışmada yalnızca yapısal güvenlik açısından değil; deprem dayanımı, ısı konfor ve işitsel konfor koşulları birlikte ele alınarak değerlendirilmiştir.

2.2.1. Deprem Dayanımı ve Yapısal Güvenlik

Bu çalışmada, tünel kalıp sisteminin deprem dayanımı ve yapısal güvenlik açısından sunduğu özellikler, taşıyıcı sistem davranışı üzerinden ele alınmaktadır. Sistem, taşıyıcı elemanların büyük ölçüde perde duvarlardan oluşması nedeniyle yatay yüklere karşı yüksek rijitlik sağlamaktadır. Bu durum, deprem etkileri altında

yapıların yatay deplasmanlarının sınırlandırılmasına ve kat ötelenmelerinin kontrol altına alınmasına katkı sunmaktadır **[Kalkan ve Balkaya, 2004]**.

Perde duvarların döşemelerle birlikte tek seferde dökülmesi, yapı elemanları arasında süreklilik oluşturarak yük aktarım mekanizmasının daha dengeli gerçekleşmesini sağlamaktadır. Bu özellik, özellikle tekrarlı plan şemasına sahip çok katlı toplu konut yapılarında, burulma düzensizliklerinin azaltılması ve yapısal davranışın öngörülebilir hâle gelmesi açısından önemli bir avantaj olarak değerlendirilmektedir **[Ersoy, 2013]**.

Bu çalışmada ele alınan konut üretim pratikleri dikkate alındığında, tünel kalıp sisteminin uygun statik tasarım, yeterli beton kalitesi ve doğru donatı detaylandırması ile birlikte uygulandığında yüksek deprem performansı sunduğu kabul edilmektedir. Bununla birlikte, sistemin sağladığı yapısal avantajların, uygulama kalitesi ve şantiye denetimiyle doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Özellikle malzeme kalitesi ve işçilik hataları, beklenen deprem performansını olumsuz yönde etkileyebilmektedir **[Dede vd., 2023]**.

2.2.2. Isı Yalıtımı Uygulama Problemleri

Bu çalışmada, tünel kalıp sisteminde ısı yalıtımı performansı, betonarme taşıyıcı sistemin sürekliliği bağlamında değerlendirilmektedir. Taşıyıcı perde duvarlar ve döşemelerin kesintisiz biçimde devam etmesi, yapı kabuğunda ısı köprülerinin oluşmasına zemin hazırlayan temel etkenlerden biri olarak kabul edilmektedir. Özellikle balkon döşemeleri, pencere ve kapı çevreleri ile kat birleşim noktaları, ısı kayıplarının yoğunlaştığı bölgeler arasında yer almaktadır **[Altan ve Korkut, 2006]**.

Toplu konut projelerinde yaygın olarak uygulanan dış cephe ısı yalıtım sistemlerine rağmen, yalıtım katmanlarının taşıyıcı sistemle olan ilişkisi, ısı performans üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Bu çalışmada, yalıtım sürekliliğinin sağlanamadığı durumlarda, iç mekân sıcaklık dağılımında dengesizlikler olduğu ve enerji verimliliğinin olumsuz yönde etkilendiği kabul edilmektedir **[Özel, 2011]**.

Ayrıca, betonarme elemanların yüksek ısı iletkenliği, yetersiz detaylandırma durumunda iç yüzeylerde yoğuşma riskini artırabilmektedir. Bu durum, yalnızca

enerji kayıplarına değil, aynı zamanda nem konforunun bozulmasına ve iç mekân kullanım kalitesinin azalmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, tünel kalıp sisteminde ısı yalıtımı uygulamalarının, malzeme seçiminin ötesinde, detay çözüm kalitesi ve uygulama bütünlüğü ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği bu çalışmada vurgulanmaktadır.

2.2.3. Ses Yalıtımı Uygulama Problemleri

Bu çalışmada, tünel kalıp sisteminin ses yalıtımı performansı, betonarme taşıyıcı sistemin akustik özellikleri çerçevesinde ele alınmaktadır. Betonarme perde duvarların yüksek kütleyle sahip olması, hava doğuşlu seslerin iletiminin sınırlandırılması açısından belirli avantajlar sunmaktadır. Ancak yapı elemanlarının monolitik biçimde üretilmesi, yapı kaynaklı ve darbe seslerinin iletimini artıran bir unsur olarak değerlendirilmektedir [Rasmussen, 2010].

Toplu konut yapılarında, özellikle bitişik bağımsız bölümler arasında yer alan ortak duvarlar ve kat döşemeleri, işitsel konforun en fazla etkilendiği alanlar olarak öne çıkmaktadır. Tünel kalıp sisteminde döşeme ve duvarların ayrıştırılamaması, ses iletim yollarının kesintiye uğratılmasını zorlaştırmakta ve akustik performansı doğrudan etkilemektedir [Long, 2014].

Bu çalışmada, ses yalıtımı uygulama problemlerinin yalnızca yapı sisteminden değil, detay çözüm ve katmanlı yapı bileşenlerinin yetersizliğinden kaynaklanabileceği kabul edilmektedir. Uygun akustik ara katmanlar ve ayrıştırıcı çözümler kullanılmadığında, işitsel konforun olumsuz etkilendiği ve kullanıcı memnuniyetinin azaldığı belirtilmektedir. Bu nedenle, tünel kalıp sisteminde ses yalıtımı performansının artırılabilmesi için, taşıyıcı sistemin yapısal avantajlarıyla birlikte akustik tasarım ilkelerinin bütüncül biçimde ele alınması gerekmektedir.

3. TÜNEL KALIP SİSTEMİYLE ÜRETİLEN YAPILARDA KONFOR KOŞULLARI

Konfor kavramı, bir yapının kullanıcılarına sunduğu iç mekân kalitesi, çevresel denge ve enerji performansını bir bütün olarak ifade eder. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA, 2022) ve Isıl Konfor Değerlendirilmesi (ISO 7730) standardına göre konfor, yalnızca sıcaklıkla ilişkili fiziksel koşulları değil; aynı zamanda nem, hava kalitesi, gürültü, aydınlatma ve psikolojik algı bileşenlerini de kapsayan çok boyutlu bir olgudur. Toplu konut üretiminde konfor koşullarının sağlanması, yapının strüktürel sistemiyle, malzeme seçimiyle ve uygulama detaylarının kalitesiyle doğrudan ilişkilidir **[Balkaya ve Kalkan, 2004]**.

Tünel kalıp sistemi, hızlı ve endüstriyel üretim olanağı sağlaması bakımından Türkiye’de özellikle 2000’li yıllardan itibaren toplu konut üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu sistemin betonarme yüzey sürekliliği, kalın dış kabuk yapısı ve sınırlı detay esnekliği, iç mekân konforunu etkileyen en önemli parametreler arasında yer almaktadır **[Dede vd., 2023]**. Geleneksel kalıp sistemlerinden farklı olarak tünel kalıpta tüm taşıyıcı duvar ve döşemeler aynı anda dökülmekte; bu durum hem ısı hem ses köprülerinin oluşma riskini artırmakta hem de malzeme geçiş detaylarını sınırlamaktadır **[Altun, 2020]**.

Konfor koşulları, kullanıcı memnuniyetinin temel belirleyicisidir. Başakşehir bölgesinde incelenen Kayapark Sakura, Bulvar İstanbul ve Bahçetepe tünel kalıp konut projelerinde yapılan saha gözlemleri, kullanıcıların özellikle ısı kayıpları, yoğunlaşma, gürültü geçişi ve havalandırma yetersizliği gibi sorunlarla karşılaştığını göstermektedir. Elde edilen bu bulgular, hem yerinde yapılan teknik incelemelerle hem de literatürde benzer yapı tiplerine ilişkin sunulan çalışmalarla **[Özel ve Kuru, 2021; Mohsenian vd., 2021]** uyumluluk göstermektedir. Bu doğrultuda, incelenen projelerde konforu etkileyen temel sorun alanlarının önemli ölçüde ısı ve ses yalıtımı uygulamalarındaki teknik sınırlılıklardan kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

Bu bağlamda, tünel kalıp sistemli konutlarda konfor koşullarını etkileyen temel bileşenler ısı konfor, nem konforu, iç hava kalitesi, işitsel konfor ve yalıtım uygulama faktörleri olarak beş ana başlıkta incelenmiştir. Bu faktörler hem fiziksel

evre kalitesini hem de kullanıcı deneyimini bütüncül biçimde değerlendirmeye olanak tanımaktadır.

3.1. Isıl Konfor

Isıl konfor, insan vücudunun çevresiyle olan ısı alışverişinde denge hâlinde olması durumunu tanımlar. ASHRAE Standardı 55 (2017) ısıl konforu “kullanıcıların termal ortamdan duyduğu memnuniyet durumu” olarak tanımlamaktadır. İç mekânlarda ısıl konfor, mekân sıcaklık dağılımı, ısı kayıpları ve kazançları, enerji tüketimi ve kullanıcı algısı gibi çok sayıda parametreye bağlıdır.

Tünel kalıplı konutlarda perde duvar ve döşeme yüzeylerinin yekpare biçimde üretilmesi, yapının ısı köprüsü oluşumunu artırabilmektedir. Bu nedenle sistemde dış kabukta taş yünü veya EPS mantolama, içte ise şap altı ısı yalıtım levhaları (ör. XPS) ile destekleyici yalıtım çözümleri gerekmektedir [Demir ve Gök, 2019]. “Ancak çeşitli çalışmalarda, tünel kalıp konutlarda kullanılan dış kabuk ve iç cephe yalıtım katmanlarının çoğu projede önerilen kalınlıklara ulaşmadığı, bu durumun özellikle zemin katlarda artan ısı kayıplarına ve üst katlarda mekânsal sıcaklık dengesizliklerine neden olabildiği belirtilmektedir [Dede vd., 2023].

Enerji verimliliği açısından, TS 825 standardı Türkiye’nin iklim bölgelerine göre uygun U-değerleri belirlemekte; ancak tünel kalıpta bu değerlerin sağlanabilmesi için dış duvarın yalıtım kalınlığının en az 5–8 cm taş yünü veya 4–6 cm EPS olması gerekmektedir [Yılmaz, 2018].

Tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş konutlarda Yılmaz ve Şahin’in (2020) kullanıcı memnuniyetini belirlemek amacıyla yaptıkları anket çalışmaları, kış aylarında soğuk yüzey hissi ve duvar yoğuşması problemlerinin sıkça bildirildiğini belirtmektedir. Bu durum, hem iç yüzey sıcaklığının düşük olmasından hem de hava sızıntısı kaynaklı konvektif ısı kayıplarından kaynaklanmaktadır.

3.1.1. İç Mekân Sıcaklık Dağılımı

İç mekân sıcaklık dağılımı, yapı kabuğunun ısı iletim özelliklerine, cephe yönelmesine, kat konumuna ve malzeme bileşiminin termal geçirgenliğine bağlı

olarak değişmektedir. Isıl konforun sağlanmasında yalnızca ortam sıcaklığı değil, aynı zamanda yüzey sıcaklıklarının homojenliği de belirleyicidir **[ASHRAE 55, 2017]**.

Tünel kalıpla üretilmiş konutlarda taşıyıcı perde duvarların yüksek yoğunluklu betonarme yüzeylerden oluşması, yüzey sıcaklıkları arasında fark yaratmaktadır. Bu farklılıklar özellikle dış duvar–döşeme birleşimlerinde soğuk yüzey hissive yoğuşma eğilimi oluşturmaktadır **[Dede vd., 2023]**. TS EN ISO 13788 standardına göre, iç ortam hava sıcaklığının yaklaşık 20 °C ve bağıl nem oranının %50 olduğu koşullarda, iç yüzey sıcaklığının 13 °C'nin altına düşmesi durumunda yüzey yoğuşması riski oluşmaktadır. **[Yılmaz, 2018]**.

Bu durum, dış kabukta kullanılan yalıtım kalınlığının yetersizliğiyle ve tünel kalıp sisteminde oluşan ısı köprülerinin sürekliliğiyle ilişkilidir. Pencere lentoları, kolon–perde birleşimleri ve döşeme kenarlarında görülen bu süreksizlikler, ısı kaybının lokal olarak artmasına neden olur **[Altun, 2020]**. Tünel kalıpta betonarme yüzeylerin kesintisiz olması, bu bölgelerde ek bir yalıtım tabakası uygulanmadığında iç yüzey sıcaklık farklarını artırmaktadır.

Ayrıca modüler sistem nedeniyle pencere boşluklarının sınırlı sayıda ve standart ölçülerde olması, cephe boyunca güneş kazanımını ve doğal ısı dengesini etkilemektedir. Türkiye'nin içinde bulunduğu Kuzey Yarımküre'de güneşlenme açıları nedeniyle kuzeye bakan cepheler yıl boyunca daha az güneş ışını almaktadır. Bu nedenle kuzey cepheli dairelerde iç yüzey sıcaklıklarının düşmesi, soğuk yüzey hissi, ısı kayıplarının artması ve nem/yoğuşma riskinin yükselmesi gözlenmektedir. Buna karşılık güney cepheli konutlarda, özellikle yaz dönemlerinde aşırı ısınma eğilimi oluşmakta; doğu ve batı yönlerinde ise sabah-akşam saatlerindeki kısa süreli yüksek ışıınım yükleri iç mekân ısı dengesini etkilemektedir **[Mohsenian vd, 2021]**. Bu yönse farklılıklar, kullanıcıların enerji tüketim alışkanlıklarını, ısı konfor algılarını ve mekân kullanım tercihlerini doğrudan etkilemektedir.

Bu bulgular doğrultusunda, tünel kalıp sistemi ile üretilmiş konutlarda hem ısı hem de akustik konforu etkileyen yalıtım problemlerinin giderilmesi için yönse ısı yük farklılıklarını dikkate alan çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Özellikle Kuzey Yarımküre'deki güneşlenme koşulları nedeniyle daha fazla ısı kaybı yaşayan kuzey

cepheli dairelerde taş yünü veya EPS mantolama kalınlığının artırılması, döşeme altında XPS levhalarla ısıl sürekliliğin sağlanması ve pencere doğramalarında sızdırmazlık detaylarının güçlendirilmesi iç yüzey sıcaklık dengesini iyileştirmektedir [Özel ve Kuru, 2021]. Bu müdahaleler, yalnızca ısıl konforu değil; duvar titreşimleri ve yüzey süreksizliklerinden kaynaklanan ses geçişi sorunlarını azaltarak akustik performansı da iyileştirmektedir. Böylece konutlarda kullanıcı deneyimi çok boyutlu bir biçimde güçlendirilmektedir.

3.1.2. Isı Kayıpları ve Kazançları

Binalarda ortaya çıkan ısı kayıpları, yapı kabuğunu oluşturan bileşenlerin ısı geçirgenlik katsayısı (U-değeri), malzeme özellikleri ve ısı köprülerinin oluşum biçimi ile ilişkilidir. TS 825 standardında İstanbul'un da yer aldığı 2. derece iklim bölgesi için dış duvarlarda izin verilen maksimum U-değeri 0,70 W/m²K olarak belirtilmektedir [TS 825, 2013]. Tünel kalıp sisteminde yaygın olarak kullanılan betonarme perdelerin yaklaşık 1,75 W/mK düzeyindeki ısıl iletkenliği, yalıtım uygulanmadığında dış duvarlarda ısı kaybının artmasına neden olan temel bir malzeme özelliğidir [Yılmaz, 2018; Altun, 2020].

Dış duvarlarda kullanılan taş yünü ve EPS levhaların kalınlığı, konumu ve sürekliliği, ısı iletiminin duvar kesiti boyunca gerçekleşme hızını belirleyen faktörler arasındadır. Yalıtım tabakasının döşeme-duvar birleşimlerinde kesintiye uğraması durumunda ısıl akışın artış gösterdiği, bu bölgelerde yüzey sıcaklıklarının farklılaştığı ve duvar davranışının değiştiği ifade edilmektedir [Özel ve Kuru, 2021]. Döşeme altında kullanılan XPS tabakaları, zemin kotlarında meydana gelen ısıl akışın yönü ve büyüklüğünü etkileyen tamamlayıcı bir bileşen niteliğindedir.

Isı kazançları ise güneş ışınımının mevsimsel konumu ve cephe yönlenmesiyle bağlantılıdır. Kuzey Yarımküre'de güney cephelerin kış aylarında daha yüksek düzeyde güneş kazanımı sağladığı, buna karşılık yaz aylarında bu cephelerde güneş yükünün arttığı bilinmektedir [Mohsenian vd., 2021]. Doğu ve batı cepheleri sabah ve akşam saatlerinde daha düşük açılı ışınımına maruz kaldığından, günün belirli zamanlarında ısıl kazançlarda belirgin değişkenlik ortaya çıkmaktadır. Güneş kazanımı, cam yüzey alanı, cam türü, gölgeleme elemanları ve bina geometrisi gibi

faktörlerle birlikte cephelerin ısısal davranışını belirleyen önemli bir bileşendir **[Dede vd., 2023]**.

Tünel kalıp sistemli binalarda ısı kayıpları ve ısı kazançları, betonarmenin ısı özellikleri, yalıtım tabakalarının sürekliliği, cephe yönlenmesi ve güneş ışıının mevsimsel değişimi gibi birbiriyle ilişkili fiziksel süreçler üzerinden şekillenmektedir **[Balkaya ve Kalkan, 2004; Yılmaz, 2018; Özel ve Kuru, 2021; Mohsenian vd., 2021]**. Bu unsurların bir arada değerlendirilmesi, yapı kabuğunun ısısal davranışının anlaşılması için gerekli olan temel çerçeveyi oluşturmaktadır.

3.1.3. Isıl Denge ve Enerji Tüketimi

TS 825 standardında, İstanbul'un da içinde yer aldığı 2. derece iklim bölgesi için dış duvarlarda izin verilen maksimum ısı geçirgenlik katsayısı (U-değeri) $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak tanımlanmaktadır **[TS 825, 2013]**. Bu çalışmada yapılan değerlendirmeler, İstanbul ili özelinde ve 2. derece iklim bölgesi koşulları esas alınarak ele alınmıştır. Tünel kalıp sisteminde betonarmenin yaklaşık $1,75 \text{ W/mK}$ düzeyindeki ısı iletkenliği, özellikle dış duvarlarda uygulanan yalıtım katmanının ince veya süreksiz olduğu durumlarda, yapı kabuğundan gerçekleşen ısı kayıplarını artırmaktadır **[Yılmaz, 2018]**.

2. derece iklim bölgesinde yer alan konut yapıları üzerine yapılan çalışmalarda, dış duvarda taş yünü yalıtım kalınlığının 4 cm'den 6 cm'ye çıkarılması durumunda yıllık enerji tüketiminde yaklaşık %12 oranında azalma sağlanabildiği belirtilmektedir **[Dede vd., 2023]**. Bu sonuçlar, orta derecede ılıman–nemli iklim koşullarına sahip bölgeler için geçerli olup, daha soğuk veya daha sıcak iklim bölgelerinde farklılaşabilmektedir. Pencere sistemlerinde daha düşük U-değerine sahip camların kullanılması da ısı akışının azalmasına katkı sunan bir diğer etkidir **[Yılmaz, 2018]**.

TS 825 standardında İstanbul'un da içinde yer aldığı 2. derece iklim bölgesi için dış duvarlarda izin verilen maksimum U-değeri (ısı geçirgenlik katsayısı) $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak belirtilmektedir **[TS 825, 2013]**. Tünel kalıp sisteminde betonarmenin yaklaşık $1,75 \text{ W/mK}$ düzeyindeki ısı iletkenliği, yalıtım katmanının ince veya kesintili olduğu durumlarda dış duvarlarda meydana gelen ısı kayıplarını

artırmaktadır [Yılmaz, 2018]. Bu durum, özellikle perde duvar–döşeme ve kolon–perde birleşim noktalarında ısı köprülerinin oluşmasına zemin hazırlamaktadır.

Dış duvarlarda taş yünü yalıtım kalınlığının 4 cm’den 6 cm’ye çıkarılması durumunda, İstanbul’un da yer aldığı ılıman–nemli iklim koşulları için yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde yaklaşık %12 oranında azalma sağlanabildiği belirtilmektedir [Dede vd., 2023]. Bu bulgunun söz konusu iklim bölgesi için geçerli olduğu, farklı iklim bölgelerinde ise yalıtım kalınlığına bağlı performans değişimlerinin farklılaşabileceği ifade edilmektedir. Ayrıca pencere sistemlerinde daha düşük U-değerine sahip camların kullanılması, dış duvarlardaki ısı akışının azalmasına katkı sunan tamamlayıcı bir unsur olarak değerlendirilmektedir [Yılmaz, 2018].

Isıl dengeyi etkileyen değişkenler arasında cephe yönlenmesi önemli bir bileşen oluşturmaktadır. İstanbul’un içinde bulunduğu 2. derece ılıman-nemli iklim bölgesinde kuzey cephelerde kış aylarında ısı kayıpları daha yüksek olurken, güney cephelerde güneş kazanımları artmaktadır. Doğu ve batı cepheleri ise günün belirli saatlerinde düşük açılı ışınım nedeniyle değişken ısı kazançları göstermektedir [Dede vd., 2023].

Enerji performans sınıflandırmalarında tünel kalıp konutların büyük bölümünün C enerji sınıfı aralığında yer aldığı bildirilmektedir [EPDK, 2022]. Bu sınıflandırmayı etkileyen unsurlar arasında cephe elemanlarının U-değerleri, betonarme yüzeylerde görülen ısı köprüleri, havalandırma kaynaklı kayıplar ve pencere-duvar oranları yer almaktadır [Özel ve Kuru, 2021].

Tünel kalıp yapılarda ısı denge ve enerji tüketimi; yapı kabuğu malzemelerinin ısı özellikleri, yalıtım tabakasının sürekliliği, pencere bileşenlerinin ısı geçirgenliği, cephe yönlenmesi ve güneş ışınımının mevsimsel dağılımı gibi birbirine bağlı fiziksel süreçlerle şekillenmektedir. Bu parametreler, tünel kalıp sistemli konutların enerji kullanım davranışını belirleyen temel bileşenler arasında yer almaktadır.

3.1.4. Kullanıcı Memnuniyeti Açısından Isıl Konfor

Isıl konfor, kullanıcıların bulunduğu iç mekân ortamına ilişkin sıcaklık, yüzey sıcaklıkları, hava akış hızı ve nem gibi parametreleri nasıl algıladıklarıyla ilişkilidir.

Bir mekânda ısı konforu sağlanabilmesi için iç ortam sıcaklığının sabit kalması, yüzey sıcaklıklarının kullanıcı üzerinde rahatsızlık yaratmaması ve sıcak-soğuk yüzeyler arasında büyük farkların oluşmaması gerekmektedir. Bu çerçevede, yapı kabuğunun ısı performansı, kullanıcıların mekânsal konfor algısı üzerinde doğrudan etkili unsurlar arasında yer almaktadır [Fanger, 1970].

Tünel kalıp sisteminde betonarme yüzeylerin yüksek ısı iletkenliği nedeniyle, dış duvarlarda yalıtım tabakasının kesintiye uğradığı noktalarda yüzey sıcaklıkları düşmekte ve ısı asimetri oluşabilmektedir [Balkaya ve Kalkan, 2004]. Bu durum, özellikle oturma alanlarında kullanıcıların bulunduğu bölgelerde soğuk yüzey hissi yaratmakta ve mekânın genel konfor algısını etkilemektedir. İç yüzey sıcaklıklarındaki bu dengesizlikler, kullanıcıların ısı rahatlık düzeyini belirleyen temel unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir [Yılmaz, 2018].

Isı konfor algısını etkileyen bir diğer fiziksel unsur ısı köprüleridir. Söz konusu ısı köprüleri, tünel kalıp sisteminin betonarme yüzey sürekliliği nedeniyle daha belirgin hâle gelmekte ve kullanıcıların iç mekân ısı konforunu zayıflatmaktadır. Bu etki, özellikle köşe birimlerde ve kat döşemesi-duvar birleşimlerinde ortaya çıkan yüzey sıcaklığı düşüşlerinden kaynaklanmaktadır. Yüzey sıcaklığındaki ani değişimler, konut kullanıcılarının bulunduğu bölgelerde hissettikleri termal rahatsızlığı artırabilmektedir [Özel ve Kuru, 2021].

Cephe yönlenmesi ve güneş ışınımı da kullanıcıların ısı memnuniyetini etkileyen önemli parametrelerdir. Kuzey cepheli mekânlarda güneş kazanımı sınırlı olduğundan kış aylarında iç ortam sıcaklığı daha yavaş yükselmekte, buna karşılık güney cepheli mekânlarda yaz aylarında daha yüksek iç ortam sıcaklıkları gözlenmektedir [Mohsenian vd., 2021]. Bu farklılıklar, kullanıcıların mekân kullanım biçimlerini, sıcaklık tercihlerini ve konfor algılarını doğrudan etkilemektedir. Isı dengenin sağlanamadığı durumlarda kullanıcıların ısınma veya soğutma ihtiyacını artırdığı, bu durumun enerji tüketim davranışlarıyla bağlantılı olduğu belirtilmektedir [Dede vd., 2023].

Bu bağlamda, kullanıcı memnuniyeti açısından ısı konforu, yapı kabuğunun yüzey sıcaklığı davranışı, ısı köprülerinin şiddeti, yönlenme kaynaklı ısı yükleri ve güneş kazanımlarının dağılımı gibi fiziksel parametrelerle ilişkilendirilmektedir. Bu

parametreler birlikte ele alındığında, tünel kalıp sistemli konutlarda i mekân ısı konforunun kullanıcı deneyimi üzerindeki etkilerini anlamak için gerekli ereve ortaya çıkmaktadır.

3.2. Nem Konforu

Nem konforu, i mekân koşullarının kullanıcı konforunu ve yapı performansını doğrudan etkileyen temel parametrelerden biridir. İç ortam bağıl nemi, ısı konfor kadar önemli olup, yapı fiziği açısından malzeme davranışı, i hava kalitesi, enerji tüketimi ve sağlık koşulları üzerinde belirleyici bir rol oynar **[ASHRAE, 2017]**. Optimum nem aralığı, genellikle %40–60 olarak kabul edilmektedir. Bu aralığın altında veya üzerinde kalan nem oranları, yapı malzemelerinde bozulmalara, mikroorganizma oluşumuna ve kullanıcı sağlığında rahatsızlıklara neden olabilmektedir **[Yılmaz, 2018]**.

Nem dengesinin korunamaması durumunda i ortamlarda yoğuşma, kf oluşumu, rutubet kokusu ve yüzeylerde estetik bozulmalar gözlenir. Bu tür durumlar yalnızca kullanıcı konforunu azaltmakla kalmaz, aynı zamanda yapı bileşenlerinin servis ömrünü kısaltır. Özellikle tünel kalıp sistemiyle inşa edilen toplu konutlarda, monolitik betonarme yapı elemanları yüksek buhar difüzyon direnci nedeniyle nem geçişine engel oluşturur **[Altun, 2020]**. Bu nedenle bu tür yapılarda nem kontrolü, klasik dolgu duvar sistemlerine göre daha zor sağlanmakta; nemin hapsediği yüzeylerde ısıl köprü etkileri ve lokal mikroiklim farkları oluşmaktadır **[Dede vd., 2023]**.

Nem konforu yalnızca kullanıcı davranışlarına değil, tasarım ve yapım sürecindeki teknik kararlara da bağlıdır. Isı yalıtım tabakasının yerleşimi, kullanılan malzemelerin buhar difüzyon direnç katsayısı, cephe yönelimi, pencere açıklıklarının konumu ve havalandırma düzeni nem konforunun sürekliliğini belirleyen başlıca etmenlerdir **[zel ve Kuru, 2021]**. Yapı fiziği açısından bakıldığında, bu parametreler bir bütün olarak ele alınmadığında i ortamın bağıl nemi dengesiz hale gelir ve sistemin nefes alma kapasitesi azalmaya başlar. Tünel kalıp sisteminde bu durum daha belirgindir; çünkü betonarme yüzeylerin sürekliliği nemin duvar içinde difüze olmasını engeller. Bu nedenle tünel kalıplı yapılarda nemin dengelenmesi, klasik duvar sistemlerine göre daha karmaşık bir süreçtir. Yapı kabuğunda ısı

köprülerinin sürekliliği, malzeme tabakalarının yanlış sıralanması ve havalandırmanın yetersizliği, konutlarda iç hava nemini artırarak ısı konforu bozar. Nem konforu sağlanamadığında kullanıcılar genellikle “hava ağırlığı” veya “odaların nemli hissettirmesi” gibi algısal şikâyetlerde bulunur; bu durum ise hem fiziksel hem psikolojik konfor düzeyinin düşmesine neden olur [Dede vd., 2023].

3.2.1. Nem Dengesi ve İç Hava Kalitesi

Nem dengesi, iç ortamda konforlu, sağlıklı ve enerji açısından verimli bir yaşam sürdürülebilmesi için gereklidir. Bu dengenin bozulması, iç hava kalitesini düşürerek hem malzeme hem de kullanıcı sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratır [ASHRAE, 2017]. Nem dengesini belirleyen başlıca faktörler; yapı kabuğunun difüzyon karakteri, ısı yalıtımının konumu, malzeme gözenekliliği, hava sirkülasyonu ve mekânsal yönlenmedir.

Tünel kalıp sisteminde kullanılan betonarme duvarlar, yüksek yoğunlukları nedeniyle su buharını geçirmekte oldukça dirençlidir ($\mu \approx 80-100$). Bu yüksek direnç, iç ortamda oluşan su buharının duvar boyunca ilerlemesini kısıtlar. Buhar, yüzeylerde sıkışarak yoğunlaşma potansiyeli oluşturur. Özellikle banyolar, mutfaklar ve kuzey cephe odalarda bu nemin birikmesi, iç hava kalitesinin düşmesine ve lokal nemlenme bölgelerinin oluşmasına neden olur [Altun, 2020].

İç hava kalitesinin düşmesi, yalnızca nem birikiminden değil, aynı zamanda buharın yapı bileşenlerinden uzaklaştırılamamasından kaynaklanır. Doğal havalandırma açıklıklarının azlığı ve mekanik havalandırma sistemlerinin yetersizliği, özellikle enerji tasarrufu amacıyla hava geçirmez hâle getirilen yapılarda nemin uzaklaştırılmasını zorlaştırmaktadır [Dede vd., 2023]. Böylelikle bağıl nem oranı sürekli yüksek seyreden iç ortamlarda, hava dolaşımının yavaşlamasıyla CO₂ ve uçucu organik bileşik (UOB) birikimi artar; bu da iç hava kalitesinin bozulmasına neden olur.

Tünel kalıplı sistemlerde nem dengesinin korunması için ısı yalıtım ve buhar kesici katmanların doğru sıralanması, havalandırma sürekliliğinin sağlanması ve iç yüzey sıcaklıklarının düşürülmemesi gerekir. Aksi hâlde, yapı kabuğu nemi dışarıya atamadığı için, yoğunlaşma ve küf oluşumu kaçınılmaz hâle gelir. Nem dengesinin uzun

sürekli bozulması, aynı zamanda enerji tüketimini artıran bir durumdur; çünkü yüksek bağıl nem, kullanıcıların daha düşük sıcaklıklarda konfor hissetmesine neden olur, bu da ısıtma yükünü artırır [Özel ve Kuru, 2021].

3.2.2. Yoğuşma Problemleri

Yoğuşma, nemli iç hava ile soğuk yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle oluşan ısı geçiş dengesizliği sonucunda ortaya çıkar. Yapı fiziki açısından bu süreç, havadaki su buharının çığ noktasına ulaşması ve sıvı hâle dönüşmesiyle tanımlanır [Altun, 2020]. Yoğuşma, özellikle tünel kalıplı yapılarda dış duvar-kolon birleşimleri, lentolar, pencere çevreleri ve cephe kesişimlerinde yoğunlaşır. Çünkü bu bölgelerde ısı akışı sürekli ve buhar difüzyon direnci değişkendir.

TS EN ISO 13788 standardına göre, iç yüzey sıcaklığı 13 °C'nin altına düştüğünde yoğuşma riski başlar. Tünel kalıplı yapılarda bu risk, özellikle dış cephe yalıtımının kesintiye uğradığı veya iç yalıtım uygulandığı bölgelerde artar. Yoğuşma, kısa vadede sıva kabarmaları ve leke oluşumu, uzun vadede ise donma-çözülme döngüleriyle mikro çatlak gelişimi gibi hasar mekanizmalarına yol açar [Dede vd., 2023]. Ayrıca, yüzeyde uzun süre kalan nem, betonarme yapılarda alkali-silika reaksiyonunu (ASR) hızlandırabilir ve bu durum malzemenin dayanıklılığını olumsuz etkiler [Özturan, 2019; Siddique ve Khan, 2011].

Yoğuşma kontrolü için en etkili çözüm, ısı köprülerinin sürekliliğini azaltmak ve buhar geçiş dengesini sağlamak ile mümkündür. Dış cephe yalıtımında ısı yalıtım tabakasının kesintisiz biçimde uygulanması, iç ortamlarda yüzey sıcaklık farklarını minimize eder. Ayrıca buhar kesici tabakaların yanlış konumlandırılması, buharın iç yüzeyde hapsolmesine neden olabileceği için uygulamada dikkat gerektirir [Özel ve Kuru, 2021].

3.2.3. Küf ve Rutubet Oluşumu

Küf ve rutubet oluşumu, nem konforunun bozulmasıyla birlikte ortaya çıkan en yaygın fiziksel bozulma türlerinden biridir. Yüksek nem oranı, mikroorganizma üremesi için uygun bir ortam oluşturur. Aspergillus, Cladosporium ve Penicillium

türü küf mantarları genellikle ılıman sıcaklık ve %70'in üzerindeki bağıl nem koşullarında çoğalır **[Mohsenian vd., 2021]**.

Tünel kalıplı yapılarda bu durum, özellikle kuzey cephe, yetersiz havalandırılan odalarda ve banyo gibi nem üretimi yüksek alanlarda sıklıkla görülür. Betonarme yüzeylerin difüzyon direnci yüksek olduğundan, nem bu bölgelerde birikmekte ve buharlaşamadığı için kararma, boya dökülmesi, koku ve yüzey deformasyonu gibi belirtiler ortaya çıkmaktadır **[Altun, 2020]**.

Küf oluşumu yalnızca yüzeysel bir sorun değildir; aynı zamanda yapı malzemesinin mikro gözeneklerine nüfuz ederek içten bozulmasına da yol açabilir. Bu süreç, sıva ve boya tabakalarının yapışma mukavemetini azaltır, yüzeyde kabuk atması olarak tanımlanan bozulmaların oluşmasına neden olur. Ayrıca, uzun süreli rutubet varlığı duvarlarda ısı iletim katsayısının artmasına neden olur; bu da enerji verimliliğini düşürür **[Dede vd., 2023]**.

Küf oluşumunun önlenmesi için buhar dengeleyici tabakaların doğru konumlandırılması, havalandırma sürekliliği ve yalıtım kesintisizliğinin sağlanması gerekmektedir. Ayrıca yapı malzemesi seçimi yapılırken buhar difüzyon direnci düşük, nefes alabilir malzemelerin tercih edilmesi, nem konforunun korunmasına katkı sağlar **[Özel ve Kuru, 2021]**.

3.2.4. Sağlık Üzerindeki Etkiler

Nem konforu yalnızca fiziksel bir konfor bileşeni değil, aynı zamanda kullanıcı sağlığını ve yaşam kalitesini doğrudan etkileyen bir çevresel parametredir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre, iç mekân nem oranının %70'in üzerine çıkması, solunum yolu enfeksiyonları ve alerjik rahatsızlıkların görülme sıklığını artırmaktadır **[WHO, 2020]**.

Yüksek nem ortamlarında çoğalan küf mantarları ve toz akarları, özellikle astım ve bronşit gibi kronik hastalıklara sahip bireylerde semptomları ağırlaştırmaktadır **[Yılmaz, 2018]**. Buna ek olarak, nemli ortamlarda CO₂ ve UOB birikimi artar; bu da zihinsel yorgunluk, baş ağrısı ve uyku kalitesinde düşüş gibi dolaylı etkiler yaratabilir.

Tünel kalıplı yapılarda nemin hapsolması sonucu oluşan iç hava dengesizliği, bu sağlık sorunlarının temel nedenlerinden biridir. Bu nedenle bu sistemlerde nem kontrolü, yalnızca yapısal bir gereklilik değil, kentsel yaşam kalitesinin sürdürülebilirliği açısından da önem taşır. Nem kontrolü iyi sağlanamayan yapılarda kullanıcıların konut memnuniyetinin azaldığı ve konut yorgunluğu olarak tanımlanan psikolojik etki görüldüğü çeşitli araştırmalarda belirtilmiştir [Dede vd., 2023].

3.3. İç Hava Kalitesi ve Hava Akışı

İç hava kalitesi (İHK), konutlarda kullanıcı sağlığı ve konforu açısından temel parametrelerden biridir. ASHRAE Standardı 62.1'e göre iç hava kalitesi, iç ortamdaki kirletici konsantrasyonlarının insan sağlığı açısından zararsız düzeylerde tutulması ve havalandırma yoluyla taze hava sağlanmasıyla tanımlanır. İç hava kalitesi, yalnızca havalandırma düzeyiyle değil, aynı zamanda yapı kabuğunun sızdırmazlığı, malzeme seçimleri ve kullanıcı alışkanlıklarıyla da ilişkilidir [Yılmaz, 2018].

Tünel kalıpla üretilmiş toplu konutlarda iç hava kalitesinin belirlenmesinde en kritik faktör, hava akış dengesinin sağlanamamasıdır. Yapının monolitik betonarme strüktürü, duvar içinde doğal difüzyonu sınırlamakta, bu durum da özellikle nemli ortamlarda havadaki kirleticilerin birikmesine yol açmaktadır [Dede vd., 2023]. Ayrıca, yetersiz havalandırma veya hatalı mekanik sistem kullanımı, CO₂ ve UOB iç mekânda birikmesine neden olmaktadır [Mohsenian vd., 2021].

3.3.1. Doğal Havalandırma

Doğal havalandırma, iç ortamdaki kirleticilerin seyreltilmesi ve taze hava girişinin sağlanması için en temel yöntemdir. TS EN 15251 standardına göre konutlarda kişi başına minimum hava değişim oranı 0,35–0,5 ACH (saatlik hava değişim oranı) olmalıdır. Ancak tünel kalıplı konutlarda pencere açıklıkları genellikle modüler sistemle belirlendiğinden, yeterli doğal hava akışı sağlanamamaktadır [Altun, 2020].

Başakşehir bölgesinde yapılan saha ölçümleri, dairelerin ortalama hava değişim oranının 0,23 ACH (saatlik hava değişim oranı) civarında olduğunu göstermiştir. Bu oran, önerilen değerin oldukça altındadır. Özellikle kuzey cephele dairelerde hava

hareketinin yetersiz olması, CO₂ birikimi ve yoğuşma problemlerini beraberinde getirmektedir **[Özel ve Kuru, 2021]**.

Doğal havalandırma, bina kabuğundaki açıklık alanı, pencere tipi ve rüzgâr yönlenmesiyle ilişkilidir. Tünel kalıp sisteminde pencere açıklıklarının çoğunlukla statik modüllere bağlı olması, tasarım esnekliğini kısıtlamakta ve çapraz havalandırma olanaklarını sınırlamaktadır. Bu nedenle iç ortamlarda taze hava sirkülasyonu yetersiz kalmakta, bu da iç hava kalitesini düşürmektedir **[Yılmaz ve Şahin, 2020]**.

3.3.2. Mekanik Havalandırma

Doğal havalandırmanın yetersiz kaldığı durumlarda mekanik havalandırma sistemleri iç hava kalitesini dengeleyen önemli bir bileşendir. Ancak Türkiye’deki birçok toplu konut projesinde mekanik havalandırma sistemleri genellikle yalnızca mutfak ve banyo menfezleriyle sınırlı kalmakta, merkezi sistem kullanılmamaktadır **[Dede vd., 2023]**.

Tünel kalıplı yapılarda mekanik havalandırma sistemlerinin entegrasyonu genellikle taşıyıcı perde duvar yoğunluğu nedeniyle sınırlı olur. Bu nedenle, havalandırma kanallarının döşeme altı veya asma tavan içinde yerleştirilmesi zorlaşmaktadır **[Altun, 2020]**. Bu yapısal sınırlılık, sistemin verimini düşürmekte ve daire içi hava kalitesinde homojenlik sağlamayı zorlaştırmaktadır.

Mekanik havalandırma sistemlerinin enerji performansı da önemlidir. Enerji Geri Kazanımlı Havalandırma (ERV/HRV) sistemleri, atık havadaki ısıнын %60–80’ini geri kazanarak enerji verimliliği sağlar **[Özel ve Kuru, 2021]**. Ancak tünel kalıplı konutlarda bu tür sistemlerin kullanılmadığı, yalnızca basit aspiratörlerle doğal çekişe dayalı sistemlerin tercih edildiği görülmüştür. Bu durum, özellikle kış aylarında iç hava kalitesinin bozulmasına ve yoğuşma sorunlarının artmasına neden olmaktadır.

3.3.3. Hava Sızıntıları ve Enerji Performansı

Hava sızıntısı, yapı kabuğundaki açıklıklardan veya bağlantı detaylarından kontrolsüz hava geçişi olarak tanımlanmakta olup hem ısı hem de akustik konforu olumsuz etkilemektedir. TS EN 12207 standardına göre konutlarda pencere ve kapı sızdırmazlık sınıfının en az Sınıf 3 olması gerekmektedir. Ancak tünel kalıp sistemlerde pencere kasası ile betonarme duvar birleşiminde sızdırmazlık hataları sık görülmektedir [Dede vd., 2023].

Hava kaçakları, özellikle pencere ve lento birleşimlerinde, doğrama çevresindeki montaj hataları ve yetersiz conta uygulamaları nedeniyle ortaya çıkabilmektedir. Bu durum, ısı kayıplarının artmasına, iç mekân sıcaklık farklarının yükselmesine ve kullanıcı konforunun azalmasına yol açmaktadır. Ayrıca, hava sızıntıları nemli havanın soğuk yüzeylere taşınmasına neden olarak yüzeyde nem lekeleri, boya bozulmaları ve yoğuşma riskini artırabilmektedir [Altun, 2020].

Enerji performansı açısından hava sızıntısının azaltılmasıyla %10–15 oranında enerji tasarrufu elde edilebildiği belirtilmektedir [Yılmaz, 2018]. Bu nedenle pencere-duvar birleşimlerinde elastik mastik dolguların ve ısı yalıtımlı montaj bantlarının kullanılması, tünel kalıp sistemlerde konfor performansını artırmak açısından kritik öneme sahiptir [Özel ve Kuru, 2021].

3.3.4. Karbon Dioksit (CO₂) ve Diğer Kirleticiler

İç ortamlarda karbon dioksit (CO₂) seviyesi, havalandırma yetersizliğinin en temel göstergelerindendir. ASHRAE 62.1 standardı, iç mekân CO₂ konsantrasyonunun dış ortam değerinin 700 ppm üzerinde olmamasını önermektedir. Yapılan ölçümler, tünel kalıplı konutlarda CO₂ seviyesinin özellikle akşam saatlerinde 1100–1400 ppm aralığında olduğunu göstermektedir [Dede vd., 2023].

Bu değer, iç ortamlarda havalandırma yetersizliğini açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca yapı içi malzemelerden yayılan UOB, özellikle boya, PVC doğrama ve laminat kaplamalarda daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmakta; bu durum da iç hava kalitesini olumsuz etkilemektedir [Yılmaz, 2018].

İç hava kalitesini etkileyen bir diğer faktör ise CO ve NO₂ gibi yanma kaynaklı kirleticilerdir. Doğalgazla ısıtılan tünel kalıplı konutlarda, kombi bacalarının cephe çıkışlarına yakın pencerelerde bu gazların sızıntısı risk oluşturabilmektedir **[Özel ve Kuru, 2021]**. Bu nedenle özellikle baca çıkış noktalarının yerleşimi ve sızdırmazlık detayları konfor açısından dikkat edilmesi gereken unsurlardır.

İç hava kalitesi, yalnızca fiziksel parametrelerle değil, kullanıcı davranışlarıyla da doğrudan ilişkilidir. Kullanıcıların pencereleri açma sıklığı, havalandırma cihazı kullanımı ve iç mekân bitkilendirmesi gibi alışkanlıklar, tünel kalıplı sistemlerdeki konfor algısını önemli ölçüde değiştirmektedir **[Mohsenian vd., 2021]**.

3.4. İşitsel Konfor

İşitsel konfor, kullanıcıların iç mekânda dış veya iç kaynaklı gürültülerden olumsuz etkilenmeden yaşamlarını sürdürebilme düzeyi olarak tanımlanmaktadır. ISO 15666 standardına göre gürültü, istenmeyen veya rahatsız edici ses olarak nitelendirilir. Gürültüye bağlı rahatsızlık, yalnızca işitme sağlığı üzerinde değil, aynı zamanda psikolojik stres, uyku kalitesi ve yaşam memnuniyeti üzerinde de etkili olmaktadır **[WHO, 2020]**.

Toplu konutlarda işitsel konfor, yapı kabuğunun ses geçiş direnci, malzeme seçimi ve detay çözüm kalitesiyle doğrudan ilişkilidir. Tünel kalıplı sistemde duvar ve döşemelerin betonarme olarak monolitik biçimde üretilmesi, taşıyıcılığın yanı sıra yüksek ses iletimine neden olmaktadır **[Dede vd., 2023]**. Bu durum, özellikle komşu bağımsız bölümler arasındaki duvarlarda düşük ses yalıtım performansı oluşturur.

Türkiye’de Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik (2017), konutlar arası bölme duvarlarda minimum hava doğuşlu ses yalıtım değeri (Rw) 50 dB olmasını şart koşturmaktadır. Ancak tünel kalıplı projelerde yapılan ölçümlerde bu değerlerin ortalama 44–47 dB aralığında kaldığı görülmektedir **[Yılmaz, 2018]**. Bu fark, özellikle komşu dairelerden gelen seslerin duyulmasına neden olmaktadır.

3.4.1. Dış Gürültü Kaynakları

Dış ortam gürültüsü, genellikle trafik, inşaat faaliyetleri, toplu taşıma hatları veya çevredeki ticari alanlardan kaynaklanır. Başakşehir gibi yüksek yoğunluklu yerleşim

bölgelerinde ortalama çevresel gürültü düzeyi gündüz saatlerinde 60–65 dBA, gece ise 55 dBA civarındadır [Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023].

Tünel kalıplı konutlarda perde duvarların kalın olması dış gürültüyü belirli ölçüde azaltabilse de, pencere doğrama detayları ve havalandırma menfezleri zayıf noktalar oluşturmaktadır. PVC doğramalarda kullanılan düşük yoğunluklu fitillerin zamanla deformasyonu, ses sızıntısına neden olmaktadır [Altun, 2020]. Ayrıca, cephe mantolama kalınlığının düşük olması durumunda dış ortam ses dalgalarının betonarme kabuğa iletimi kolaylaşmaktadır.

3.4.2. İç Gürültü Kaynakları

İç kaynaklı gürültüler, yapılarda hem komşu bağımsız bölümlerden iletilen hava doğuşlu seslerden hem de tesisat sistemlerinde oluşan yapısal titreşimlerden kaynaklanmaktadır. Özellikle çok katlı konut yapılarında bitişik dairelerdeki konuşma, televizyon, müzik veya kapı çarpması gibi günlük yaşam sesleri, yapı elemanlarının iletim özelliklerine bağlı olarak diğer hacimlerde duyulabilir hale gelmektedir. Tünel kalıp sistemlerde taşıyıcı perde duvarların sürekliliği ve bütün katlar boyunca kesintisiz bir şekilde devam etmesi, yapının akustik davranışını doğrudan etkilemektedir. Bu yapısal süreklilik, ses dalgalarının duvar yüzeyleri boyunca geniş mesafelere iletilmesini kolaylaştırmakta; özellikle perde duvarlarda yeterli kütle artırımının ve akustik ayırıcı tabakaların bulunmadığı durumlarda komşu dairelerden gelen hava doğuşlu seslerin daha yüksek düzeyde hissedilmesine neden olmaktadır [Yılmaz ve Şahin, 2020].

Tesisat kaynaklı gürültüler ise yapının içindeki boru hatları, şap altı tesisatlar ve sıhhi tesisat donatıları aracılığıyla oluşan titreşimlerden yapı kütesine aktarılan sesleri kapsamaktadır. Su tesisat borularının döşeme altında veya duvar içinde yeterli akustik ayırıcı malzeme olmadan yerleştirilmesi, akış seslerinin ve darbe titreşimlerinin doğrudan yapı elemanlarına geçmesine neden olur. Bu durum, su darbesi, sifon boşalması, basınç değişimi ve boru içinde yön değiştiren su akışlarının oluşturduğu seslerin yapı boyunca yayılmasına zemin hazırlamaktadır. Literatürde, su tesisat hatlarının betonarme yüzeylerle doğrudan temas etmesinin hem titreşimli hem de sürekli akış seslerini artırdığı, bu nedenle boru yüzeyinin elastik veya kauçuk esaslı bir kılıf ile ayrıştırılması gerektiği belirtilmektedir [Özel ve Kuru, 2021].

Tünel kalıp sistemin modüler yapısı, pencere, kapı ve tesisat boşluklarının çoğunlukla standart ölçülere bağlı olarak tasarlanmasına yol açmakta; bu da tesisat hatlarının yerleştirilmesinde esnekliği sınırlamaktadır. Boru güzergâhlarının perde duvarlara yakın veya doğrudan temas edecek şekilde konumlanması, akış kaynaklı seslerin özellikle gece saatlerinde daha belirgin şekilde algılanmasına neden olabilir. Ayrıca perde duvarların yüksek rijitliği, titreşimin duvar yüzeyinde uzun mesafede yayılmasına imkân tanımakta; bu da hem komşu dairelerde şebeke suyu kullanımının işitsel olarak hissedilmesine hem de kendi daire içinde lokal gürültü yoğunlaşmalarına neden olabilmektedir. Bu nedenle tünel kalıp sistemlerde tesisat izolasyonunun doğru malzeme ve detaylarla çözülmesi, işitsel konforun sağlanmasında kritik öneme sahiptir [Yılmaz ve Şahin, 2020].

3.4.3. Ses Yalıtım Malzemeleri ve Performansı

Tünel kalıplı sistemde ses yalıtımı, genellikle duvar yüzeylerine içten uygulanan levha kaplamalarla sağlanmaya çalışılır. Bu levhalar alçıpan, taş yünü panel veya poliüretan bazlı yalıtım malzemeleridir. Yapılan laboratuvar testlerinde, 12,5 mm alçıpan + 15 mm taş yünü kombinasyonunun ses yalıtım direncini yaklaşık 8–10 dB artırdığı belirlenmiştir [Yılmaz, 2018]. Ancak bu performansın sahada elde edilmesi, uygulama kalitesine bağlıdır. Tünel kalıplı konutlarda yüzey pürüzleri, hatalı birleşim derzleri ve sürekli olmayan yalıtım katmanları sesin geçişini kolaylaştırmaktadır [Altun, 2020]. Ayrıca kapı ve pencere kasalarında ses sızdırmaz contalarının eksikliği, toplam yalıtım performansını düşürmektedir.

Son yıllarda bazı toplu konut projelerinde (ör. TOKİ Kayaşehir 22. Bölge) çift duvar arası mineral yün dolgu uygulamasıyla performansın arttığı, bu sayede R_w değerinin 52–54 dB seviyelerine ulaştığı raporlanmıştır [Özel ve Kuru, 2021]. Bu uygulama hem hava doğuşlu ses hem de darbe sesinin azaltılmasında etkili bir çözümdür.

3.4.4. Kullanıcı Algısı ve Gürültüye Bağlı Rahatsızlık

İşitsel konforun değerlendirilmesinde yalnızca fiziksel ses düzeyi ölçümleri değil, kullanıcı algısı ve bireysel duyarlılık da belirleyici bir rol oynamaktadır. Gürültünün algılanma biçimi kişiden kişiye değişmekte olup, özellikle sürekli veya aralıklı maruziyetin uzun sürmesi psikolojik stres, baş ağrısı, dikkat bozukluğu ve uyku

düzensizliği gibi rahatsızlıklara yol açabilmektedir **[WHO, 2020]**. Konutlarda yaşanan gürültü sorunlarının etkisi, kullanıcıların yaşam tarzına, ev içi aktivitelere ve mekânın akustik özelliklerine bağlı olarak daha da hissedilebilir hale gelmektedir.

Yapı içi ses yansımalarının kontrol edilemediği, yankılanma süresinin (reverberasyon) uzun olduğu mekânlarda konuşma seslerinin anlaşılabilirliği azalmakta ve gürültü daha rahatsız edici bir nitelik kazanmaktadır. Boş veya yeterli ses yutucu yüzeye sahip olmayan mekânlarda sesin geri yansımaları artmakta, bu durum kullanıcıların iç mekândaki akustik konfor algısını olumsuz etkilemektedir **[Mohsenian vd., 2021]**.

Özellikle küçük çocuk bulunan hanelerde veya evde uzun süre vakit geçirilen mekânlarda gürültüye bağlı rahatsızlık düzeyinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir.

Kullanıcı algısının şekillenmesinde yalnızca gürültü şiddeti değil, gürültünün kaynağı, tekrarlama sıklığı, zamanı ve kontrol edilebilme imkânı da önemlidir. Komşu daireden gelen konuşma veya darbe sesleri, trafik gibi dış kaynaklı gürültülere kıyasla daha fazla rahatsızlık oluşturabilmekte; çünkü bu sesler kullanıcı tarafından daha kişisel bir müdahale olarak algılanmaktadır. Literatürde, iç mekândaki anlaşılabilir konuşma seslerinin mahremiyet algısını zayıflattığı ve bu nedenle kullanıcı memnuniyetini ciddi biçimde düşürdüğü vurgulanmaktadır **[Yılmaz, 2018]**.

Bu bağlamda, tünel kalıp sistemlerde kullanıcı memnuniyetini artırmak için duvar elemanları arasına yerleştirilen ses yutucu katmanlar, zemin şap altı ses yalıtımı ve akustik kaplama malzemeleri gibi iyileştirici uygulamaların bütüncül şekilde ele alınması gerekmektedir. Bu tür tasarım önlemleri hem yapısal hem de davranışsal gürültülerin azaltılmasına katkı sağlayarak iç mekân akustik konforunu iyileştirmektedir **[Altun, 2020]**.

3.5. Yalıtım ve Konfor Koşullarını Etkileyen Faktörler

Tünel kalıp sisteminde konfor koşullarının sağlanması yalnızca yapısal özelliklerle değil, kullanılan malzeme kalitesi, uygulama yöntemi, işçilik disiplini ve iklim

koşullarıyla da doğrudan ilişkilidir. Isı, ses ve nem yalıtımında hedeflenen performansa ulaşmak, sistemin bütüncül olarak tasarlanmasına bağlıdır. **Yılmaz, 2018 ve Altun, 2020** yaptığı çalışmalarda bu faktörlerin her birinin ayrı ayrı incelenmesi gerektiğini, aksi takdirde sistemin beklenen enerji ve konfor performansına ulaşamayacağını vurgulamaktadır. Aşağıda bu faktörler üç ana başlık altında değerlendirilmiştir: malzeme seçimi, uygulama tekniği ve iklim/çevresel faktörler.

3.5.1. Malzeme Seçimi

Yalıtım performansı, büyük ölçüde kullanılan malzemenin ısı iletkenlik katsayısı (λ), yoğunluğu, su buharı difüzyon direnci (μ) ve akustik emilim katsayısı (α) gibi özelliklerine bağlıdır. Tünel kalıp sisteminde hem dıştan mantolama hem iç mekân ses yalıtımı için farklı malzeme türleri kullanılmaktadır.

3.5.1.1. Isı Yalıtım Malzemeleri

Isı yalıtımında en sık kullanılan malzemeler EPS (genleştirilmiş polistiren), XPS (ekstrüde polistiren) ve taş yünüdür. EPS ve XPS malzemeler düşük λ değeri (0.030–0.035 W/mK) sayesinde etkili ısı yalıtımı sağlar; ancak su buharı geçirgenliği düşüktür. Taş yünü ise λ değeri 0.036–0.040 W/mK olmasına rağmen nefes alabilirliği yüksektir ve yangına dayanıklıdır [**Yılmaz, 2018**].

Tünel kalıplı konutlarda yapılan incelemelerde, EPS levhaların daha yaygın tercih edildiği, ancak taş yünü uygulamalarının enerji verimliliği ve yangın güvenliği açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir [**Dede vd., 2023**]. EPS levhaların montajında hatalı dübelleme veya aralık bırakılması durumunda ısı köprüleri oluşmakta, bu da ısı konforu olumsuz etkilemektedir [**Altun, 2020**].

3.5.1.2. Ses Yalıtım Malzemeleri

Ses yalıtımında kullanılan temel malzemeler taş yünü, cam yünü, akustik sünger, poliüretan ve kauçuk esaslı levhalardır. Taş yünü ve cam yünü lifli yapıları sayesinde hava doğuşlu sesleri sönümlemede etkilidir. Akustik sünger ve kauçuk levhalar ise darbe seslerinin zemin ve duvarlardan iletimini azaltır [**Özel ve Kuru, 2021**].

Tünel kalıplı sistemde ses yalıtımının zorlaşmasının nedeni, duvarın tek katmanlı ve rijit olmasıdır. Bu nedenle ara yüzeylere yerleştirilen akustik ara tabakalar önem taşır. Özellikle daireler arası duvarlarda çift alçıpan ve taş yünü dolgulu sistemler uygulanarak 8–10 dB’lik performans artışı elde edilebilmektedir [Yılmaz ve Şahin, 2020].

3.5.1.3. Nem Kontrol Malzemeleri

Nem kontrolünde buhar denge katmanları, nefes alabilir membranlar ve hidrofobik sıva katkıları etkili çözümler sunar. TS EN ISO 13788 standardı, duvarlarda buhar difüzyon direncinin duvar boyunca dışa doğru azalması gerektiğini belirtir. Ancak tünel kalıplı yapılarda betonarme yüzeyin difüzyon direnci ($\mu \approx 80\text{--}100$) yüksek olduğu için, bu katmanın üzerine nefes alabilir mantolama sistemleri uygulanmalıdır [Altun, 2020].

Başakşehir konutlarında yapılan saha gözlemleri, nefes almayan yalıtım katmanlarının kullanıldığı dairelerde yoğunlaşma ve küf oluşumunun daha yaygın olduğunu göstermektedir [Dede vd., 2023]. Bu nedenle malzeme seçiminde yalnızca ısı değeri değil, nem geçirgenlik dengesi de göz önünde bulundurulmalıdır.

3.5.2. Uygulama Tekniği

Tünel kalıp sisteminde yalıtım uygulama tekniği, yapı kabuğunun ısı, ses ve nem performansını belirleyen temel unsurlardan biridir. Monolitik betonarme sistemin sunduğu yüksek rijitlik ve yüzey bütünlüğü, yalıtım malzemelerinin doğru uygulanmadığı durumlarda performans kayıplarının daha belirgin şekilde ortaya çıkmasına neden olur. Beton yüzeylerin aderans özellikleri, birleşim geometrileri, perde–döşeme kesitleri, pencere–duvar arayüzleri ve tesisat geçiş noktaları; yalıtım uygulama tekniğinin başarısını doğrudan etkileyen kritik bölgeler olarak tanımlanmaktadır [Altun, 2020].

Yalıtım uygulamalarının etkin olabilmesi için yüzey hazırlığının uygun şekilde yapılması, malzemelerin üretici talimatlarına uygun kesilmesi, levhaların sürekliliğinin sağlanması ve birleşim noktalarının sızdırmazlık esaslarına göre düzenlenmesi gerekir. Tünel kalıp sistemlerin hızlı üretim mantığı, yalıtım

aşamasında hassasiyet gerektiren detayların çoğu zaman göz ardı edilmesine neden olabilir. Bu nedenle uygulama tekniği; doğru malzeme seçimini, düzenli kontrol mekanizmalarını, detayların bütüncül bir yaklaşımla çözülmesini ve uygulama sırasındaki kalite sürekliliğini zorunlu kılmaktadır [Özel ve Kuru, 2021].

3.5.2.1. Tünel Kalıp Detaylarının Uygulamadaki Sorunları

Tünel kalıp sistemine özgü en önemli sorunlardan biri, geniş yüzeyli betonarme duvarlarda yalıtım malzemelerinin aderansının zamanla zayıflamasına yol açan yüzey pürüzlülüğü eksikliğidir. Yüzey hazırlığının yetersiz olması, mantolama levhalarının yüzeye tam temas etmemesine, boşluk oluşmasına ve ısı köprülerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum, özellikle dış cephe mantolama uygulamalarında uzun dönemli performans kaybına yol açan temel etkenlerden biri olarak değerlendirilmektedir [Dede vd., 2023].

Perde-döşeme birleşimlerinde ısı köprüsü oluşma riski yüksektir ve bu bölgelerin doğru detaylandırılmaması yoğuşma, yüzey nemi ve küf oluşumu gibi sorunlara neden olabilir. Ayrıca modüler üretim sisteminin getirdiği ölçü sınırlamaları, pencere açıklıkları ve parapet yüksekliklerinde esnekliği azaltarak yalıtımın sürekliliğinin bozulduğu nokta sayısını artırmaktadır. Yalıtım malzemelerinin kesintiye uğradığı bu bölgeler, hem enerji performansını hem de kullanıcı konforunu olumsuz etkileyen zayıf noktalar haline gelmektedir.

İç mekân yalıtımında görülen benzer bir sorun, alçıpan bölme duvarlarda karkas aralıklarının standartlara uygun olmaması ve mineral yün gibi yutucu malzemelerin yüzeye tam oturmamasıdır. Bu tür hatalar hem hava doğuşlu hem darbe kaynaklı seslerin yapıda daha kolay iletilmesine neden olur. Tesisat geçişlerinde boruların betonarme yüzeylere temas etmesi de titreşim kaynaklı seslerin tünel kalıp sistemde geniş alana yayılmasına sebep olan önemli bir uygulama sorunu olarak öne çıkmaktadır [Yılmaz, 2018].

3.5.2.2. İşçilik ve Uygulama Kalitesi

İşçilik kalitesi, yalıtım uygulamalarında performansın sürekliliğini belirleyen en kritik faktörlerden biridir. Uygulama esnasında yapılan hatalar; yanlış malzeme kesimi, düzensiz dübelleme, file kaplamanın yetersiz uygulanması, derz

boşluklarının tam doldurulmaması veya levhaların yüzeye eşit basınçla oturtulmaması şeklinde ortaya çıkabilir. Bu tür uygulama sorunları, yalıtım katmanlarının bütünlüğünü bozarak hem ısı performansını hem de akustik konforu önemli ölçüde düşürmektedir. Yapılan çalışmalar, yetersiz işçilik nedeniyle oluşan uygulama hatalarının yalıtım performansında ciddi kayıplara neden olduğunu ortaya koymaktadır [Yılmaz, 2018].

Şap altı ısı ve ses yalıtımında görülen işçilik hataları da benzer şekilde performans düşüklüğüne yol açmaktadır. Tesisat borularının çevresinin düzensiz kesilmesi, yalıtım levhalarının sürekliliğini bozmakta ve hem darbe sesi hem ısı kaybını artıran zayıf noktalar oluşturmaktadır. Tünel kalıp sistemlerde betonarme elemanların rijit yapısı nedeniyle bu tür uygulama hataları daha geniş yüzeylere yayılan rahatsızlıklara dönüşebilir.

Uygulama ekiplerinin teknik bilgi eksikliği, yetersiz saha denetimi ve üretici talimatlarına uyulmaması, yalıtımın istenen performansı sağlayamamasının temel nedenleri arasında yer almaktadır. Denetim eksikliğinin yalıtım performansındaki bozulmanın temel nedenlerinden biri olduğu çeşitli araştırmalarda belirtilmektedir [Dede vd., 2023].

3.5.3. İklim ve Çevresel Faktörler

İklim ve çevresel faktörler, tünel kalıp sistemlerinde yalıtım performansını ve uygulama kalitesini doğrudan etkileyen temel parametreler arasındadır. Farklı iklim bölgelerinde görülen sıcaklık farkları, bağıl nem düzeyleri, güneşlenme süresi ve rüzgâr etkisi; yapı kabuğunda ısı gerilmeleri artırarak yalıtım malzemelerinin davranışını belirleyen kritik unsurlar haline gelmektedir. Özellikle yaz-kış sıcaklık değişiminin yüksek olduğu bölgelerde betonarme yüzeylerde oluşan genleşme ve büzülme hareketleri, mantolama levhalarının yapışma yüzeyindeki gerilmeleri artırarak zaman içinde ayrılma, çatlama veya yüzey bozulması gibi performans kayıplarına neden olabilmektedir [Altun, 2020]. Bu nedenle yalıtım katmanlarının yüksek sıcaklık farklarına dayanıklı, elastik davranış gösteren yapıştırıcı ve katmanlarla desteklenerek uygulanması büyük önem taşımaktadır.

Nem ve yağış koşulları da yalıtım performansını etkileyen bir diğer kritik faktördür. Yoğun yağış alan bölgelerde dış cephe yüzeylerinin yeterli koruma sağlamaması, yalıtım levhalarının arka yüzeylerinde nem birikimine ve zamanla küf oluşumuna neden olabilmektedir. Nem hareketinin kontrol altına alınmadığı durumlarda, özellikle perde-döşeme birleşimlerinde kapılar su geçişi meydana gelmekte ve bu durum ısı kaybını artıran zayıf noktalar oluşturmaktadır. Yalıtım uygulamalarında yüzey hazırlığının uygun yapılması, su iticilik özellikleri yüksek kaplama sistemlerinin kullanılması ve birleşim noktalarında sızıntıya karşı tam koruma sağlanması bu nedenle büyük önem taşır **[Özel ve Kuru, 2021]**.

Rüzgâr yükü ve güneş ışıınımı ise yapı kabuğuna gelen dış etkilerin başında gelir. Rüzgâr basıncı, özellikle yüksek katlı tünel kalıp yapılarda cephe mantolamasının yüzeye temasını zorlayan bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Yanlış dübelleme, düşük yoğunluklu yapıştırıcı kullanımı veya yetersiz mekanik sabitleme, rüzgârın etkisiyle levhaların yüzeyden ayrılmasına ve cephe boyunca süreksizlik oluşmasına neden olabilir. Güneş ışıınının yoğun olduğu bölgelerde ise yüzey sıcaklıklarının gün içinde aşırı değişmesi, özellikle koyu renkli kaplama sistemlerinde daha belirgin gerilmelere yol açarak yalıtım katmanlarının zamanla deformasyona uğramasına neden olabilmektedir **[Yılmaz, 2018]**.

Ayrıca, çevresel kirlilik ve hava kalitesi de dış cephe malzemelerinin dayanımını etkileyen dolaylı bir faktördür. Endüstriyel bölgelerde veya trafik yoğunluğunun yüksek olduğu alanlarda havadaki kirleticiler, özellikle mantolama yüzeyindeki kaplamaların kimyasal dayanımını azaltmakta; uzun vadede yüzey bozulmaları, renk solmaları ve kaplama çatlakları gibi sorunlara yol açabilmektedir. Bu tür çevresel etkiler, tünel kalıp sistemlerde kullanılan dış cephe kaplama malzemelerinin seçimini daha kritik hale getirmekte; yüksek dayanımlı, UV resistanslı ve düşük su emme özelliğine sahip kaplamaların tercih edilmesini zorunlu kılmaktadır **[Dede vd., 2023]**.

İklimsel etkilerin bu kadar belirleyici olması, uygulama sırasında doğru malzeme seçiminin yanı sıra uygun hava koşullarının sağlanmasını da gerektirir. Aşırı sıcak veya aşırı soğuk hava koşullarında yapılan uygulamalar, yapıştırıcıların kurlenme sürecini olumsuz etkileyerek yalıtım performansını düşürebilir. Benzer şekilde yüksek nem oranı, yüzey aderansını zayıflatan bir faktör olarak uygulama kalitesini

düşürmektedir. Bu nedenle uygulama ekiplerinin hava koşullarına uygun çalışma planı hazırlaması, yalıtım katmanlarının bütüncül performansı açısından önem taşımaktadır [**Altun, 2020**].

4. TÜNEL KALIP SİSTEMLİ KONUTLARDA KONFOR KOŞULLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

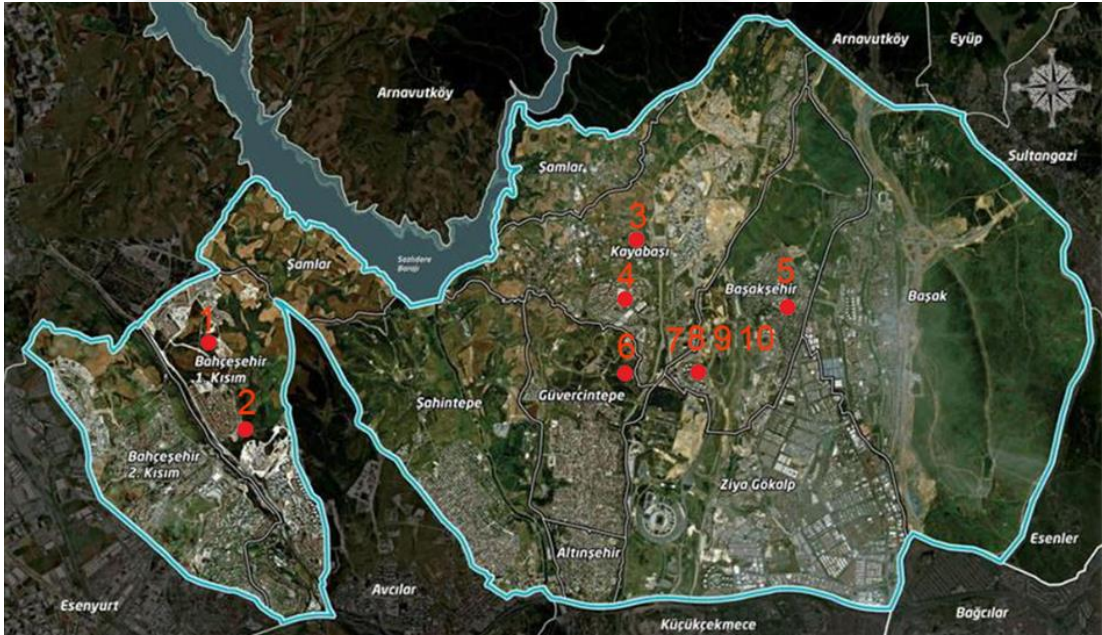
Tez çalışmasında araştırma alanı olarak tünel kalıp sistemi ile inşa edilmiş toplu konut projeleri seçilmiştir. Bu kapsamda, söz konusu yapım sistemi ve uygulama süreçlerinde görev alan proje ekibi ile bu yapılarda ikamet eden kullanıcıların, yapıların yalıtım ve konfor koşullarına ilişkin değerlendirmelerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Toplu konut alanlarının seçilme nedeni, Türkiye’de tünel kalıp sisteminin Türkiye’de en yoğun olarak uygulandığı konut üretim biçimi olması ve bu yapı tiplerinin tekrarlı plan organizasyonları sayesinde konfor koşullarının farklı yapılarda karşılaştırmalı biçimde incelenmesine olanak tanımasıdır. Ayrıca bu sistem, kısa sürede üretim yapılmasına, maliyetin azalmasına ve yapısal dayanımın artırılmasına katkı sağlamakta, bu nedenle özellikle kamu eliyle yürütülen büyük ölçekli konut projelerde tercih edilmektedir **[Balkaya ve Kalkan, 2004; Dede, Karahan ve Altun, 2023; TS 825, 2013]**.

Bu çalışmada, tünel konut sistemi ile inşa edilmiş toplu konutlarda yaşayan kullanıcıların deneyimleri ve proje ekibinin görüşleri anket yöntemiyle değerlendirilmiştir. Anket formu; tünel kalıp sistemiyle üretilen konutlarda yalıtım ve konfor koşullarını değerlendirmeye yönelik sorulardan oluşturulmuştur. Katılımcılara, yüz yüze görüşmeler ve çevrim içi platformlar aracılığıyla ulaşılmıştır. Elde edilen veriler, SPSS-27 istatistik analiz programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Kullanıcı anketlerinde tanımlayıcı istatistikler (frekans ve yüzde dağılımları) ile genel eğilimler ortaya konmuş, ardından değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla ki-kare (χ^2) testi uygulanmıştır. Anlamlılık düzeyi $\alpha = 0,05$ olarak kabul edilmiş, $p < 0,05$ değerleri istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar olarak değerlendirilmiştir. Bu analizlerin amacı, kullanıcıların demografik özellikleri, bina fiziksel özellikleri ve kullanım alışkanlıklarının yapıların ısı, ses ve nem konforu algısı üzerindeki etkilerini belirlemektir. Böylece elde edilen bulgular, tünel kalıplı konutlarda yalıtım performansını artırmaya ve kullanıcı konforunu

iyileştirmeye yönelik mimari tasarım ve uygulama önerilerin geliştirilmesine temel oluşturmuştur.

4.1. Çalışma Alanının Belirlenmesi

Çalışma alanı, İstanbul ilinin Avrupa Yakası'nda yer alan Başakşehir ilçesi olarak belirlenmiştir. Başakşehir, günümüzde 500.000'i aşan nüfusu ile İstanbul'un en hızlı gelişen ve planlı yapılaşma örneklerinin yoğunlaştığı bölgelerden biridir [TÜİK, 2022]. Başakşehir'in çalışma alanı olarak seçilmesinin temel nedeni, tünel kalıp sistemiyle üretilmiş toplu konut projelerinin İstanbul'daki en yoğun uygulama alanlarından biri olmasıdır. Özellikle son yirmi yılda TOKİ ve Emlak Konut GYO tarafından gerçekleştirilen büyük ölçekli projeler, ilçenin hem fiziksel çevresini hem de sosyodemografik yapısını belirgin şekilde etkilemiştir [Çelik, 2019]. Bu açıdan Başakşehir, İstanbul'un diğer bölgelerine kıyasla tünel kalıp sistemiyle inşa edilen konut sayısının fazlalığı ve bu konutların farklı sosyoekonomik grupları barındırması nedeniyle araştırma için örneklem çeşitliliği sağlamaktadır.

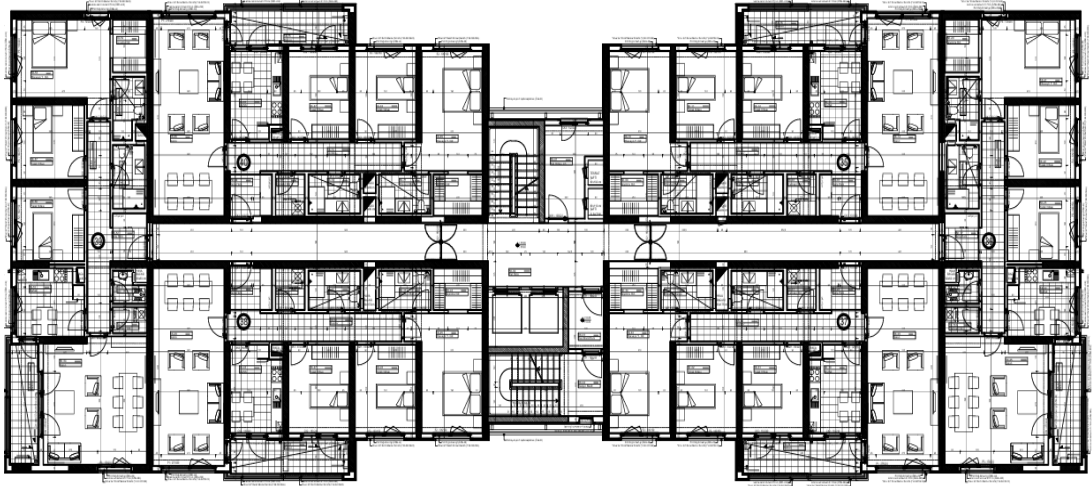


Şekil 4.1: Başakşehir ilçesinde tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş ve araştırma kapsamında değerlendirilen toplu konut projelerinin konumları [Başakşehir belediyesi arşivi, 2025].

Saha çalışması kapsamında yer alan ve tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş toplu konut projelerinin konumları **Şekil 4.1**'de gösterilmektedir. Harita üzerindeki numaralar, araştırmada yer alan projeleri ifade etmektedir:

1. Bahçekent Flora (Emlak Konut)
2. Akzirve Strada Bahçeşehir
3. TOKİ 22. Bölge Kayaşehir
4. KİPTAŞ Kayabaşı Konutları
5. Başakşehir Kiptaş Evleri
6. Kayapark Sakura Evleri
7. Bulvar İstanbul Evleri (Emlak Konut)
8. Bahçetepe İstanbul Evleri
9. Nidapark Başakşehir (Tahincioğlu)
10. Medikule İstanbul

TOKİ 22. Bölge Kayaşehir toplu konut alanına ait kat planı ve görünüşü **Şekil 4.2** ve **Şekil 4.3**'te verilmektedir.

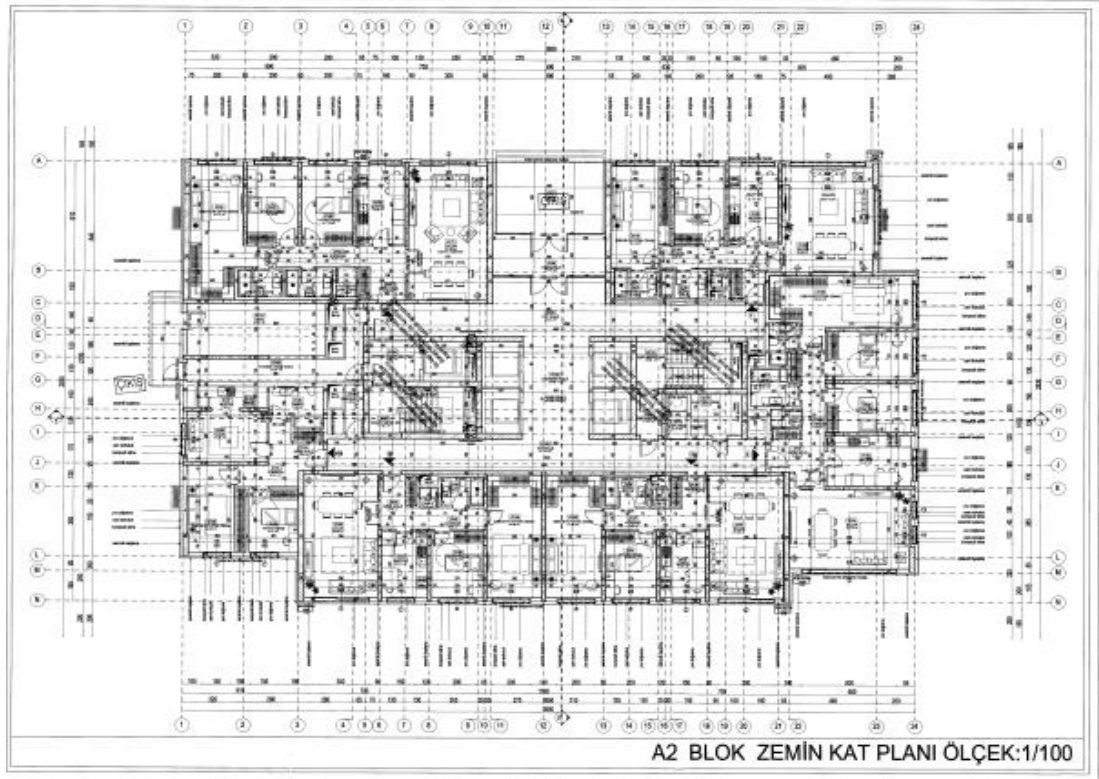


Şekil 4.2: TOKİ 22.Bölge Kayaşehir toplu konut alanına ait kat planı [Ekap, 2021].



Şekil 4.3: TOKİ 22. Bölge Kayaşehir toplu konut alanı genel görünüşü [Arkitera, 2023].

Bulvar İstanbul toplu konut alanına ait kat planı ve ve görünüşü Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te verilmektedir.



Şekil 4.4: Bulvar İstanbul evleri toplu konut alanına ait kat planı [Başakşehir Belediyesi, 2013].



Şekil 4.5: Bulvar İstanbul evleri toplu konut alanı genel görünüş [**Emlak Konut, 2013**].

Başakşehir ilçesinde tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş toplam 10 adet toplu konut alanı araştırma kapsamına alınmıştır. Bu projeler arasında Bahçekent Flora (Emlak Konut), Akzirve Strada Bahçeşehir, TOKİ 22. Bölge Kayaşehir, KİPTAŞ Kayabaşı Konutları, Başakşehir Kiptaş Evleri, Kayapark Sakura Evleri, Bulvar İstanbul Evleri (Emlak Konut), Bahçetepe İstanbul Evleri (Emlak Konut), Nidapark Başakşehir (Tahincioğlu) ve Medikule İstanbul yer almaktadır. Projelerin tez kapsamında seçilmesinde, birbirinden farklı malzeme türleri, yalıtım çözümleri, cephe yönlenmeleri, yoğunluk değerleri, trafik etkisi ve yapım dönemleri açısından çeşitlilik sunmaları belirleyici olmuştur. Böylece çalışma kapsamında tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş konutların konfor performansını karşılaştırmaya olanak veren temsiliyeti yüksek bir grup oluşturulmuştur.

Projelere ilişkin teknik incelemeler, dış cephe mantolaması, doğrama türleri ve iç bölme duvar çözümlerinde dikkat çekici farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Bahçekent Flora ve Bahçetepe İstanbul Evleri'nde daha kalın mantolama tabakaları uygulanırken, Bulvar İstanbul Evleri ve Medikule İstanbul'da ince mantolama sistemleri tercih edilmiştir [**Emlak Konut, 2019**]. Doğrama türlerinde de belirgin bir değişkenlik bulunmaktadır; Nidapark Başakşehir ve Akzirve Strada Bahçeşehir'de alüminyum doğramalar kullanılırken, TOKİ 22. Bölge Kayabaşı'nda PVC doğrama sistemleri uygulanmıştır [**TOKİ, 2020**]. İç bölme duvarlarında Bahçekent Flora, Kayapark Sakura Evleri ve Bahçetepe İstanbul Evleri yüksek yoğunluklu

malzemelerle öne çıkarken, Nidapark Başakşehir’de orta–yüksek yoğunluklu dolgu kullanıldığı görülmektedir **[Dağ Mühendislik, 2021]**. Bu teknik çeşitlilik, çalışma alanını oluşturan projelerin konfor performanslarının karşılaştırılması açısından zengin bir değerlendirme zemini sunmaktadır.

Çevresel konum ve cephe yönlenmesi, ısı davranış ve güneş kazanımı üzerinde belirleyici olduğu için çalışma alanı belirlenirken dikkate alınan temel parametreler arasında yer almıştır. Bahçekent Flora, Nidapark Başakşehir ve Bahçetepe İstanbul Evleri, güney–doğu yönelimli blok yerleşimleriyle güneşten maksimum yararlanmayı hedefleyen bir düzenlemeye sahiptir **[Emlak Konut, 2019]**. Buna karşılık Medikule İstanbul ve Bulvar İstanbul Evleri, kuzey cephe oranının yüksek olması nedeniyle ısı kaybı açısından daha dezavantajlı bir konumda bulunmaktadır **[Makro–Akyapı, 2018]**. Akzirve Strada Bahçeşehir ile Kayapark Sakura Evleri dengeli cephe yönlenmeleri sunarken, TOKİ 22. Bölge Kayabaşı’nın geniş yerleşim düzlemi farklı yönlerde bakan cephelerin oluşmasına neden olmakta ve proje içi ısı davranış farklılıklarını artırmaktadır **[TOKİ, 2020]**.

Çalışma alanı belirlenirken projelerin yakın çevresindeki trafik yoğunluğu da değerlendirilmiştir. Bahçekent Flora, Bahçetepe İstanbul Evleri, Akzirve Strada Bahçeşehir ve Kayapark Sakura Evleri TEM bağlantı yollarına yakın olmalarına rağmen geniş akslar üzerinde konumlandıkları için gün içi trafik baskısı orta düzeydedir **[İBB Ulaşım Daire Başkanlığı, 2023]**. Bulvar İstanbul Evleri ve Medikule İstanbul ise Atatürk Bulvarı ve Bahçeşehir–Başakşehir Bağlantı Yolu gibi ana arterlere yakınlıkları nedeniyle özellikle pik saatlerde yüksek trafik yoğunluğu yaşamaktadır **[İBB Trafik Yoğunluk Haritası, 2022]**. TOKİ 22. Bölge Kayabaşı’nda trafik daha çok iç yerleşim yollarına dağılmakta, bu nedenle dış yol trafiğinin etkisi azalmaktadır **[Başakşehir Belediyesi Ulaşım Birimi, 2023]**. Nidapark Başakşehir ise toplu ulaşım noktalarına ve ana arterlere yakınlığı nedeniyle sabah–akşam saatlerinde artan trafik hareketliliğinden etkilenmektedir **[Ulaşım Yatırımları Genel Müdürlüğü, 2021]**. Bu çevresel farklılıklar, yapıların dış gürültü düzeyleri ve buna bağlı işitsel performans açısından çalışma alanına önemli bir değişken kazandırmıştır.

Bu çalışmada ele alınan 10 konut alanına ilişkin trafik etkisi, malzeme özellikleri, cephe yönlenmeleri ve çevresel koşullara dair bilgiler; yürütülen saha çalışması

kapsamında yapılan yerinde gözlemler, proje dokümanlarının değerlendirilmesi ve yerleşim planlarının analiz edilmesi yoluyla belirlenmiştir.

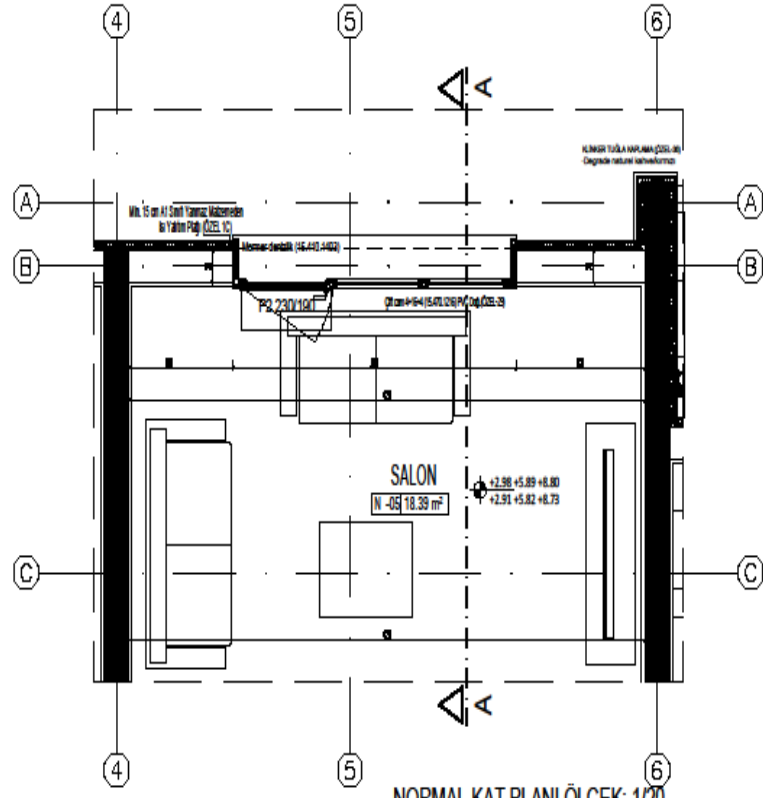
4.2. Veri Toplama Teknikleri

Bu çalışmada, tünel kalıp sistemiyle üretilmiş toplu konutlarda yalıtım ve konfor koşullarının incelenmesine yönelik olarak nitel veri toplama tekniklerinden yararlanılmıştır. Veri toplama sürecinde, yapıların tasarım sürecinde öngörülen çözümler ile uygulama ve kullanım aşamasındaki durumların birlikte ele alınması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, veri toplama süreci doküman ve proje incelemesi ile saha gözlemi olmak üzere iki ana aşamada yürütülmüştür. Belirlenen veri toplama teknikleri, tünel kalıp sistemine özgü yapım özelliklerinin; deprem dayanımı, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, nem konforu, iç hava kalitesi ve işitsel konfor ile ilişkili mekânsal ve yapısal bileşenler üzerinden değerlendirilmesine olanak sağlayacak şekilde kurgulanmıştır. Bu iki aşama, birbirini tamamlayıcı nitelikte ele alınmış ve çalışmanın ilerleyen bölümlerinde gerçekleştirilen değerlendirmelere altlık oluşturmıştır.

4.2.1. Doküman ve Proje İncelemesi

Doküman ve proje incelemesi kapsamında, tünel kalıp sistemiyle üretilmiş toplu konut projelerinde yer alan mimari ve yapısal detayların yalıtım ve konfor koşullarıyla olan ilişkisi değerlendirilmiştir. Bu inceleme sürecinde, yapı elemanlarının tasarım aşamasında öngörülen çözümleri üzerinden, özellikle yapı kabuğu ve bağımsız bölümler arasındaki ayırıcı elemanlara odaklanılmıştır.

Şekil 4.6'da Kayabaşı TOKİ projesine ait normal kat planında salon mekânına ilişkin iç mekân konforunu etkileyen yapı bileşenleri gösterilmektedir. Döşeme katmanları içerisinde ses yalıtımı, tesviye tabakası, şap ve laminat parke uygulamaları tanımlanmış; duvar ve tavan yüzeylerinde iç sıva, saten alçı ve su bazlı boya katmanları uygulamada kullanılmıştır. Bu bileşenler, mekânın işitsel konforu ile iç yüzey kaplamalarına bağlı kullanım koşullarını tanımlayan yapı elemanlarını ortaya koymaktadır.

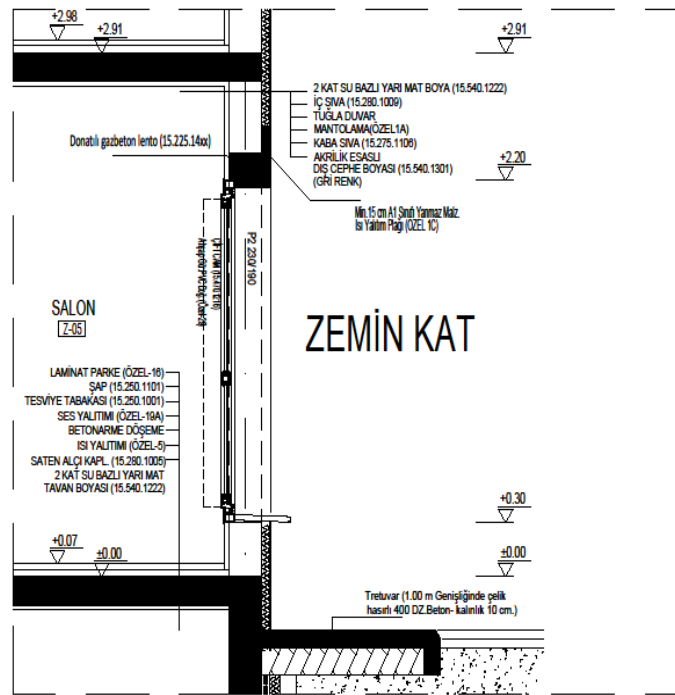


SALON

- Döşeme** :Ses yalıtımı (ÖZEL-19A)+ Tesviye tabakası (15.250.1001)+ Şap (15.250.1101)+ Laminat parke (ÖZEL-16)+ Koridor birleşimlerine alüminyum geçiş profili (15.365.1752)
- Duvar** :İç sıva (15.280.1009)+ 2 kat su bazlı yarı mat boya (15.540.1222)
- Tavan** :Saten alçı (15.280.1005/A)+ 2 kat su bazlı yarı mat tavan boyası (15.540.1222)
- Süpürgelik** :10 cm yüksekliğinde kapı pervazı renginde ve genişliğinde MDF üzeri PVC kaplama süpürgelik

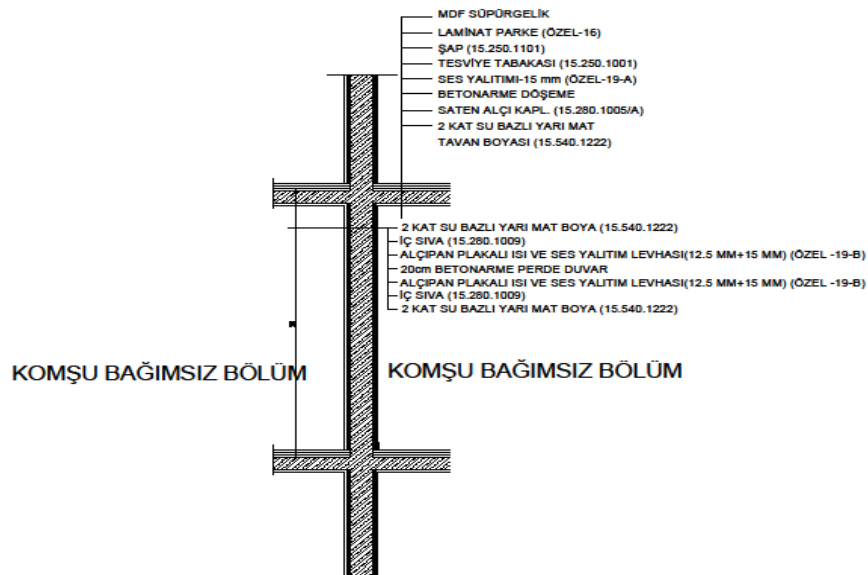
Şekil 4.6: Kayabaşı Toki projesi normal kat planı [Ekap, 2021].

Şekil 4.7’de Kayabaşı TOKİ projesine ait cephe sistem detayı gösterilmektedir. Detayda iç mekân döşeme katmanlarının laminat parke, şap, tesviye tabakası, ses yalıtımı, betonarme döşeme ve ısı yalıtımından oluştuğu; iç yüzeylerde ise saten alçı kaplama ve su bazlı boya uygulamalarının yer aldığı görülmektedir. Tanımlanan bu katmanlaşma, tünel kalıp sistemli toplu konutlarda ısı ve işitsel konfor koşullarının oluşumunda etkili olan yapı bileşenlerini ortaya koymakta ve iç mekân konforunun yapı kabuğu ve döşeme bileşenleriyle ilişkisini göstermektedir.



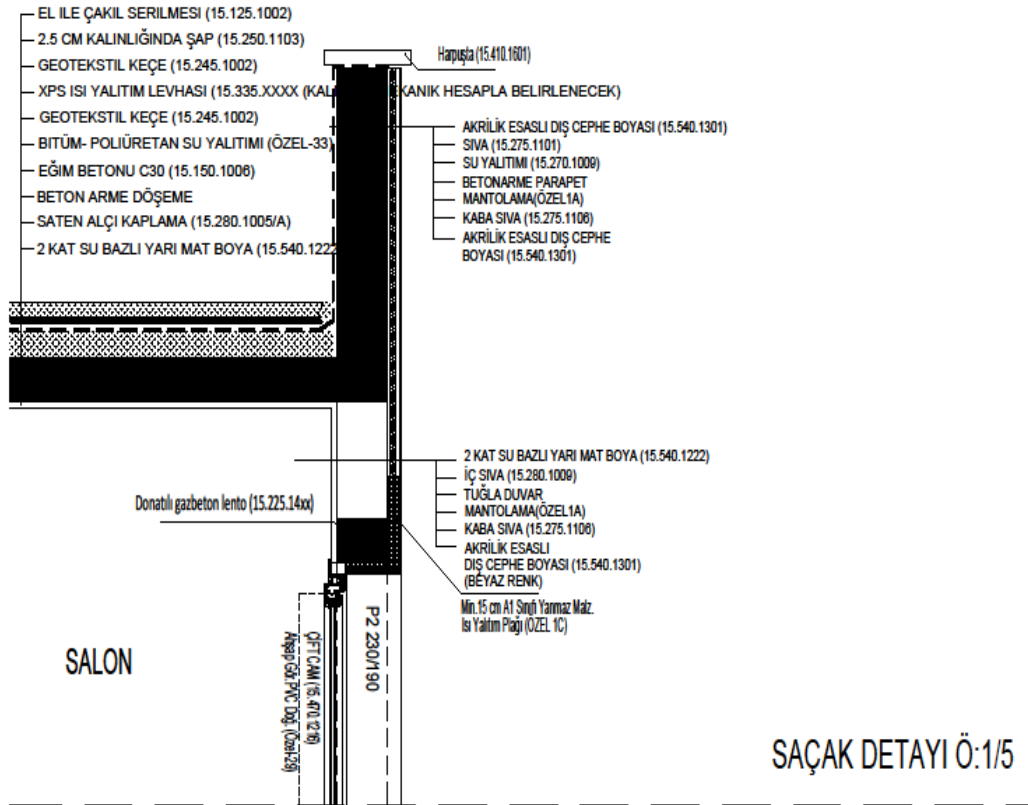
Şekil 4.7: Kayabaşı Toki projesi cephe sistem kesiti [Ekap, 2021].

Şekil 4.8’de, tünel kalıp sistemiyle üretilmiş yapılarda komşu bağımsız bölümler arasındaki ortak duvarlar değerlendirilmiştir. İki ayrı bağımsız bölüm arasındaki ortak duvara ait ısı ve ses yalıtımı tip detayı, konfor koşullarıyla olan ilişkisi çerçevesinde ele alınmıştır.



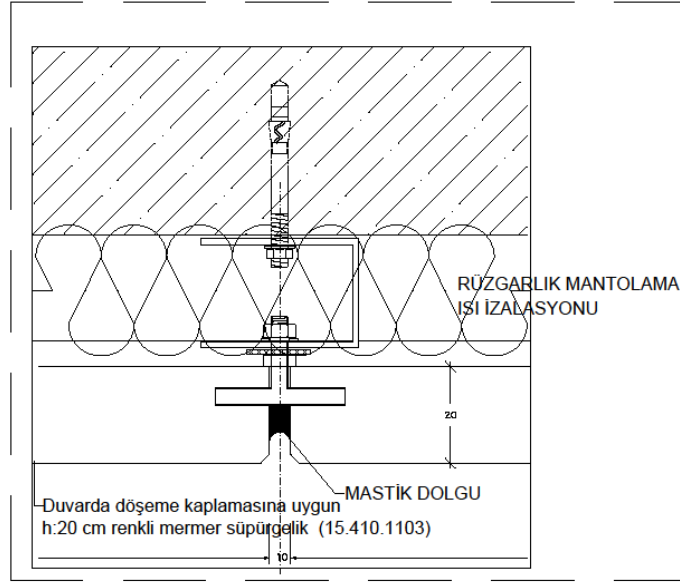
Şekil 4.8: Kayabaşı Toki projesi iki ayrı bağımsız bölüm ses ve ısı yalıtım tip detayı [Ekap, 2021].

Şekil 4.12’de yapı üst örtüsüne ilişkin saçak çözümleri incelenmiştir. Saçak detayları, cephe boyunca yalıtım sürekliliğinin sağlanması ve dış çevre koşullarının yapı kabuğu üzerindeki etkilerinin sınırlandırılması açısından önemli bir yapı elemanı olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda, saçak detay çizimi incelenerek yalıtım katmanlarının konumlanması ve birleşim noktaları değerlendirilmiştir.



Şekil 4.12: Kayabaşı Toki projesi saçak detay çizimi [Ekap, 2021].

Şekil 4.13’de, tünel kalıp sistemiyle üretilmiş Kayabaşı TOKİ projesine ait yalıtım konstrüksiyonlu mermer uygulama detayı gösterilmektedir. Detayda dış cephede mantolama ısı yalıtımı, taşıyıcı bağlantı elemanları, mastik dolgu ve döşeme kaplamasıyla uyumlu mermer süpürgelik bileşenleri birlikte yer almaktadır. Bu birleşim detayı, iç mekân konfor koşulları kapsamında ısı köprülerinin sınırlandırılması ve yapı kabuğunda süreklilik gösteren yalıtım katmanının korunmasına yönelik çözümün teknik düzenini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.13: Kayabaşı Toki projesi yalıtım konstrüksiyonlu mermer uygulama [Ekap, 2021].

Doküman ve proje incelemesi, saha gözlemleri öncesinde bir ön çerçeve oluşturmuş; sahada incelenecek yapı elemanlarının ve detay noktalarının belirlenmesine katkı sağlamıştır.

4.2.2. Saha Gözlemi

Saha gözlemi, tünel kalıp sistemiyle üretilmiş toplu konutlarda yalıtım ve konfor koşullarının yerinde incelenmesine yönelik olarak gerçekleştirilen bir veri toplama aşamasıdır. Saha çalışmaları, yaklaşık üç aylık bir süre boyunca farklı zaman dilimlerinde yapılan ziyaretler aracılığıyla yürütülmüştür. Bu süreçte yapıların mevcut kullanım durumu ile yalıtım uygulamalarına ilişkin fiziksel koşullar yerinde incelenmiş ve gözlemsel notlar tutulmuştur.

Saha çalışmaları kapsamında İstanbul'da yer alan ve tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş toplu konut projeleri ziyaret edilmiştir. İnceleme yapılan projeler; Bahçekent Flora, Akzirve Strada Bahçeşehir, TOKİ 22. Bölge Kayaşehir, KIPTAŞ Kayabaşı Konutları, Başakşehir Kiptaş Evleri, Kayapark Sakura Evleri, Bulvar İstanbul Evleri, Bahçetepe İstanbul Evleri, Nidapark Başakşehir ve Medikule İstanbul'dur. Bu projeler, tünel kalıp sisteminin farklı ölçek ve uygulama örneklerini temsil etmesi nedeniyle çalışma kapsamına dâhil edilmiştir.

Saha gözlemleri sırasında **Şekil 4.14’de** öncelikle dış cephelerde uygulanan ısı yalıtımı çözümleri ele alınmıştır. Cephe boyunca mantolama uygulamalarının sürekliliği ve cephe elemanlarıyla olan ilişkisi, yapı kabuğunun performansını etkileyen unsurlar kapsamında değerlendirilmiştir.



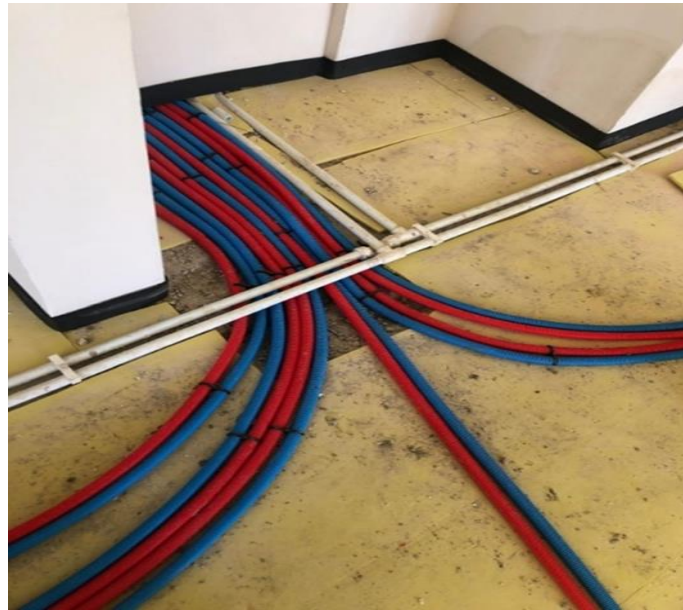
Şekil 4.14: Kayabaşı Toki konutları dış cephe taş yünü mantolama uygulaması [Toki Arşiv, 2024].

Şekil 4.15’de, Kayabaşı TOKİ konutlarında çatı dere hattına ait su yalıtımı uygulaması gösterilmektedir. Dere boyunca yerleştirilen dere tabanında devam eden yalıtım katmanı ve çevresindeki çatı kaplama bileşenleri ile birleşim detayları izlenebilmektedir. Ayrıca dere hattının her iki yanında bulunan yapı elemanları ile yalıtım uygulamasının sürekliliğini sağlayan katmanlaşma açık biçimde görülmektedir.



Şekil 4.15: Kayabaşı Toki konutları çatıda dere izolasyonu uygulaması [Toki Arşiv, 2024].

Bu incelemeler, proje aşamasında öngörülen çözümler ile sahadaki uygulama durumunun birlikte ele alınmasına olanak sağlamıştır. Bunun yanı sıra Şekil 4.16’da konutların iç mekânlarında zemin katmanlarına ilişkin uygulamalar incelenmiştir. Zeminlerde yer alan şap altı ısı ve ses yalıtımı çözümleri, katlar arası ve komşu mekânlar arasındaki konfor koşullarını etkileyen bileşenler olarak ele alınmış ve bu alanlara ilişkin gözlemler yapılmıştır.



Şekil 4.16: Kayabaşı Toki projesi zeminde şap altı ısı ve ses yalıtımı uygulaması [Toki Arşiv, 2024].

Saha çalışmaları kapsamında **Şekil 4.17’de** ayrıca pencere ve doğrama çevresinde yer alan birleşim detayları değerlendirilmiştir. Pencere çevresindeki yalıtım uygulamaları, ısı köprüleri ve hava sızdırmazlığı açısından kritik bölgeler olması nedeniyle ele alınmış; bu alanlara ilişkin yerinde incelemeler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.17: Kayabaşı Toki Projesi pencere etrafı yalıtım uygulaması [Toki Arşiv, 2024].

Saha ziyaretleri sırasında yapı kullanıcılarıyla yapılan kısa ve yönlendirilmemiş görüşmeler aracılığıyla, konutların kullanım sürecinde deneyimlenen yalıtım ve konfor koşullarına ilişkin genel bilgiler alınmış ve bu bilgiler saha gözlemlerini destekleyici nitelikte notlar hâlinde kaydedilmiştir. Elde edilen gözlemsel veriler ve saha notları, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde yapılacak değerlendirmelere altlık oluşturacak şekilde düzenlenmiştir.

4.3.Kullanıcıların Deneyimlerine Yönelik Anketin Hazırlanması ve Katılımcıların Belirlenmesi

Kullanıcı anketi, tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş toplu konutlarda yaşayan bireylerin konut içerisindeki ısıtma-soğutma gereksinimi, doğal havalandırma yeterliliği, işitsel konfor düzeyi, yoğuşma-rutubet problemleri ve genel konfor algılarını ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. Anket formunun oluşturulmasında,

literatürdeki benzer ulusal ve uluslararası araştırmalar incelenmiş, elde edilen sorular çalışmanın özgün amacına uyarlanarak yeniden yapılandırılmıştır.

Araştırmanın kullanıcı grubunu, İstanbul ili Başakşehir ilçesinde tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş konutlarda yaşayan bireyler oluşturmaktadır. Rastgele örnekleme yöntemiyle seçilen 123 kullanıcı ile yürütülen anket, Google Form aracılığıyla hazırlanmış ve hem çevrim içi (online) hem de yüz yüze görüşme yöntemiyle uygulanmıştır. Katılımcı profili; farklı yaş gruplarını, eğitim düzeylerini, gelir seviyelerini ve hane büyüklüklerini kapsamaktadır.

Kullanıcı memnuniyetine yönelik olarak hazırlanan anket formu, kişisel bilgiler, konfor koşullarının değerlendirilmesi ve genel değerlendirme olarak üç bölümden, toplamda 25 sorudan oluşmaktadır. Anketin üç bölümden oluşacak biçimde kurgulanması, kullanıcı deneyimini demografik özellikler, fiziksel konfor performansı ve genel memnuniyet algısı boyutlarında bütüncül olarak değerlendirebilmek amacıyla tercih edilmiştir. İlk bölümde katılımcıların yaş, cinsiyet, eğitim durumu, meslek ve hane büyüklüğü gibi demografik özellikleri toplanarak kullanıcı profili belirlenmiştir. Bu bölümde elde edilen veriler, farklı kullanıcı grupları arasında karşılaştırmalı analiz yapılmasına ve konfor algısının sosyo-demografik değişkenlerle ilişkilendirilmesine olanak sağlamaktadır. İkinci bölümde konutların ısı, ses ve nem performansına ilişkin kullanıcı deneyimleri; yalıtım kalitesi, ısıtma-soğutma verimliliği, işitsel konfor ve iç hava kalitesi göstergeleri üzerinden değerlendirilmiştir. Bu kapsamda iç mekân konforunu oluşturan fiziksel çevre parametrelerinin doğrudan kullanıcı algısı üzerinden ölçülmesi hedeflenmiştir. Üçüncü bölümde ise kullanıcıların konutlarına dair genel memnuniyet algısı, yalıtım sistemlerinin yaşam konforuna etkisi ve enerji tüketimi üzerindeki farkındalık düzeyi sorgulanmıştır. Bu son bölüm, elde edilen fiziksel performans verileri ile kullanıcı memnuniyeti arasındaki ilişkinin bütüncül biçimde ortaya konulmasını sağlayarak araştırmanın yöntemsel tutarlılığını güçlendirmektedir [Ek A].

Toplam 25 sorudan oluşan anket formunun uygulanması ortalama 25-30 dakika sürmekte olup, veri toplama sürecinde hem yüz yüze görüşme yöntemi hem de çevrim içi (Google Form) uygulaması kullanılmıştır. Bu yöntem, hem farklı yaş ve meslek gruplarına erişimi kolaylaştırmış hem de örneklemin temsiliyetini

güçlendirmiştir. Araştırma kapsamında toplanan veriler, katılımcıların gönüllülük esasına dayalı biçimde elde edilmiştir. Çalışma kapsamındaki anket GTÜ'ye 05.09.2025 tarihli E-214558 sayılı başvuru kapsamında yapılan değerlendirme sonucunda 22.09.2025 tarihinde Etik Kurul onayı alınarak yürütülmüştür.

4.4. Proje Ekibine Yönelik Anketin Hazırlanması ve Katılımcıların Belirlenmesi

Anket, tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş konut tasarımı ve uygulama süreçlerinde görev almış mimarlar, inşaat mühendisleri ve uygulama uzmanlarının mesleki deneyimlerine dayalı görüşlerini ortaya koymak amacıyla hazırlanmıştır. Anket formu, tünel kalıp sisteminin tasarım ve uygulama aşamalarında karşılaşılan yalıtım problemleri, konfor koşulları ve deprem dayanıklılığı gibi temel performans kriterlerini değerlendirmeye yöneliktir. Ayrıca, tünel kalıp sisteminin mimari ve mühendislik uygulamalarında karşılaşılan detay sorunları, malzeme seçim kriterleri ve yalıtım uygulama yöntemleri hakkında katılımcıların deneyimleri sorgulanmış ve çözüm odaklı önerileri alınmıştır.

Proje ekibini, tünel kalıp sistemiyle konut üretiminde deneyim sahibi toplam 68 profesyonel oluşturmaktadır. Bu grubun 41'i mimar, 27'si ise inşaat mühendisidir. Bu katılımcı grubunun seçilmesinde, tünel kalıp sistemiyle üretilen konutların tasarım, uygulama ve performans süreçlerine doğrudan dâhil olan uzmanların teknik bilgi ve deneyimlerine dayalı değerlendirmelerinin araştırmanın güvenilirliğini ve teknik geçerliliğini artıracakı öngörülmüştür.

Anket formu, tünel kalıp sisteminin tasarım ve uygulama sürecine ilişkin değerlendirmeleri içerecek şekilde katılımcı bilgileri, konfor koşulları, deprem dayanıklılığı ve genel değerlendirmelerini içeren 4 bölümden oluşturulmuştur. İlk bölümde katılımcıların mesleki deneyim süresi ve görev aldıkları proje türleri ve sayıları belirlenerek elde edilen görüşlerin bağlamsal olarak yorumlanabilmesi amaçlanmıştır. İkinci bölümde yapısal ve çevresel konfor bileşenleri; ısı, işitsel ve nem konforu ile iç hava kalitesi parametreleri üzerinden değerlendirilerek tünel kalıp sisteminin kullanıcı konforuna etkileri bütüncül biçimde incelenmiştir. Üçüncü bölümde yapı güvenliği odağında deprem dayanıklılığına ilişkin teknik algılar

sorgulanmış, sistemin taşıyıcı davranışı ve güvenlik performansına yönelik uzman görüşleri ortaya konmuştur. Dördüncü bölümde ise katılımcıların sistemin genel performansına, uygulanabilirliğine ve geliştirilmesi gereken yönlerine ilişkin bütüncül değerlendirmeleri alınarak önceki bölümlerde elde edilen bulguların karşılaştırmalı olarak yorumlanmasına zemin hazırlanmıştır. Toplam 28 sorudan oluşan formun yanıtlanma süresi ortalama 25–30 dakika olup, çalışma 68 uzman katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Bu süre aralığı, katılımcıların ayrıntılı teknik değerlendirme yapabilmesine imkân tanırken veri kaybını önleyecek biçimde anketin uygulanabilirliğini koruyacak şekilde belirlenmiştir.

Veri toplama süreci, Google Form aracılığıyla çevrim içi olarak yürütülmüş, bazı katılımcılarla yüz yüze görüşme yöntemiyle de desteklenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen veriler, katılımcı gönüllülüğü ve bilgilendirilmiş onam ilkesi çerçevesinde toplanmıştır. Proje ekibine yönelik anket de GTÜ'ye 05.09.2025 tarihli E-214558 sayılı başvuru kapsamında yapılan değerlendirme sonucunda 22.09.2025 tarihinde Etik Kurul onayı alınarak yürütülmüştür.

4.5. Bulgular ve Tartışma

Anketlerden elde edilen veriler, SPSS-27 programı aracılığıyla analiz edilmiştir. Öncelikle sosyodemografik değişkenlere ait bulguların tanımlayıcı istatistikleri oluşturulmuş, verilerin genel dağılımını ortaya koymak amacıyla frekans ve yüzde tabloları hazırlanmıştır.

Katılımcı grupları arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi amacıyla Ki-Kare (χ^2) analizi uygulanmıştır. Bu analiz, kategorik değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığını ortaya koymakta ve gözlenen farkların rastlantısal mı yoksa istatistiksel olarak anlamlı mı olduğunu değerlendirmektedir. Çalışmada anlamlılık düzeyi $\alpha = 0,05$ olarak kabul edilmiştir; dolayısıyla $p < 0,05$ koşulunu sağlayan bulgular istatistiksel olarak anlamlı ilişki olarak değerlendirilmiştir [Field, 2013; Pallant, 2020].

Analiz sürecinde elde edilen veriler hem kullanıcı hem de tasarımcı anketleri kapsamında yalıtım, konfor ve dayanıklılık parametreleri çerçevesinde ayrı ayrı ele

alınmıştır. Böylece, tünel kalıp sistemiyle inşa edilen konutlara ilişkin farklı kullanıcı gruplarının algı, deneyim ve değerlendirmelerinin karşılaştırılması sağlanmıştır.

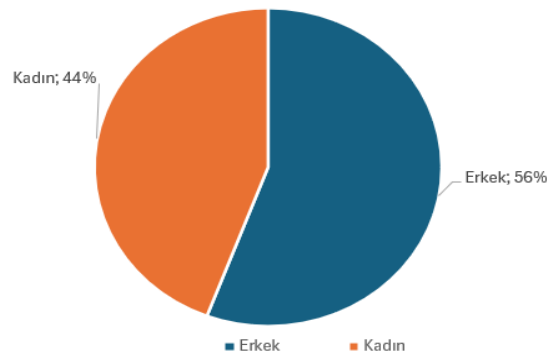
4.5.1. Kullanıcı Anketi Sonuçlarının Analizi

Kullanıcı anketine katılan bireylerin demografik özellikleri, cinsiyet, yaş ve eğitim durumu değişkenleri üzerinden incelenmiştir. Örneklemen yapısal özelliklerini ortaya koyan bu dağılımlar, katılımcı profilinin anlaşılması açısından temel bir çerçeve oluşturmaktadır. İlgili demografik bulgular **Tablo 4.1**'de sunulmuştur.

Tablo 4.1: Konut kullanıcılarına yönelik demografik bilgiler.

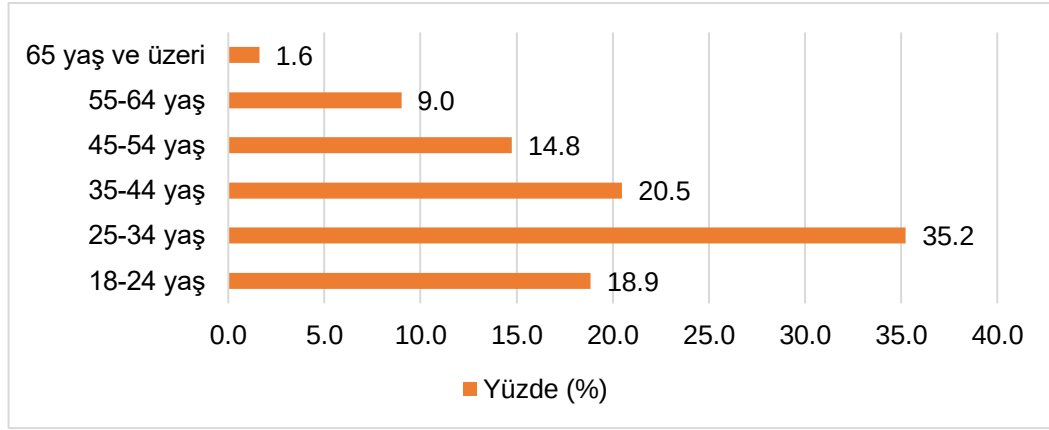
Değişken	Grup	n	%
Cinsiyet	Kadın	54	44,3
	Erkek	68	55,7
Yaş	18-24 yaş	23	18,9
	25-34 yaş	43	35,2
	35-44 yaş	25	20,5
	45-54 yaş	18	14,8
	55-64 yaş	11	9,0
	65 yaş ve üzeri	2	1,6
Eğitim Durumu	İlkokul ve altı	6	4,9
	Ortaöğretim	17	13,9
	Ön Lisans	34	27,9
	Lisans ve üzeri	65	53,3

Kullanıcı anketine katılan bireylerin cinsiyet dağılımı **Şekil 4.18**'de sunulmuştur. Katılımcıların %56'sının erkek, %44'ünün kadın olduğu görülmektedir. Kullanıcı profiline ilişkin bu dağılım, tünel kalıp sistemli konutlarda yapılan memnuniyet ve konfor değerlendirmelerinin demografik temelde sınıflandırılmasına imkân tanımaktadır [**Pallant, 2020**].



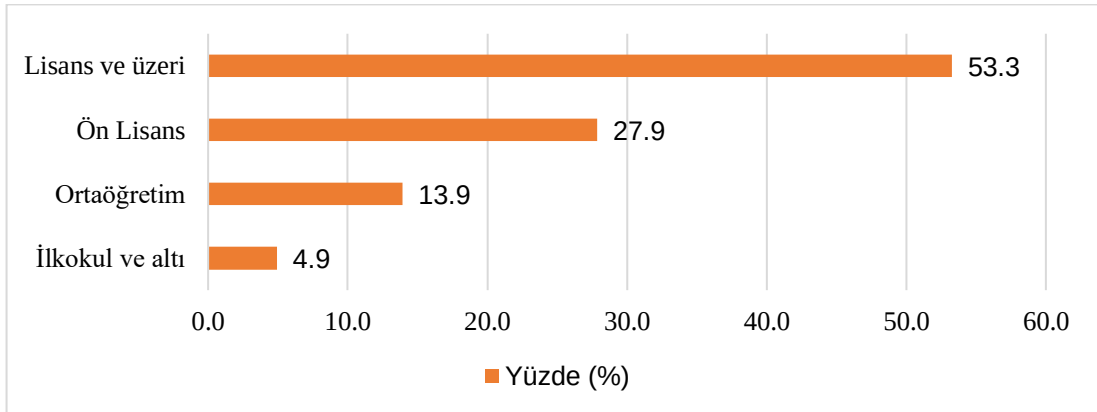
Şekil 4.18: Konut kullanıcılarına yönelik cinsiyet dağılımı.

Kullanıcı anketine katılan bireylerin yaş dağılımı **Şekil 4.19’da** sunulmuştur. Katılımcıların %35,25’inin 25–34 yaş aralığında yer aldığı görülmektedir. Bunu %20,49 ile 35–44 yaş grubu ve %18,85 ile 18–24 yaş grubu izlemektedir. Diğer yaş gruplarında oranlar daha düşük olup 45–54 yaş grubu %14,75, 55–64 yaş grubu %9,02 ve 65 yaş ve üzeri katılımcılar %1,60 düzeyindedir. Yaş dağılımına ilişkin bu veriler, kullanıcı profilinin demografik olarak sınıflandırılmasına olanak sağlamaktadır [Pallant, 2020].



Şekil 4.19: Konut kullanıcılarına yönelik yaş dağılımı.

Katılımcıların eğitim durumu dağılımı **Şekil 4.20’de** sunulmuştur. Lisans ve üzeri eğitim düzeyine sahip katılımcılar %53,3 ile örneklemin en yüksek oranını oluşturmaktadır. Bunu %27,9 ile ön lisans mezunları ve %13,9 ile ortaöğretim düzeyindeki katılımcılar izlemektedir. İlkokul ve altı eğitim seviyesine sahip katılımcılar ise %4,9 oranındadır. Eğitim düzeyine ilişkin bu veriler, örneklemini oluşturan kullanıcı kitlesinin akademik profilini göstermektedir [Field, 2013].



Şekil 4.20: Konut kullanıcılarına yönelik eğitim durumu.

Bu bölümde kullanıcıların konutların yapım yılı, kış ve yaz aylarındaki ısı konfor düzeyi, ek ısıtma ve soğutma kullanımı ve kullanım sıklığı, mevsim geçişlerinde yaşanan ısı değişimleri, yoğunlaşma ve rutubet durumu, doğal havalandırma yeterliliği, işitsel konfor, genel konfor düzeyi, inşaat kalitesi ve deprem güvenliği algısına ilişkin değerlendirmeleri incelenmektedir. Bu veriler, tünel kalıp sistemiyle üretilen konutlarda konfor ve performansın kullanıcı deneyimine nasıl yansıdığını bütüncül olarak değerlendirmeye yöneliktir. Dağılımlar **Tablo 4.2’de** gösterilmiştir.

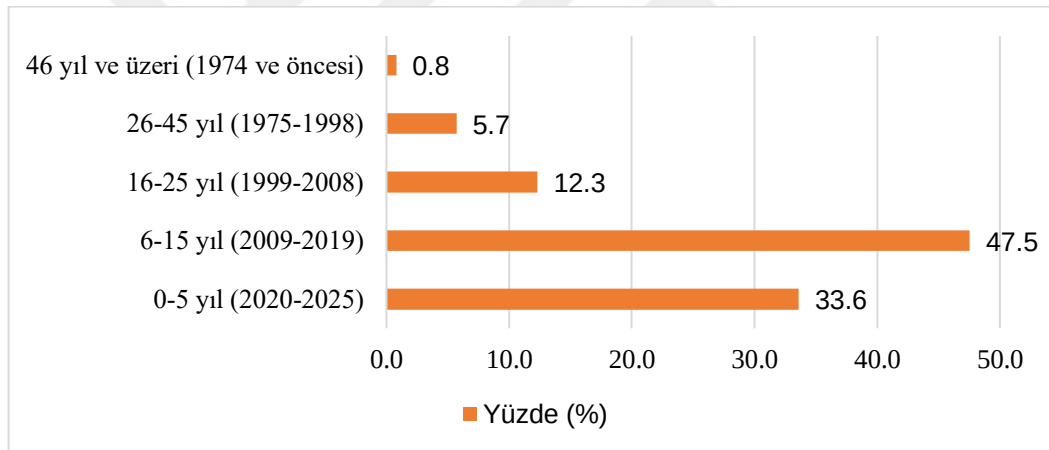
Tablo 4.2: Binaya ve kullanıcı konforuna yönelik bilgiler.

Değişken	Grup	n	%
Bina İnşa Yılı	0-5 yıl (2020-2025)	41	33,6
	6-15 yıl (2009-2019)	58	47,5
	16-25 yıl (1999-2008)	15	12,3
	26-45 yıl (1975-1998)	7	5,7
	46 yıl ve üzeri (1974 ve öncesi)	1	0,8
Kış aylarında konutunuzun ısıtma düzeyini nasıl değerlendirirsiniz?	Yetersiz	21	17,2
	Orta Düzeyde	35	28,7
	Yeterli	56	45,9
	Çok Yeterli	10	8,2
Yaz aylarında konutunuzun iç mekân sıcaklık düzeyini ne ölçüde konforlu buluyorsunuz?	Konforsuz	1	0,8
	Düşük Konfor	31	25,4
	Orta Düzey	42	34,4
	Konforlu	39	32,0
	Çok Konforlu	9	7,4
Kış aylarında ısıtma için ekipman veya yöntem kullanıyor musunuz? (Ör: ısıtıcı, klima, kalın perde vb.)	Evet	107	87,7
	Hayır	15	12,3
Yaz aylarında serinlemek için ek ekipman veya yöntem kullanıyor musunuz? (Ör: klima, vantilatör gibi)	Evet	108	88,5
	Hayır	14	11,5
Eğer ek ısıtma/soğutma sistemleri kullanıyorsanız, bu ekipmanları ne sıklıkla kullanıyorsunuz?	Nadiren	9	7,4
	Ara sıra	34	28,1
	Sık sık	78	64,5
Mevsim geçişlerinde ısı konforu açısından sorun yaşıyor musunuz?	Evet	52	43,0
	Hayır	69	57,0
Konutunuzda duvar ya da cam kenarlarında yoğunlaşma (buğulanma) gözlemliyor musunuz?	Evet	33	27,0
	Hayır	89	73,0
Konutunuzda rutubet veya küf problemi yaşadığınız bir alan bulunmaktadır?	Evet	23	18,9
	Hayır	99	81,1
Kış aylarında konutunuzdaki nem düzeyi sizi rahatsız ediyor mu?	Evet	28	23,1
	Hayır	93	76,9
Konutunuzu doğal yollarla havalandırmakta güçlük yaşıyor musunuz?	Evet	30	24,6
	Hayır	92	75,4
Pencereleri açmadan iç mekan havasının yeterince tazelendiğini düşünüyor musunuz?	Evet	21	17,4
	Hayır	100	82,6
Konut içerisinde hava sirkülasyonunu yeterli buluyor musunuz?	Evet	47	38,5
	Hayır	75	61,5
Çevreden gelen seslerden (trafik, komşu sesi, bina içi sesler vb.) rahatsızlık düzeyiniz nedir?	Hiçbir zaman	6	4,9
	Nadiren	40	32,8
	Ara sıra	52	42,6
	Sık sık	24	19,7
Apartman içinde komşulardan veya bina tesisatından gelen sesleri sıklıkla duyuyor musunuz? (Ör: adım, konuşmalar veya su sesi gibi)	Hiçbir zaman	9	7,4
	Nadiren	34	28,1
	Ara sıra	52	43,0
	Sık sık	26	21,5
Yaşam alanınızda ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanmayı düşünüyor musunuz?	Evet	71	58,7
	Hayır	50	41,3
Genel olarak konutunuzun konfor düzeyini nasıl değerlendirirsiniz?	Kötü	17	13,9
	Orta	46	37,7
	İyi	55	45,1
	Mükemmel	4	3,3

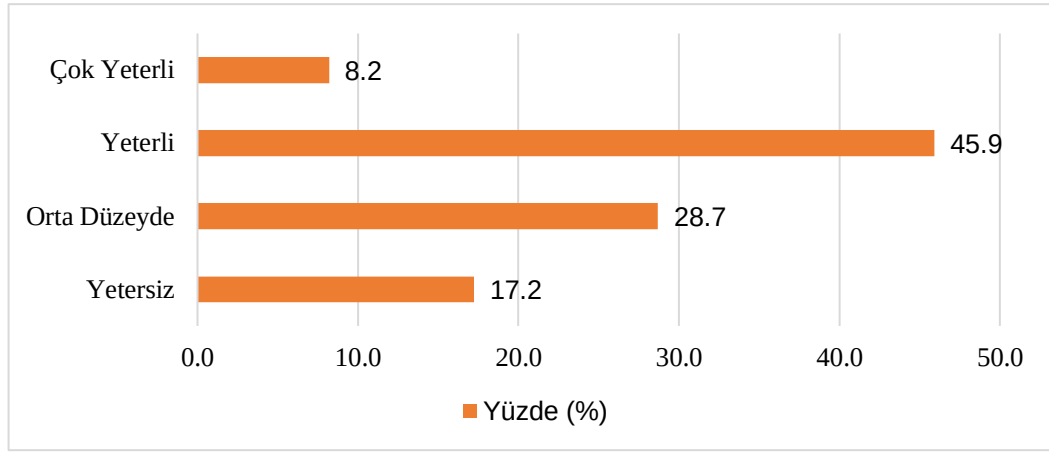
Tablo 4.2 Devamı

Konutunuzun inşaat kalitesi ve kullanılan yapı malzemelerini nasıl değerlendirirsiniz?	Çok kötü	1	0,8
	Kötü	15	12,3
	Orta	57	46,7
	İyi	43	35,2
	Mükemmel	6	4,9
Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapının kullanım kolaylığı ve mekansal işlevselliği hakkında ne düşünüyorsunuz?	Çok zor	1	0,8
	Zor	24	19,8
	Orta	44	36,4
	Kolay	48	39,7
	Çok kolay	4	3,3
Bu yapının deprem güvenliği açısından size verdiği his nedir?	Çok güvensiz hissediyorum	1	0,8
	Güvensiz hissediyorum	7	5,8
	Kararsızım	29	24,0
	Güvenli hissediyorum	79	65,3
	Çok güvenli hissediyorum	5	4,1

Konutların inşa yılı dağılımı, % 33,6 oranıyla 2020–2025 dönemindeki ve % 47,5 oranıyla 2009–2019 dönemindeki yapıların yoğunlukta olduğunu göstermektedir. Bu dağılım **Şekil 4.21**'te gösterilmektedir. Tünel kalıp sisteminin 2000 sonrası toplu konut uygulamalarında hızlı şekilde yaygınlaştığı bilinmektedir [Akça, 2012].

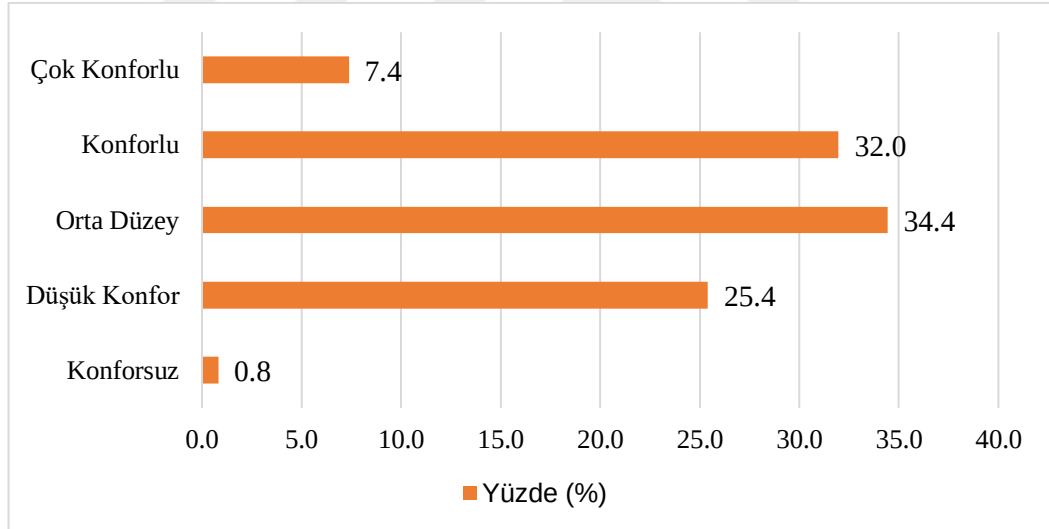
**Şekil 4.21:** Konutların inşa yılı dağılımı.

Kış aylarında ısıtma düzeyi % 45,9 oranıyla “yeterli” olarak değerlendirilmiştir. Veriler **Şekil 4.22**'de sunulmaktadır. Tünel kalıp yapılarda geniş beton yüzeylerin ısı köprüsü oluşturabilmesi, iç yüzey sıcaklıklarını ve ısıtma hissini etkileyebilmektedir [Balkaya ve Kalkan, 2004].



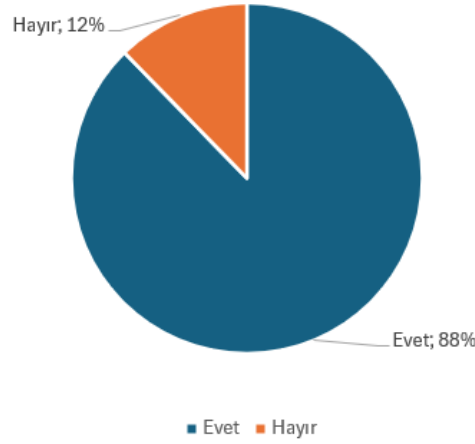
Şekil 4.22: Kış Döneminde Konutun Isınma Düzeyine İlişkin Değerlendirme.

Yaz aylarında iç mekân sıcaklığı % 34,4 ile en çok “orta düzey” olarak belirtilmiştir. Bu sonuç **Şekil 4.23’** de gösterilmiştir. Betonarme tünel kalıp duvarlarında yaz döneminde ısı birikimin artması, sıcaklık algısını yükseltebilmektedir [**Dede vd., 2023**].



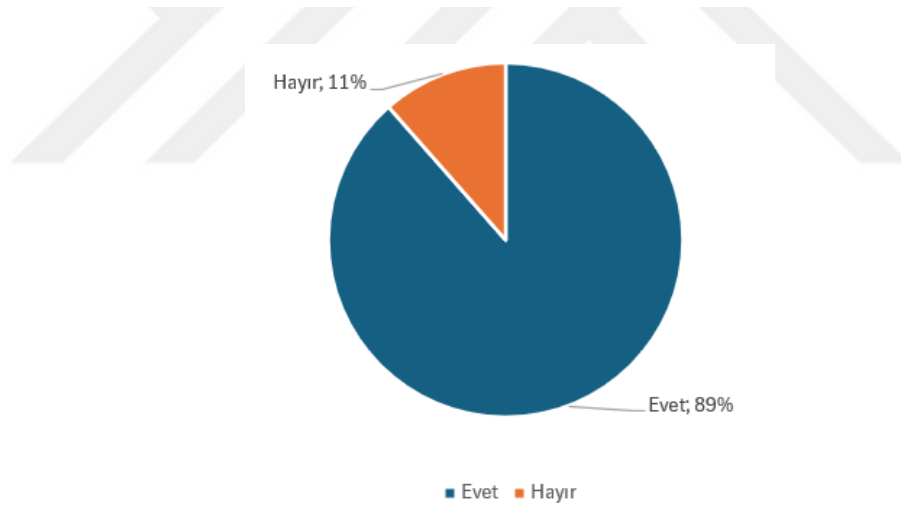
Şekil 4.23: Yaz Döneminde İç Mekân Sıcaklık Algısı.

Kullanıcıların % 88’i kışın ek ısıtma kullanmaktadır. Bu sonuç **Şekil 4.24’de** gösterilmiştir. Tünel kalıp yapılarda pencere–duvar birleşim noktalarında oluşan ısı köprüleri ek ısıtma ihtiyacını artıran bir faktör olarak belirtilmektedir [**Erdoğan, 2019**].



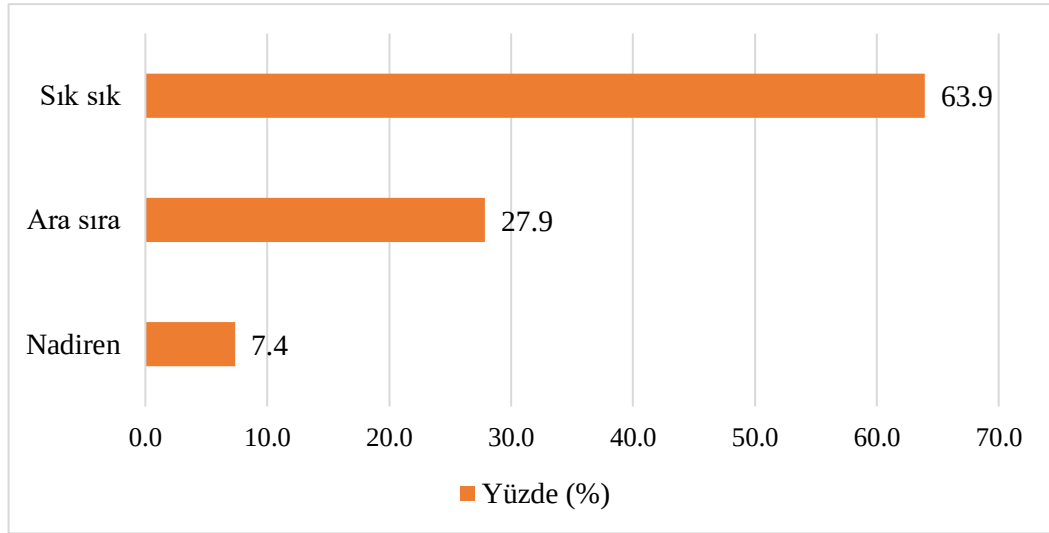
Şekil 4.24: Kış aylarında ek ısıtma kullanımı.

Yaz aylarında ek soğutma kullanım oranı % 89'dır. Bu sonuç **Şekil 4.25'de** gösterilmiştir. Güneş alan cephelerde tünel kalıp duvarlarının ısı birikimi artırması, soğutma gereksinimini yükseltebilmektedir **[Kalkan ve Şahin, 2018]**.



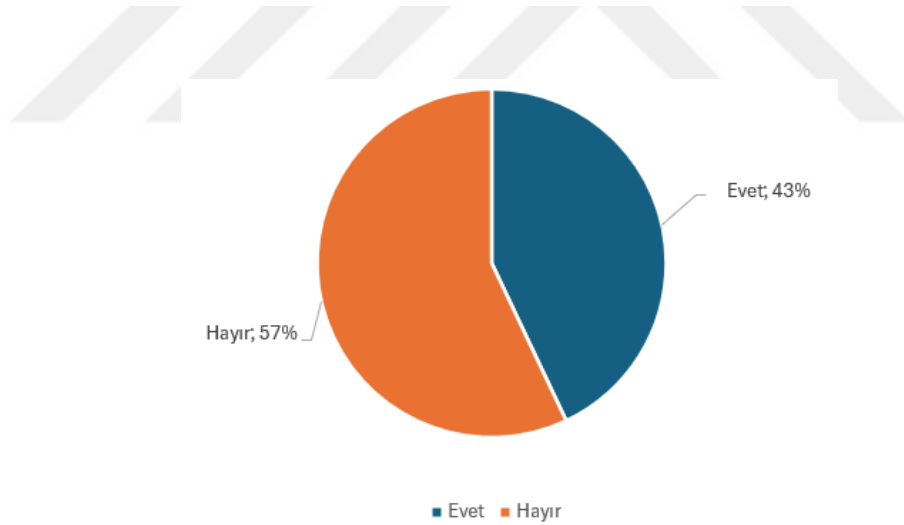
Şekil 4.25: Yaz aylarında ek soğutma kullanımı.

Kullanıcıların % 63,9'u ek sistemleri “sık sık” kullandığını belirtmiştir. Bu sonuç **Şekil 4.26'da** gösterilmiştir. Tünel kalıp yapılarda ısı kütlenin yüksek olması, dönemsel sıcaklık değişimlerinde ek sistem ihtiyacını artırabilmektedir **[Akça, 2012]**.



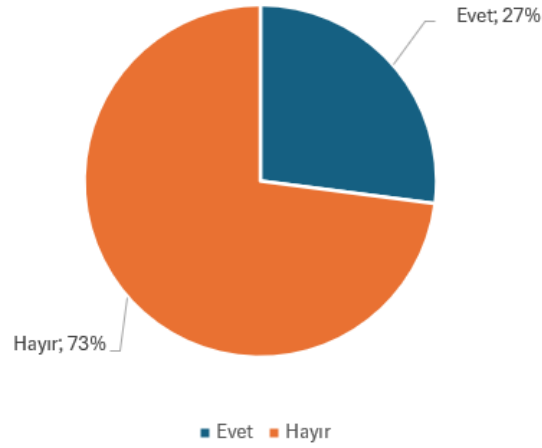
Şekil 4.26: Ek ısıtma/soğutma sistemlerinin kullanım sıklığı.

Mevsim geçişlerinde ısı konforu sorunu yaşayanların oranı **Şekil 4.27’de** sunulmuştur. Bu oran % 57’dir. Tünel kalıp beton yüzeylerin dış sıcaklıktaki değişime geç tepki vermesi, geçiş dönemlerinde konfor dengesini etkileyebilmektedir [Erdoğan, 2019].



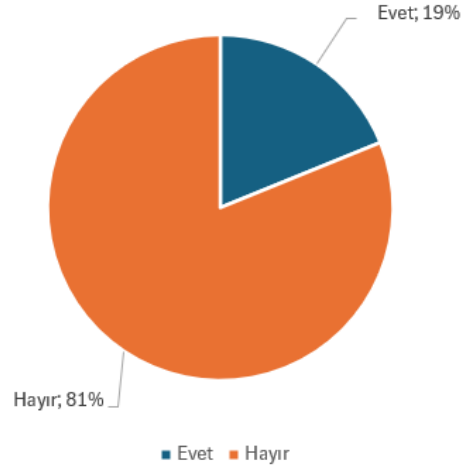
Şekil 4.27: Mevsim geçişlerinde ısı konforu sorunu yaşanması.

Kullanıcıların duvar veya cam kenarlarında yoğuşma sorunuyla karşılaşma durumları **Şekil 4.28’de** sunulmuştur. Katılımcıların % 27’si bu yüzeylerde yoğuşma ile karşılaştığını, % 73’ü ise herhangi bir yoğuşma problemi yaşamadığını belirtmiştir. Tünel kalıp sistemlerinde betonarme yüzey sürekliliği ve ısı köprüsü riskinin özellikle pencere kenarı, kolon-kiriş birleşimi ve dış cephe bağlantı noktalarında yoğunlaşabildiği belirtilmektedir [Balkaya ve Kalkan, 2004].



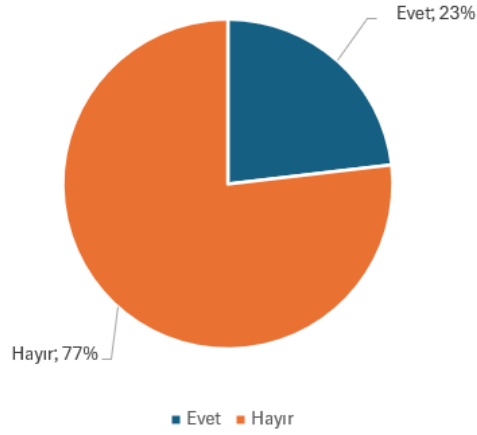
Şekil 4.28: Duvar veya Cam Kenarlarında Yoğuşma Durumu.

Kullanıcıların konut içerisinde rutubet veya küf problemiyle karşılaşma durumları **Şekil 4.29’da** sunulmuştur. Katılımcıların % 19’u rutubet ya da küf oluşumu yaşadığını, % 81’i ise böyle bir sorunla karşılaşmadığını ifade etmiştir. Tünel kalıp sistemlerinde betonarme yüzey sürekliliği ve düşük ısı köprüsü oluşumu, iç mekânda nem birikimi ve küf oluşumu riskini azaltabilen bir etken olarak değerlendirilmektedir [Balkaya ve Kalkan, 2004].



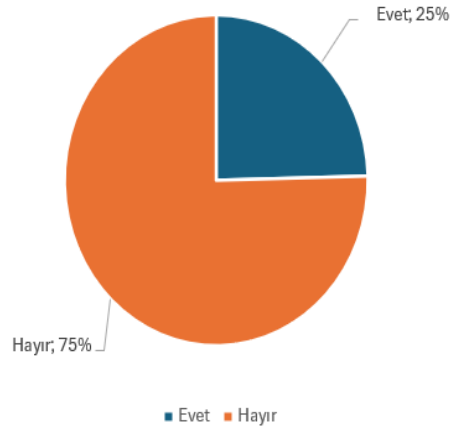
Şekil 4.29: Rutubet veya Küf Problemi Görülme Durumu.

Kullanıcıların kış aylarında konut içindeki nem düzeyinden rahatsız olma durumları **Şekil 4.30’da** gösterilmiştir. Katılımcıların % 23’ü iç mekândaki nem düzeyinin rahatsızlık verdiğini, % 77’si ise rahatsızlık hissetmediğini belirtmiştir. Tünel kalıp sistemlerinde betonarme yüzey bütünlüğü ve düşük ısı köprüsü oluşumu, iç mekânlarda nemin kontrollü şekilde dağılmasına katkı sağlayarak kullanıcı konforunu olumlu yönde etkileyebilmektedir [Altan ve Korkut, 2012].



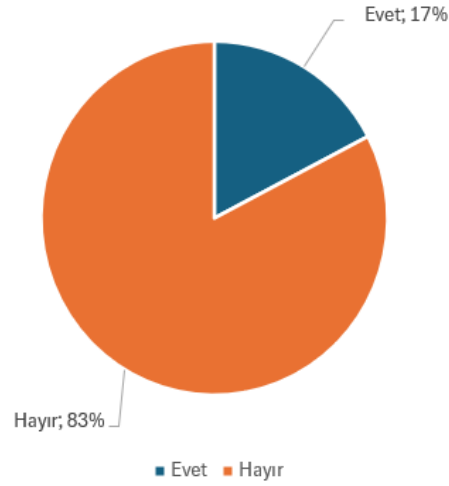
Şekil 4.30: Kışın konut içindeki nem düzeyinin rahatsızlık verme durumu.

Kullanıcıların konutlarında doğal havalandırma sırasında güçlük yaşayıp yaşamadıklarına ilişkin dağılım **Şekil 4.31**'de sunulmuştur. Katılımcıların % 25'i doğal havalandırmada zorlandığını, % 75'i ise herhangi bir güçlük yaşamadığını ifade etmiştir. Tünel kalıp sistemlerinde plan şemalarının standartlaşması ve açıklıkların konumlanması, doğal hava akışının etkinliğini belirleyen temel unsurlar arasında gösterilmektedir [Gür vd., 2020].



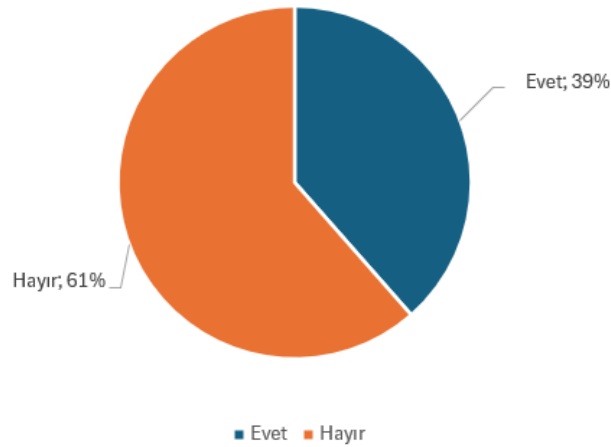
Şekil 4.31: Doğal havalandırmada güçlük yaşama durumu.

Konutlarda pencereler açılmadan iç mekân havasının yeterli düzeyde tazelenip tazelenmediğine ilişkin dağılım **Şekil 4.32**'de gösterilmiştir. Katılımcıların % 17'si iç mekân havasının pencereler açılmadan yenilendiğini belirtirken, % 83'ü bu durumun gerçekleşmediğini ifade etmiştir. Tünel kalıp sistemlerinde doğal hava yenilenmesinin büyük ölçüde açıklık düzeni ve mekânsal yerleşimle ilişkili olduğu, bu nedenle pasif hava değişiminin sınırlı kalabildiği belirtilmektedir [Gür vd., 2020].



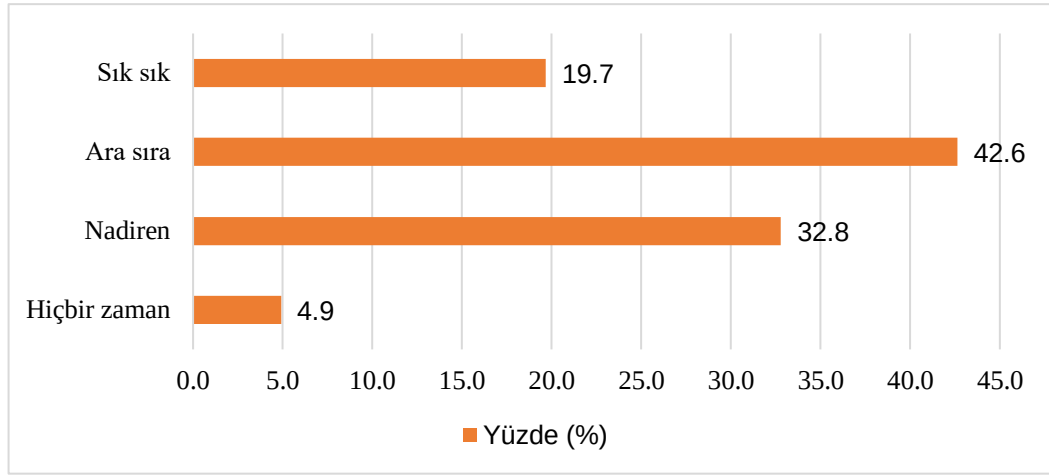
Şekil 4.32: Pencereler açılmadan iç mekân havasının tazelenme durumu.

Konut içerisindeki hava sirkülasyonunun yeterli olup olmadığına ilişkin dağılım **Şekil 4.33**'te gösterilmiştir. Katılımcıların % 39'u hava sirkülasyonunu yeterli bulduğunu, % 61'i ise yeterli olmadığını belirtmiştir. Tünel kalıp yapılarda iç hava hareketinin sınırlı kalması, plan şeması ve açıklık kurgusunun doğal hava akışını kısıtlamasıyla ilişkilendirilmektedir [Gür vd., 2020].



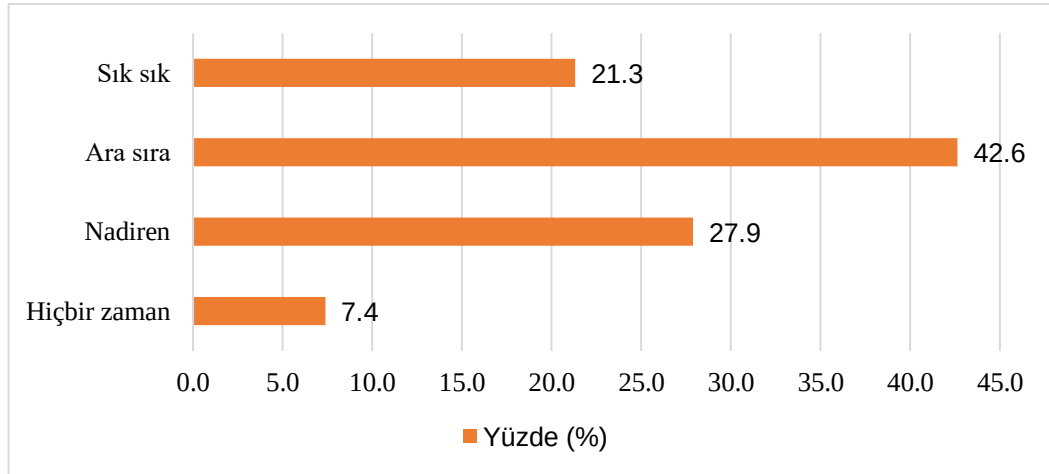
Şekil 4.33: Konut içerisindeki hava sirkülasyonunun yeterliliği.

Çevresel seslerin kullanıcıları rahatsız etme düzeyine ilişkin dağılım **Şekil 4.34**'de gösterilmiştir. Katılımcıların % 42,6'sı “ara sıra”, % 32,8'i “nadiren”, % 19,7'si “sık sık” ve % 4,9'u “hiçbir zaman” rahatsızlık yaşamadığını belirtmiştir. Tünel kalıp sisteminin monolitik betonarme yapısı ve yüzey sürekliliği, hava doğuşlu seslerin iletimini azaltarak işitsel konfor koşullarını iyileştirebilmektedir [Yetkin ve Koyun, 2017].



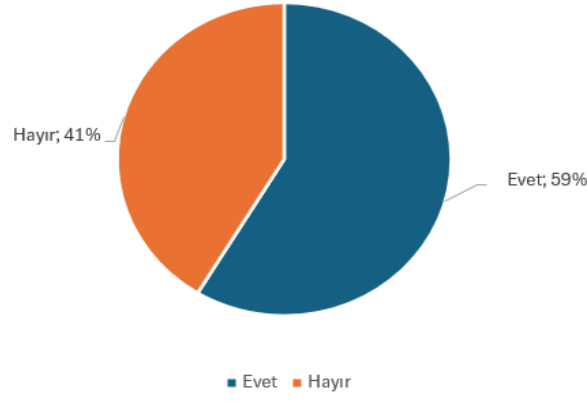
Şekil 4.34: Çevresel seslerden rahatsızlık düzeyi.

Komşu veya tesisat kaynaklı seslerin duyulma sıklığına ilişkin dağılım **Şekil 4.35’de** sunulmuştur. Katılımcıların % 42,6’sı bu sesleri ara sıra, % 27,9’u nadiren, % 21,3’ü sık sık ve % 7,4’ü hiçbir zaman duyduğunu belirtmiştir. Tünel kalıp perde duvarlarının yüksek kütle etkisinin birimler arası ses iletimini azaltabildiği ifade edilmektedir [**Öztürk ve Şahin, 2018**].



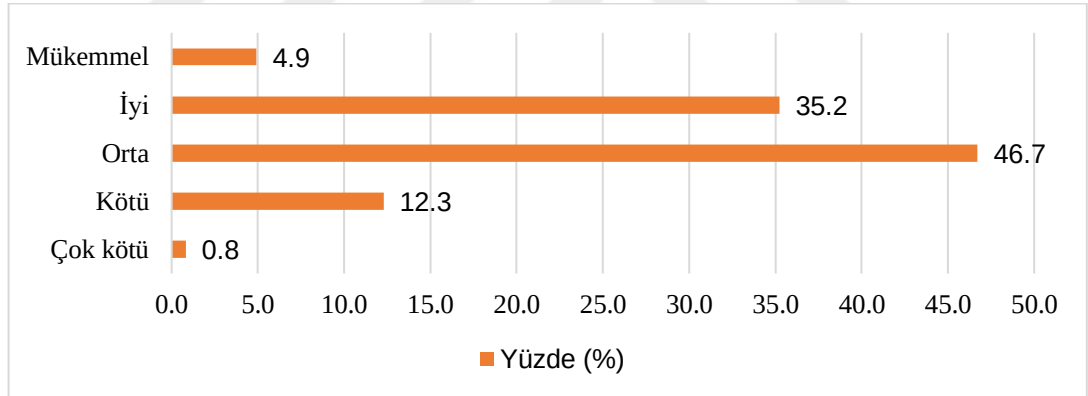
Şekil 4.35: Komşu veya tesisat kaynaklı seslerin duyulma sıklığı.

Yaşam alanlarında ek ses yalıtımı malzemesi kullanma durumuna ilişkin dağılım **Şekil 4.36’da** sunulmuştur. Katılımcıların % 59 yaşam alanlarında ek bir ses yalıtımı malzemesi kullanmadığını, % 41,i ise ek malzeme kullandığını ifade etmiştir. Tünel kalıp yapılarda perde duvarların yüksek kütle etkisinin, ek malzeme kullanımına duyulan ihtiyacı azaltabilen önemli bir akustik avantaj sunduğu belirtilmektedir [**Aydın ve Çalışkan, 2021**].



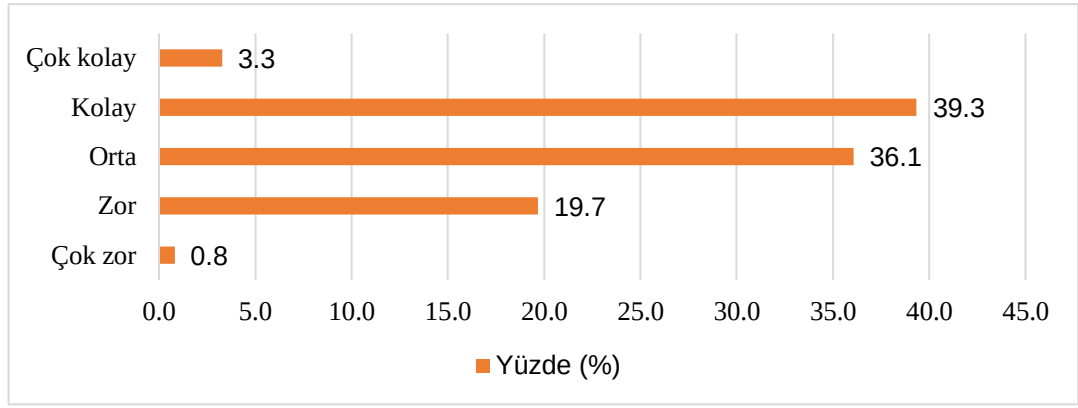
Şekil 4.36: Yaşam alanlarında ses yalıtımı malzemesi kullanma durumu.

Kullanıcıların konutun inşaat kalitesi ve kullanılan yapı malzemelerini değerlendirmesi **Şekil 4.37** incelendiğinde, katılımcıların % 46,7’si “orta”, % 35,2’si “iyi”, % 12,3’ü “kötü”, % 4,9’u “mükemmel” ve % 0,8’i “çok kötü” yanıtını vermiştir. Tünel kalıp sisteminde betonarme yüzey sürekliliği ve prefabrik kalıp bütünlüğü malzeme kalitesinin kullanıcı algısına doğrudan yansımaya neden olmaktadır **[Balkaya ve Kalkan, 2004]**.



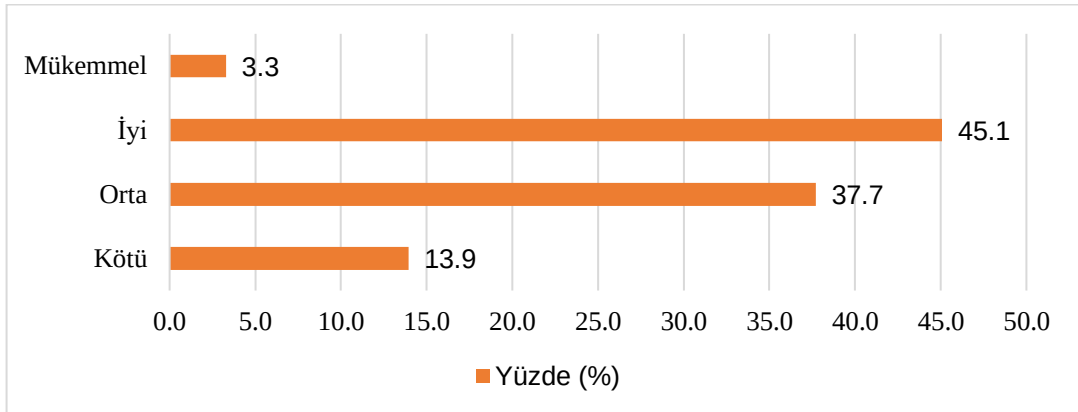
Şekil 4.37: Konutun inşaat kalitesi ve kullanılan yapı malzemelerinin değerlendirilmesi.

Tünel kalıp sistemiyle üretilmiş konutlarda kullanım kolaylığı ve mekânsal işlevsellik algısına ilişkin **Şekil 4.38** incelendiğinde, kullanıcıların % 39,3’ü yapıyı “kolay”, % 36,1’i “orta”, % 19,83’ü “zor”, % 3,3’ü “çok kolay” ve % 0,8’i “çok zor” olarak değerlendirmiştir (**Şekil 4.30**). Tünel kalıp sisteminin modüler plan şeması ve taşıyıcı duvar sürekliliği, mekânsal esneklik düzeyini etkileyen temel unsurlar arasındadır **[Türkmen ve Gündüz, 2019]**.



Şekil 4.38: Tünel kalıp ile inşa edilen yapının kullanım kolaylığına ve mekânsal işlevselliğine ilişkin değerlendirme.

Kullanıcıların genel konut konfor düzeyine ilişkin yanıtlar **Şekil 4.39’da** incelendiğinde, katılımcıların %45,1’i konut konforunu “iyi”, % 37,7’si “orta” ve % 13,9’u “kötü” olarak değerlendirmiştir. “Mükemmel” seçeneğini tercih eden kullanıcı oranı % 3,3’ü olarak belirlenmiştir. Konut konforunun algılanmasında ısı konforu, işitsel konfor, nem konforu ve iç hava kalitesi gibi fiziksel çevre bileşenlerinin birlikte etkili olduğu belirtilmektedir **[Balkaya ve Kalkan, 2004; Altan ve Korkut, 2009]**.



Şekil 4.39: Genel konfor düzeyi.

Bu araştırmada, kullanıcı anketinin 2. bölümünde yer alan konfor koşulları ve yalıtım düzeyine ilişkin sorular arasındaki ilişkiler, kategorik değişkenlerin karşılaştırılması ve aralarındaki anlamlılık düzeyinin belirlenmesi amacıyla Ki-kare (χ^2) analizi ile değerlendirilmiştir. Analizlerde anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiş olup bu değer, sonuçların %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. p değerinin 0,05’ten küçük olması, iki değişken arasındaki ilişkinin

rastlantısal olma olasılığının düşük olduğunu ve aralarında anlamlı bir bağlantı bulunduğunu göstermektedir [Field, 2013; Pallant, 2020].

Kış aylarında konutun ısınma düzeyine ilişkin değerlendirmeler ve bu dönemde ısınma için ek ekipman veya yöntemlerin (ısıtıcı, klima, kalın perde vb.) kullanımı; yaz aylarında konutun iç mekan sıcaklık düzeyindeki konfor ile yaz aylarında serinlemek için ek ekipman veya yöntemlerin (klima, vantilatör gibi) kullanımı; konutun duvar ya da pencere kenarlarında yoğuşma (buğulanma) gözlemlenmesi ve konutta rutubet veya küf probleminin yaşanması; konutun doğal yollarla havalandırılabilmesi ve iç mekandaki hava sirkülasyonunu yeterliliği; pencereler açılmadan iç mekan havasının yeterince tazelenip tazelenmediği ve konut içerisinde hava sirkülasyonunu yeterli olup olmadığı; çevreden gelen seslerden (trafik, komşu sesi, bina içi sesler vb.) rahatsızlık düzeyi ve konutta ses yalıtımı veya ses emici malzemelerin kullanılmasının düşünülüp düşünülmediği; Konut içinde komşulardan veya bina tesisatından gelen sesleri duyma ve bu konuda ses yalıtımı veya ses emici malzemelerinin kullanılmasının düşünülüp düşünülmediği; ayrıca konutta inşaat kalitesi ve kullanılan yapı malzemelerinin değerlendirilmesi ve konutun deprem güvenliği açısından kullanıcıya verdiği algı Ki-kare analiziyle değerlendirilmiştir.

Tablo 4.3'te, kış aylarında konutun ısınma düzeyine ilişkin değerlendirme ile kış aylarında ısınma için ek bir ekipman veya yöntem kullanma durumu arasındaki dağılım sunulmuştur. Isınma düzeyini yetersiz olarak değerlendiren katılımcıların % 17,8'i ekipman kullanırken % 13,3'ü ekipman kullanmamaktadır. Isınma düzeyini orta düzeyde bulanların % 31,8'i ekipman kullanmakta, % 6,7'si ise kullanmamaktadır. Isınma düzeyini yeterli olarak değerlendiren katılımcıların % 43,9'u ısınma ekipmanı kullanırken % 60,0'ı kullanmamıştır. Isınma düzeyini çok yeterli bulanların % 6,5'i ekipman kullanmakta, % 20,0'ı ise herhangi bir yöntem kullanmadığını belirtmiştir.

Ki-kare testi sonucunda $p=0,083$ elde edilmiştir. Bu değer, 0,05 anlamlılık düzeyinin üzerinde olduğundan iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmadığını göstermektedir. Isınma algısının ekipman kullanımına her zaman paralel ilerlemediği durumların literatürde de karşılık bulduğu belirtilmektedir; özellikle ısı konfor algısının yalnızca kullanılan ekipmanlara değil, kabuk performansı, ısı kaybı, yapı elemanlarının yüzey sıcaklıkları ve dış hava koşulları

gibi çoklu değişkenlere bağlı olduğu vurgulanmaktadır [Field, 2013; Pallant, 2020; Fanger, 1970].

Tablo 4.3: Kış aylarında konutunuzun ısınma düzeyi ile Kış aylarında ısınma için ekipman veya yöntem kullanılması arasındaki ilişki.

			Kış ayında ısınma için ekipman veya yöntem kullanıyor musunuz? (Ör: ısıtıcı, klima, kalın perde vb.)		Toplam	X ² (p)
			Evet	Hayır		
Kış aylarında konutunuzun ısınma düzeyini nasıl değerlendirirsiniz?	Yetersiz	n	19	2	21	6,668
		%	17,8	13,3	17,2	(0,083)
	Orta	n	34	1	35	
	Düzye	%	31,8	6,7	28,7	
	Yeterli	n	47	9	56	
		%	43,9	60,0	45,9	
	Çok	n	7	3	10	
	Yeterli	%	6,5	20,0	8,2	

*p<0,05 anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Tablo 4.4'te, yaz aylarında konutun iç mekân sıcaklık düzeyine ilişkin konfor algısı ile yaz aylarında serinlemek için ek ekipman veya yöntem kullanımı arasındaki ilişki sunulmuştur. Dağılımlar incelendiğinde, iç mekân sıcaklığını düşük konfor olarak değerlendiren katılımcıların %27,8'i ek ekipman kullanırken %7,1'i ekipman kullanmamıştır. İç mekân sıcaklığını orta düzey konfor olarak nitelendirenlerin %37'si ekipman kullandığını, %14,3'ü kullanmadığını belirtmiştir. İç mekânı konforlu bulan katılımcıların %28,7'si ekipman kullandığını, %57,1'i kullanmadığını; çok konforlu olarak değerlendirenlerde ise bu oranların %5,6 ve %21,4 olduğu görülmektedir. Bu değerler toplam dağılım tablosunda gösterilmiştir.

Yapılan ki-kare analizi sonucunda elde edilen p=0,022 değeri, 0,05'in altında olduğundan iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuç, iç mekân ısı konfor algısı ile serinletici ekipman kullanım eğilimleri arasındaki bağlantıyı destekleyen bulgularla uyumludur [Field, 2013; Pallant, 2020].

Tablo 4.4: Yaz aylarında konutunuzun iç mekan sıcaklık düzeyi ile yaz aylarında serinlemek için ek ekipman veya yöntem kullanılması arasındaki ilişki.

		Yaz aylarında serinlemek için ek ekipman veya yöntem kullanıyor musunuz? (Ör: klima, vantilatör gibi)			Toplam	X ² (p)
			Evet	Hayır		
Yaz aylarında konutunuzun iç mekân sıcaklık düzeyini ne ölçüde konforlu buluyorsunuz?	Konforsuz	n	1	0	1	11,438
		%	0,9	0,0	0,8	(0,022*)
	Düşük Konfor	n	30	1	31	
		%	27,8	7,1	25,4	
	Orta Düzey	n	40	2	42	
		%	37,0	14,3	34,4	
	Konforlu	n	31	8	39	
		%	28,7	57,1	32,0	
	Çok Konforlu	n	6	3	9	
		%	5,6	21,4	7,4	

*p<0,05 anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Tablo 4.5'te, kış aylarında ısınma için ek ekipman veya yöntem kullanım durumu ile bu ekipmanların kullanım sıklığı arasındaki ilişki gösterilmiştir. Dağılımlar incelendiğinde, ek ekipmanları nadiren kullandığını belirten katılımcıların %4,7'si ekipman kullanırken %28,6'sı kullanmamaktadır. Ara sıra kullanan grubun %29'u ekipman kullanmakta, %21,4'ü ise kullanmamaktadır. Ekipmanları sık sık kullanan katılımcıların %66,4'ü kullanım yaptığını, %50 si ise kullanım yapmadığını ifade etmiştir.

Yapılan ki-kare analizi sonucunda elde edilen p=0,006 değeri, 0,05'in altında olduğundan iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuç, kış aylarında ek ısıtma/soğutma sistemi kullanımının kullanım sıklığıyla ilişkili olduğunu ortaya koyan bulgularla uyum göstermektedir [Field, 2013; Pallant, 2020].

Tablo 4.5: Kış aylarında ısınma için ekipman veya yöntem kullanılması (Ör: Isıtıcı, klima, kalın perde vb.) ile Ek ısıtma/soğutma sistemleri kullanıyorsanız, bu ekipmanları ne sıklıkla kullanıldığını arasındaki ilişki.

			Kış aylarında ısınma için ekipman veya yöntem kullanıyor musunuz? (Ör: ısıtıcı, klima, kalın perde vb.)		Toplam	X ² (p)
			Evet	Hayır		
Eğer ek ısıtma/soğutma sistemleri kullanıyorsanız, bu ekipmanları ne sıklıkla kullanıyorsunuz?	Nadiren	n	5	4	9	10,271
		%	4,7	28,6	7,4	(0,006*)
	Ara sıra	n	31	3	34	
		%	29,0	21,4	28,1	
	Sık sık	n	71	7	78	
		%	66,4	50,0	64,5	

*p<0,05 anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Tablo 4.6’da, yaz aylarında serinlemek için ek ekipman veya yöntem kullanımı ile bu ekipmanların kullanım sıklığı arasındaki ilişki gösterilmiştir. Ek ısıtma/soğutma sistemlerini nadiren kullandığını belirten katılımcıların %4,6’sı ekipman kullanırken %30,8’i kullanmamaktadır. Ara sıra kullanan grubun %26,9’u ekipman kullanmakta, %38,5’i ise kullanmamaktadır. Ekipmanları sık sık kullanan katılımcıların %68,5’i kullanım yaptığını, %30,8’i ise kullanım yapmadığını ifade etmiştir.

Yapılan ki-kare analizi sonucunda elde edilen p=0,001 değeri, 0,05’in altında olduğundan iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgu, serinleme amaçlı ek ekipman kullanımının kullanım sıklığıyla ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır [Field, 2013; Pallant, 2020].

Tablo 4.6: Yaz aylarında serinlemek için ek ekipman veya yöntem kullanılması ile Ek ısıtma/soğutma sistemleri kullanıyorsanız, bu ekipmanları ne sıklıkla kullanıldığını arasındaki ilişki.

			Yaz aylarında serinlemek için ek ekipman veya yöntem kullanıyor musunuz? (Ör: klima, vantilatör gibi)		Toplam	X ² (p)
			Evet	Hayır		
Eğer ek ısıtma/soğutma sistemleri kullanıyorsanız, bu ekipmanları ne sıklıkla kullanıyorsunuz?	Nadiren	n	5	4	9	13,781 (0,001*)
		%	4,6	30,8	7,4	
	Ara sıra	n	29	5	34	28,1
		%	26,9	38,5	28,1	
	Sık sık	n	74	4	78	64,5
		%	68,5	30,8	64,5	

*p<0,05 anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Tablo 4.7’de, konutta rutubet veya küf problemi yaşanan bir alanın bulunması ile duvar ya da cam kenarlarında yoğunlaşma (buğulanma) görülmesi arasındaki ilişki sunulmuştur. Rutubet veya küf sorunu bulunan katılımcıların %51,5’i yoğunlaşma gözlediğini, %6,7’si ise gözlemediğini belirtmiştir. Rutubet veya küf sorunu bulunmayan katılımcıların %48,5’i yoğunlaşma gözlediğini, %93,3’ü ise gözlemediğini ifade etmiştir.

Yapılan ki-kare analizi sonucunda elde edilen p=0,000 değeri, 0,05’in altında olduğundan iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgu, iç mekân nem sorunlarının yüzey yoğunlaşmasıyla ilişkili olabileceğine işaret eden önceki araştırmalarla uyumludur [Field, 2013; Pallant, 2020; Aydın ve Çalışkan, 2021].

Tablo 4.7: Konutunuzda rutubet veya küf problemi yaşadığınız bir alan ile Konutunuzda duvar ya da cam kenarlarında yoğuşma (buğulanma) gözlemlenmesi arasındaki ilişki.

			Konutunuzda duvar ya da cam kenarlarında yoğuşma (buğulanma) gözlemliyor musunuz?		Toplam	X ² (p)
			Evet	Hayır		
Konutunuzda rutubet veya küf problemi yaşadığınız bir alan bulunmaktadır?	Evet	n	17	6	23	31,546
		%	51,5	6,7	18,9	(0,000*)
	Hayır	n	16	83	99	
		%	48,5	93,3	81,1	

*p<0,05 anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Tablo 4.8’de, konutun doğal yollarla havalandırılmasında güçlük yaşanması ile konut içindeki hava sirkülasyonunun yeterli bulunması arasındaki ilişki sunulmuştur. Doğal havalandırmada güçlük yaşayan katılımcıların %10,6’sı hava sirkülasyonunu yeterli bulduğunu, %33,3’ü ise yeterli bulmadığını belirtmiştir. Doğal havalandırmada güçlük yaşamayan katılımcıların %89,4’ü hava sirkülasyonunu yeterli bulduğunu, %66,7’si ise yeterli bulmadığını ifade etmiştir.

Ki-kare analizi sonucunda elde edilen p=0,005 değeri, 0,05’in altında olduğundan iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuç, iç mekân hava hareketinin doğal havalandırma olanaklarıyla ilişkili olabileceğini ortaya koyan çalışmalarla uyumludur [Field, 2013; Pallant, 2020; Aydın ve Çalışkan, 2021]

Tablo 4.8: Konutunuzu doğal yollarla havalandırmakta güçlük yaşanması ile Konut içerisinde hava sirkülasyonunu yeterli bulunması arasındaki ilişki.

			Konut içerisinde hava sirkülasyonunu yeterli buluyor musunuz?		Toplam	X ² (p)
			Evet	Hayır		
Konutunuzu doğal yollarla havalandırmakta güçlük yaşıyor musunuz?	Evet	n	5	25	30	8,025
		%	10,6	33,3	24,6	(0,005*)
	Hayır	n	42	50	92	
		%	89,4	66,7	75,4	

*p<0,05 anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Tablo 4.9’da, konut içerisinde hava sirkülasyonunun yeterli bulunması ile pencereler açılmadan iç mekân havasının yeterince tazelendiğinin düşünülmesi arasındaki ilişki sunulmaktadır. Hava sirkülasyonunu yeterli bulan katılımcıların %85,7’si iç mekân havasının pencereler açılmadan yeterince tazelendiğini belirtmiş, %28’i ise tazelenmediğini ifade etmiştir. Hava sirkülasyonunu yeterli bulmayan katılımcıların %14,3’ü iç mekân havasının pencereler açılmadan tazelendiğini, %72’si ise tazelenmediğini belirtmiştir.

Ki-kare analizi sonucunda elde edilen $p=0,000$ değeri, 0,05’in altında olduğundan iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuç, hava hareketi yeterli olan iç mekânlarda hava tazelenme algısının daha yüksek olduğuna işaret eden çalışmaları desteklemektedir [Field, 2013; Pallant, 2020; Aydın ve Çalışkan, 2021].

Tablo 4.9: Pencereleri açmadan iç mekan havasının yeterince tazelenmesi ile Konut içerisinde hava sirkülasyonunu yeterli buluyor musunuz?” arasındaki ilişki.

		Pencereleri açmadan iç mekan havasının yeterince tazelendiğini düşünüyor musunuz?		Toplam	X ² (p)
		Evet	Hayır		
Konut içerisinde hava sirkülasyonunu yeterli buluyor musunuz?	Evet	n	18	28	46
		%	85,7	28,0	38,0
	Hayır	n	3	72	75
		%	14,3	72,0	62,0

* $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Tablo 4.10’da, çevreden gelen trafik, komşu sesi ve bina içi sesler gibi dış kaynaklı seslere ilişkin rahatsızlık düzeyi ile yaşam alanında ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanma düşüncesi arasındaki ilişki sunulmaktadır. Rahatsızlık düzeyini “hiçbir zaman” olarak belirten katılımcıların %4,3’ü ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanmayı düşündüğünü, %6,0’ı ise düşünmediğini ifade etmiştir. Rahatsızlık düzeyini “nadiren” olarak belirten katılımcıların %8,5’i ses yalıtımı düşünürken, %68,0’i düşünmediğini bildirmiştir. Rahatsızlığı “ara sıra” yaşayan katılımcıların %42,0’si ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanımını düşündüğünü, %10’u ise düşünmediğini belirtmiştir. Rahatsızlığı “sık sık” yaşayan katılımcıların % 28,2’si ses yalıtımı düşünürken, %6’sı düşünmediğini bildirmiştir.

Ki-kare analizine göre $p=0,000$ değeri 0,05'in altında olduğundan, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Bu sonuç, çevresel gürültüye maruz kalma düzeyinin ses yalıtımı ihtiyacının değerlendirilmesinde belirleyici olabileceğini ortaya koyan çalışmaları desteklemektedir [Field, 2013; Pallant, 2020; Aydın ve Çalışkan, 2021].

Tablo 4.10: Çevreden gelen seslerden (trafik, komşu sesi, bina içi sesler vb.) rahatsızlık düzeyiniz ile Yaşam alanınızda ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanması arasındaki ilişki.

			Yaşam alanınızda ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanmayı düşünüyor musunuz?		Toplam	X ² (p)
			Evet	Hayır		
Çevreden gelen seslerden (trafik, komşu sesi, bina içi sesler vb.) rahatsızlık düzeyiniz nedir?	Hiçbir zaman	n	3	3	6	49,710 (0,000*)
		%	4,2	6,0	5,0	
	Nadiren	n	6	34	40	
		%	8,5	68,0	33,1	
	Ara sıra	n	42	10	52	
		%	59,2	20,0	43,0	
	Sık sık	n	20	3	23	
		%	28,2	6,0	19,0	

* $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Tablo 4.11'de, apartman içinde komşulardan veya bina tesisatından gelen sesleri duyma sıklığı ile yaşam alanında ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanma düşüncesi arasındaki ilişki sunulmaktadır. Sesleri “hiçbir zaman” duyduğunu belirten katılımcıların %5,7'si ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanmayı düşündüğünü, %10'u ise düşünmediğini ifade etmiştir. Sesleri “nadiren” duyduğunu belirten katılımcıların %7,1'i ses yalıtımı düşünürken, %58'i düşünmediğini bildirmiştir. Sesleri “ara sıra” duyan katılımcıların %55,7'si ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanımını düşündüğünü, %26'sı ise düşünmediğini belirtmiştir. Sesleri “sık sık” duyan katılımcıların % 31,4'ü ses yalıtımı kullanmayı düşündüğünü, %6'sı ise düşünmediğini ifade etmiştir.

Ki-kare analizine göre $p=0,000$ değeri 0,05'in altında olup iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Bu sonuç, yapı içi gürültü maruziyetinin kullanıcıların ses yalıtımı ihtiyacına yönelik eğilimlerini

etkileyebildiğine işaret eden çalışmaları desteklemektedir [Field, 2013; Pallant, 2020; Aydın ve Çalışkan, 2021].

Tablo 4.11: Apartman içinde komşulardan veya bina tesisatından gelen sesleri sıklıkla duyuyor musunuz? (Ör: adım, konuşmalar veya su sesi gibi) ile Yaşam alanınızda ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanması arasındaki ilişki.

			Yaşam alanınızda ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanmayı düşünüyor musunuz?		Toplam	X ² (p)
			Evet	Hayır		
Apartman içinde	Hiçbir	n	4	5	9	42,335 (0,000*)
komşulardan veya bina	zaman	%	5,7	10,0	7,5	
tesisatından gelen sesleri	Nadiren	n	5	29	34	
sıklıkla duyuyor musunuz?		%	7,1	58,0	28,3	
(Ör: adım, konuşmalar veya	Ara sıra	n	39	13	52	
su sesi gibi)		%	55,7	26,0	43,3	
	Sık sık	n	22	3	25	
		%	31,4	6,0	20,8	

*p<0,05 anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Tablo 4.12’de, konutun inşaat kalitesi ve kullanılan yapı malzemelerinin değerlendirilmesi ile yapının deprem güvenliği açısından kullanıcıda oluşturduğu hissin ilişkisi gösterilmiştir. İnşaat kalitesini “orta” olarak değerlendiren katılımcıların %100’ü kendisini çok güvensiz hissettiğini, %57,1’i güvensiz hissettiğini, %75,9’u kararsız olduğunu, %35,4’ü güvenli hissettiğini ve %20’si çok güvenli hissettiğini belirtmiştir. İnşaat kalitesini “iyi” olarak değerlendiren katılımcıların %13,8’i kararsız olduğunu, %49,4’ü güvenli hissettiğini ve %35,5’i çok güvenli hissettiğini ifade etmiştir. İnşaat kalitesini “mükemmel” olarak nitelendiren katılımcıların %2,5’i güvenli hissettiğini ve %80’i çok güvenli hissettiğini bildirmiştir. Ki-kare analizinde p=0,000 değeri 0,05’in altında olup iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Bu sonuç, yapı kalitesi ve kullanılan malzemelere ilişkin kullanıcı algısının deprem güvenliği hissi üzerinde etkili olabileceğini ortaya koyan çalışmaları desteklemektedir [Field, 2013; Pallant, 2020].

Tablo 4.12: Konutunuzun inşaat kalitesi ve kullanılan yapı malzemelerini değerlendirilmesi ile Bu yapının deprem güvenliği açısından size verdiği his ile arasındaki ilişkinin dağılımı.

		Bu yapının deprem güvenliği açısından size verdiği his nedir?						Toplam	X ² (p)
			Çok güvensiz hissediyorum	Güvensiz hissediyorum	Kararsızım	Güvenli hissediyorum	Çok güvenli hissediyorum		
Konutunuzun inşaat kalitesi ve kullanılan yapı malzemelerini nasıl değerlendirirsiniz?	Çok kötü	n	0	0	0	1	0	1	87,99
		%	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,8	8
	Kötü	n	0	3	3	9	0	15	(0,000*)
		%	0,0	42,9	10,3	11,4	0,0	12,4	
	Orta	n	1	4	22	28	1	56	
		%	100,0	57,1	75,9	35,4	20,0	46,3	
	İyi	n	0	0	4	39	0	43	
		%	0,0	0,0	13,8	49,4	0,0	35,5	
	Mükemmel	n	0	0	0	2	4	6	
		%	0,0	0,0	0,0	2,5	80,0	5,0	

*p<0,05 anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

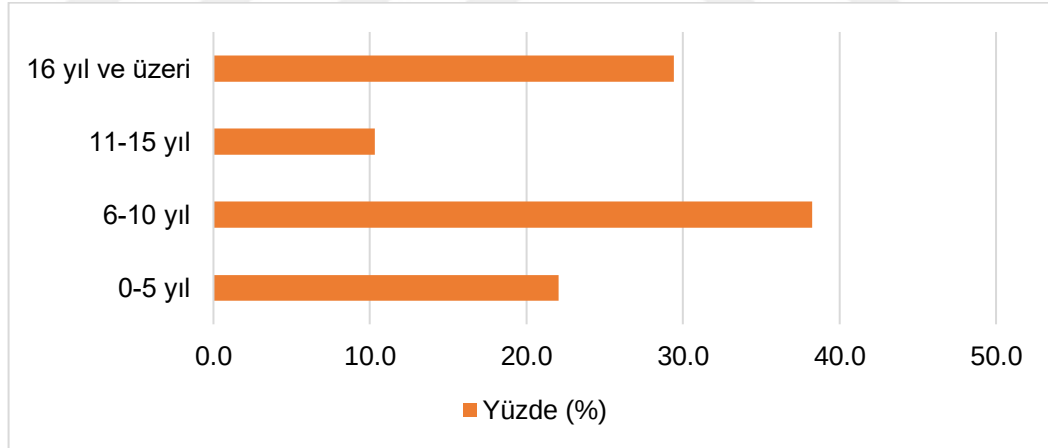
Anket sonuçları, kullanıcıların deprem güvenliği algılarının yalnızca tünel kalıp sisteminin yapısal dayanımı ile değil, aynı zamanda işçilik, malzeme kalitesi ve detay çözümleri hakkındaki gözlemleriyle de şekillendiğini göstermektedir. Tünel kalıp sistemi teknik olarak yüksek yatay rijitlik sağlayan bir yöntem olsa da kullanıcılar açısından algılanan güvenlik, kullanılan malzemenin kalitesi ve uygulama titizliğiyle doğrudan bağlantılıdır.

Bulgular, deprem riskinin yüksek olduğu Türkiye gibi ülkelerde, yapı kalitesine ilişkin kullanıcı algısının yalnızca konfor ve estetikle sınırlı kalmadığını; doğrudan can güvenliği ve yaşam güvenliği algısını da belirlediğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, konut üretiminde yalnızca taşıyıcı sistemin dayanımına odaklanmak yeterli olmayıp, malzeme seçimi, inşaat süreci ve denetim mekanizmalarının bütüncül şekilde ele alınması gerektiği söylenebilir.

4.5.2. Proje Ekibine Yönelik Anket Sonuçlarının Analizi

Proje ekibine yönelik anket çalışması, tünel kalıp sisteminin uygulama sürecine dair profesyonel deneyimi, teknik bilgi birikimini ve sistem performansına ilişkin değerlendirmeleri bütüncül olarak ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda elde edilen veriler; ısı konfor, nem oluşumu, havalandırma ve hava sirkülasyonu, doğal havalandırma olanakları, dış duvar ısı yalıtımı, ısı köprülerine yönelik çözümler, yalıtım detaylarının projeye entegrasyonu, yapı elemanlarının ses performansı, komşu birimler arası ses geçişi, mekanik sistem kaynaklı gürültü, dış çevre gürültüsü, malzeme seçimi, uygulama denetimi ve deprem sonrası performans gözlemleri gibi başlıklara ilişkin görüşleri kapsamaktadır.

Katılımcıların mesleki deneyim süresi dağılımı **Şekil 4.32’te** sunulmuştur. Katılımcıların %38,2’ü 6–10 yıl, %29,4’ü 16 yıl ve üzeri, %22,1’i 0–5 yıl ve %10,3’ü 11–15 yıl deneyime sahiptir. Deneyimin büyük oranda 6 yıl ve üzerinde yoğunlaşması, tünel kalıp sisteminin uygulama sürecinde uzmanlaşma gerektiren ardışık ve hızlı üretim tekniğiyle uyumludur [**Kalkan ve Balkaya, 2004**].



Şekil 4.40: Proje ekibinin mesleki deneyim süresi dağılımı.

Tablo 4.13: Proje ekibine yönelik demografik bilgi.

Değişkenler	Grup	n	%
Mesleki Deneyim Süresi	0-5 yıl	15	22,1
	6-10 yıl	26	38,2
	11-15 yıl	7	10,3
	16 yıl ve üzeri	20	29,4

Tablo 4.14’te proje ekibinin tünel kalıp sistemine ilişkin değerlendirmeleri; ısı konfor, kullanıcı kaynaklı nem ve oluşum durumu, havalandırma ve hava sirkülasyonu, doğal havalandırma olanakları, dış duvar ısı yalıtımı, ısı köprülerine yönelik çözümler ve yalıtım detaylarının projeye entegrasyonu gibi başlıklar üzerinden sunulmuştur. Ayrıca yapı elemanlarının ses yalıtım performansı, komşu birimler arası ses geçişini azaltmaya yönelik uygulamalar, mekanik sistem sesine ilişkin alınan önlemler, dış çevre gürültüsüne karşı kullanılan çözümler ve ses yalıtımıyla ilgili karşılaşılan sorunlara dair veriler tabloda yer almaktadır. Deprem güvenliği, deprem sonrası performansla ilişkin gözlemler, sistem tercihindeki değişim ve tasarım sürecine yönelik görüşler de tablonun kapsamını oluşturan diğer başlıklardır.

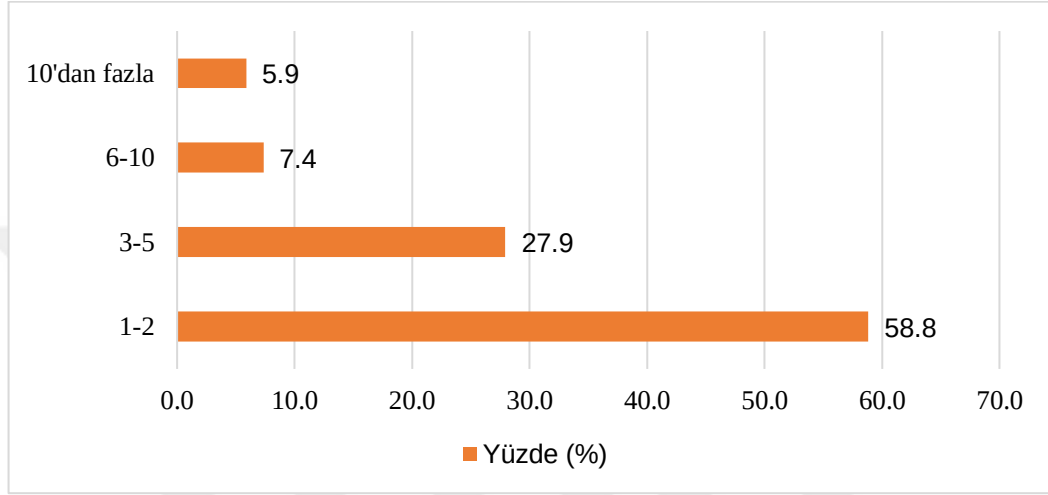
Tablo 4.14: Proje ekibinin deneyim ve değerlendirmeleri.

Değişkenler	Grup	n	%
Tünel kalıp sistemi ile gerçekleştirilmiş kaç projede yer aldınız?	1-2	40	58,8
	3-5	19	27,9
	6-10	5	7,4
	10'dan fazla	4	5,9
Tünel kalıp sistemini hangi bina türlerinde deneyimlediniz?	Toplu Konut	56	88,9
	Rezidans	1	1,6
	Öğrenci yurdu	2	3,2
	Otel	2	3,2
	Okul	1	1,6
	İsyeri	1	1,6
Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda ısısal konfor düzeyini genel olarak nasıl değerlendirirsiniz?	Kötü	3	4,4
	Orta	22	32,4
	İyi	34	50,0
	Çok iyi	9	13,2
Kullanıcılardan ısısal konforla ilgili şikayetler aldınız mı?	Evet-Ara sıra	31	46,3
	Hayır	36	53,7
Kış aylarında ısı kaybı, yaz aylarında ısı kazancı açısından sistemin performansını nasıl değerlendirirsiniz?	Kötü	3	4,4
	Orta	23	33,8
	İyi	37	54,4
	Çok iyi	5	7,4
Dış duvarların ısı yalıtımı açısından yeterliliği konusunda görüşünüz nedir?	Kesinlikle yetersiz	1	1,5
	Yetersiz	4	5,9
	Orta düzeyde	28	41,2
	Yeterli	27	39,7
	Kesinlikle yeterli	8	11,8
Isı köprülerini önlemek için özel bir yalıtım detayı ve teknik çözüm geliştirdiniz mi? (Cevabınız evet ise belirtiniz)"	Evet	12	18,5
	Hayır	53	81,5
Isı yalıtım detaylarının mimari projeye entegrasyonu açısından tünel kalıp sisteminin tasarım esnekliğini nasıl değerlendirirsiniz?	Çok kısıtlı	3	4,4
	Kısıtlı	28	41,2
	Esnek	32	47,1
	Çok esnek	5	7,4
Uygulamada karşılaştığımız başlıca yalıtım sorunları nelerdir?	Detay çözümünde zorluk	9	13,6
	Düşük enerji verimi	6	9,1
	Uygulama hataları/işçilik problemleri	39	59,1

Tablo 4.14: Devamı.

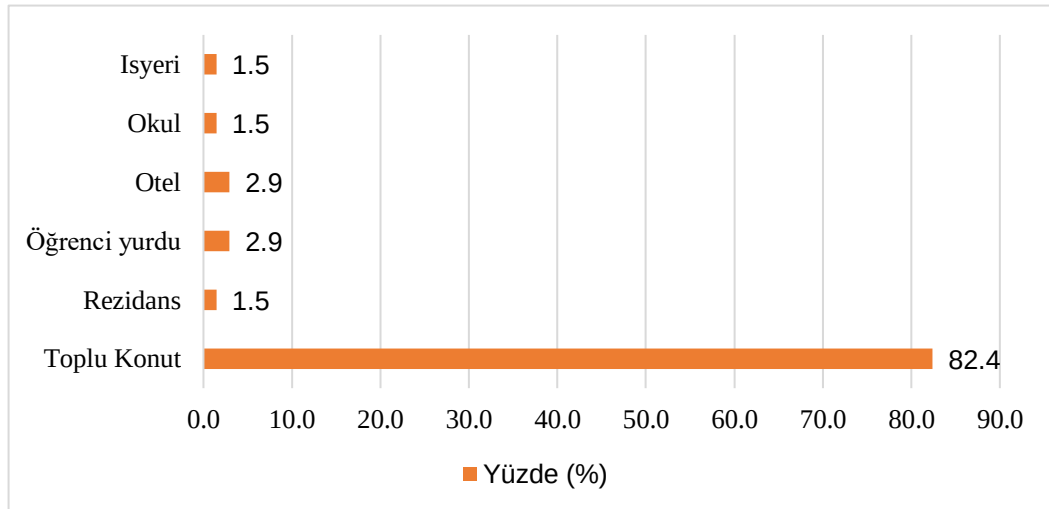
	Sorun yaşamadım	12	18,2
Tünel kalıp sistemli konutlarda kullanıcı kaynaklı nem/yoğuşma/küf şikayetlerine rastladınız mı?	Evet	23	33,8
	Hayır	45	66,2
Havalandırma ve hava sirkülasyonu açısından sistemin performansını nasıl değerlendirirsiniz?	Yetersiz	3	4,4
	Kısmen yeterli	37	54,4
	Yeterli	28	41,2
Mekânsal yerleşim (plan şeması) açısından doğal havalandırma olanakları sistemle uyumlu mu?	Evet	29	42,6
	Hayır	3	4,4
	Kısmen	36	52,9
Tünel kalıp sistemde kullanılan yapı elemanlarının ses yalıtım performansını nasıl değerlendirirsiniz?	Çok zayıf	4	5,9
	Zayıf	10	14,7
	Orta	20	29,4
	İyi	26	38,2
	Çok iyi	8	11,8
Komşu daireler ve katlar arasında ses geçişini azaltmak için hangi teknik çözümleri uyguluyorsunuz?	Bölme duvarlarda ses yalıtımı	21	32,3
	Katlar arası ses yalıtım katmanları	36	55,4
	Yüzer döşeme	5	7,7
	Katlar arası şap altı 2 cm polietilen şilte ve bölme duvarda ses yalıtımı	1	1,5
	Normal döşeme	1	1,5
	Gerek duyulmuyor	1	1,5
Mekanik sistemlerin (su tesisatı, havalandırma, asansör vs.) seslerini engellemek için özel bir yalıtım önlemi alıyor musunuz? (Evet ise belirtiniz)"	Evet	22	32,8
	Hayır	45	67,2
Dış çevre gürültüsüne karşı hangi çözümler uygulanıyor?	Cephe kaplama sistemleri	28	41,2
	Yüksek performanslı pencere/cam sistemleri	27	39,7
	Uygulama yapılmadı	12	17,6
	İç cephe kaplaması	1	1,5
Tünel kalıp sisteminde ses yalıtımı açısından karşılaştığınız başlıca sorunlar nelerdir?	Kullanıcı şikayetleri	7	10,9
	Malzeme seçimi yetersizliği	13	20,3
	Yalıtım detaylarının entegrasyon zorluğu	7	10,9
	Yapısal ses iletimi (duvar-tavan bütünlüğü)	26	40,6
	Sorun yaşamadım	11	17,2
Tünel kalıp sisteminin deprem güvenliği açısından genel değerlendirmesi nedir?	Güvensiz	1	1,5
	Kararsızım	8	11,9
	Güvenilir	25	37,3
	Çok güvenilir	33	49,3
6 Şubat 2023 depremleri sonrası sistemin performansına ilişkin gözlemlerinizi nelerdir?	Yetersiz	3	4,5
	Orta düzeyde	10	14,9
	Beklentimi karşıladı	39	58,2
	Beklentimin üzerinde	15	22,4
Deprem performansını artırmak için hangi yapısal önlemlerin alınması gerektiğini düşünüyorsunuz?	Beton dayanımının artırılması	4	6,5
	Donatı detaylarının iyileştirilmesi	11	17,7
	Kat yüksekliğinin sınırlandırılması	10	16,1
	Zemin-yapı etkileşiminin güçlendirilmesi	37	59,7
Bu depremler sonrasında tünel kalıp sistemini tercih etme eğiliminiz değişti mi?	Tercih etmeyeceğim	1	1,5
	Bir miktar azaldı	2	3,0
	Aynı kaldı	30	44,8
	Tercihim arttı	34	50,7
Sizce sistemde gözden geçirilmesi gereken temel tasarım kriterleri nelerdir?	Deprem yüklerinin yeniden değerlendirilmesi	9	14,1
	Kat planlamasının optimize edilmesi	8	12,5
	Malzeme kalitesinin artırılması	8	12,5
	Uygulama denetiminin artırılması	39	60,9
Tünel kalıp sisteminin mimari tasarım süreci üzerindeki etkisini nasıl değerlendirirsiniz?	Tasarımı sınırlandırıyor	46	68,7
	Nötr	8	11,9
	Tasarımı kolaylaştırıyor	13	19,4
Sistemle ilgili kullanıcı geri bildirimleri sizce en çok hangi başlıklarda yoğunlaşıyor? (Lütfen işaretleyiniz)	Doğal havalandırma	5	8,6
	Isı konforu	14	24,1
	Mekânsal monotonluk	23	39,7
	Ses yalıtımı	16	27,6

Katılımcıların tünel kalıp uygulamalarında yer aldıkları proje sayıları **Şekil 4.41’de** gösterilmiştir. Uzmanların %58,8’i 1–2 projede, %27,9’u 3–5 projede, %7,4’ü 6–10 projede ve %5,9’u 10’dan fazla projede görev almıştır. Bu sonuç, tünel kalıp sisteminin konut üretiminde yaygın bir yöntem olduğunu göstermekte olup hızlı kalıp çevrim sürelerinin uygulamada tekrar eden iş akışları oluşturduğu bilinen bir yapım karakteristiğidir [Alça, 2012].



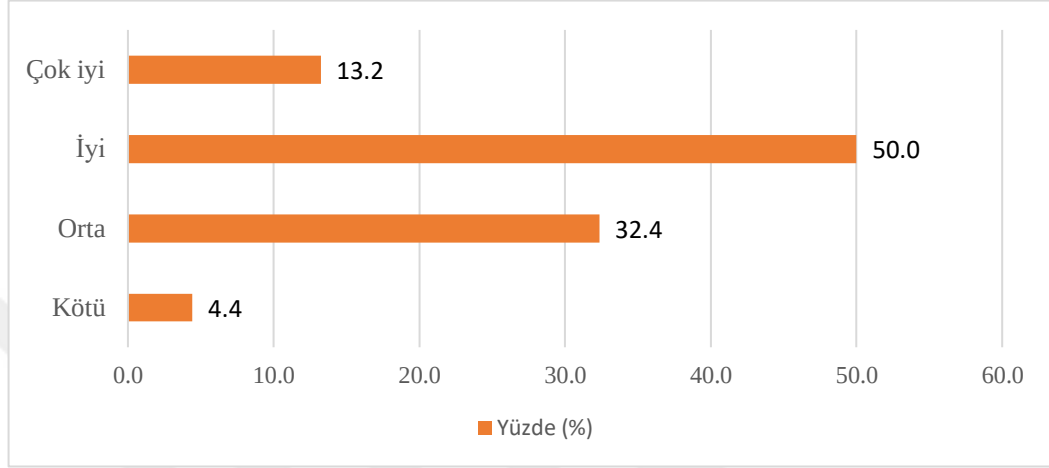
Şekil 4.41: Proje ekibinin görev aldığı proje sayıları.

Katılımcıların tünel kalıp deneyimlerinin gerçekleştirildiği yapı türleri **Şekil 4.42’de** sunulmuştur. Deneyimin %82,4 oranıyla toplu konutlarda yoğunlaştığı, öğrenci yurdu ve otel yapılarında %5,8 oranında, rezidans, okul ve iş yeri türlerinde ise %1,5 oranında gerçekleştiği görülmektedir. Sistemin toplu konutlarda yoğun tercih edilmesi, modüler üretime uygunluğu ve büyük ölçekli projelerde sağladığı hızla uyumludur [Dede vd., 2023].



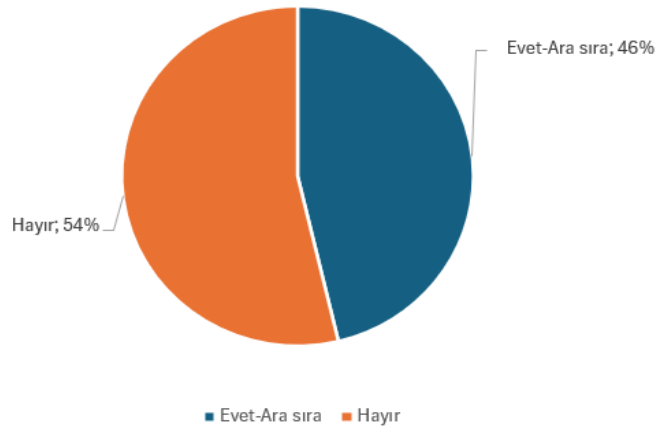
Şekil 4.42: Proje ekibinin deneyimlediği tünel kalıp sistemli bina türleri.

Tünel kalıp yapılarının genel ısısal konfor düzeyine ilişkin değerlendirmede, proje ekibinin %50'si konforu “iyi”, %32,4'ü “orta”, %13,2'si “çok iyi”, %4,4'ü ise “kötü” olarak **Şekil 4.43'de** sunulmuştur. Değerlendirmelerin büyük ölçüde olumlu olması, tünel kalıpta betonarme yüzey sürekliliğinin oluşturduğu ısı kütlesi etkisinin iç mekân sıcaklık değişimlerini sınırlayabilmesi ile tutarlıdır [Altan ve Korkut, 2019].



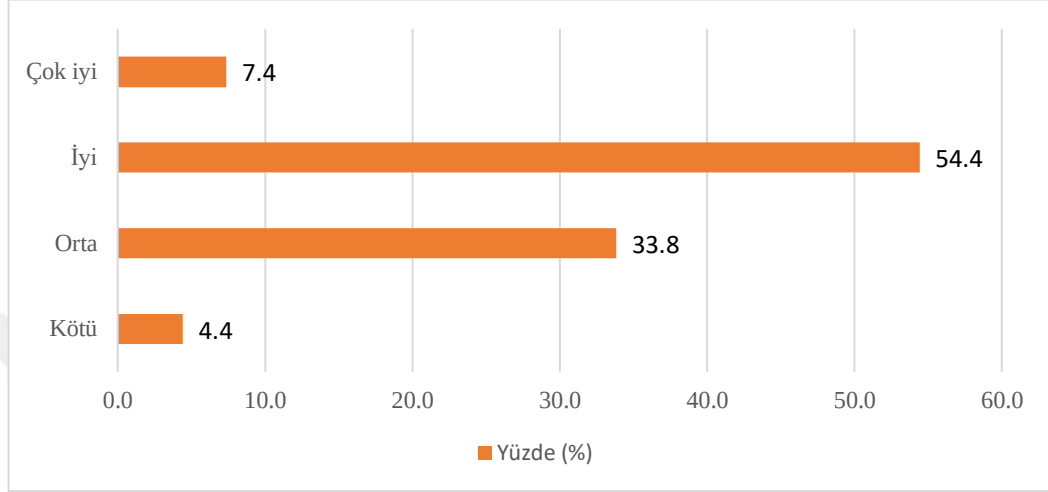
Şekil 4.43: Tünel kalıp konutların ısısal konfor düzeyi değerlendirmeleri.

Kullanıcılardan ısısal konforla ilgili şikâyet alınıp alınmadığına ilişkin **Şekil 4.44'de** proje ekibinin %46,27'si şikâyet aldığını, %53,73'ü ise almadığını bildirmiştir. Tünel kalıp yapılarda ısı köprülerinin özellikle pencere ve döşeme-duvar birleşimlerinde daha belirgin olabilmesi, kullanıcılardan gelen geri bildirimlerin temel nedenleri arasında yer almaktadır [Göçer ve Yılmaz, 2020].



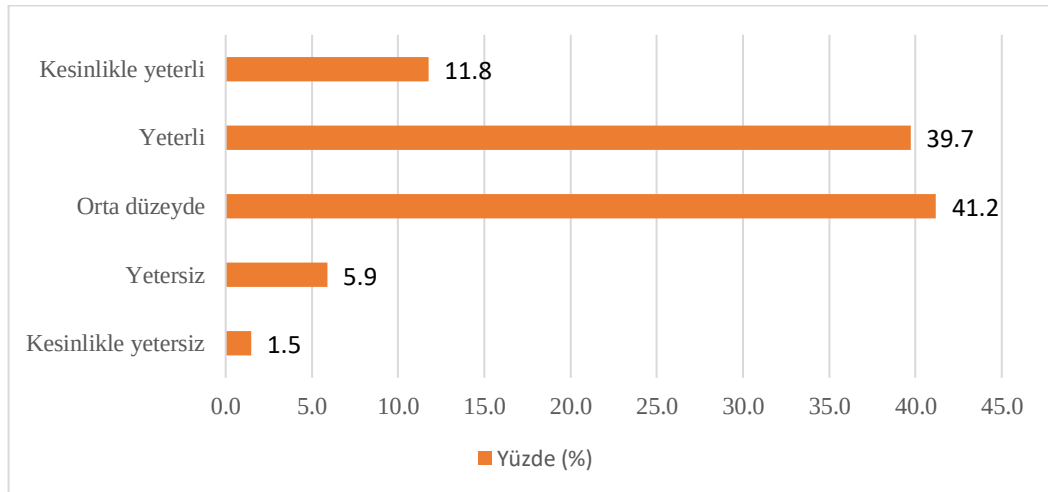
Şekil 4.44: Kullanıcılardan ısısal konfor şikâyeti alınma durumu.

Sistem performansının mevsimsel ısı davranışı açısından **Şekil 4.45’de** proje ekibinin %54,4’ü performansı “iyi”, %33,8’i “orta”, %7,4’ü “çok iyi”, %4,4’ü ise “kötü” olarak değerlendirilmesi sunulmuştur. Tünel kalıp sisteminin monolitik betonarme kabuğu sayesinde kışın ısı kaybını azaltması ve yazın ısı gecikme sağlaması literatürde de belirtilmektedir [**Pallant, 2020**].



Şekil 4.45: Kışın ısı kaybı–yazın ısı kazancı performans değerlendirmeleri.

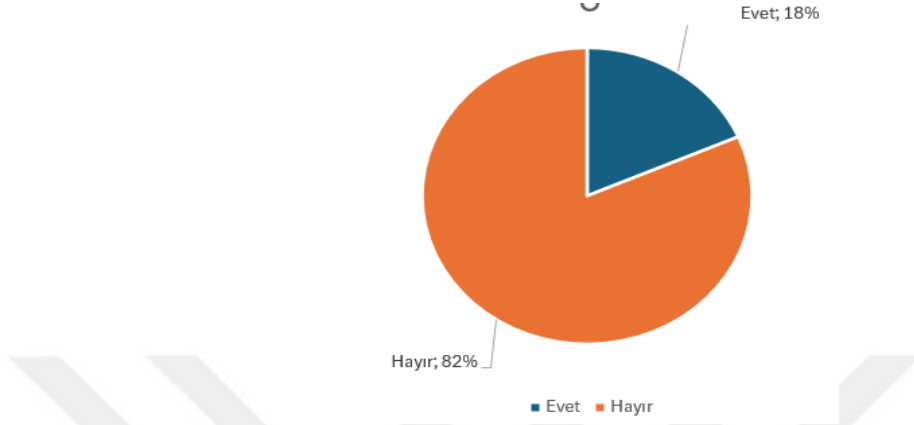
Dış duvar ısı yalıtımının yeterliği **Şekil 4.46’da** %5,9’u “yetersiz” ve %1,5’i “kesinlikle yetersiz” bulmuştur. Tünel kalıpta dış duvarların betonarme yüzeylerden oluşması nedeniyle ısı yalıtımı performansının büyük ölçüde dıştan mantolama uygulamalarının doğruluğuna bağlı olduğu bilinmektedir [**Dede vd., 2023**].



Şekil 4.46: Dış duvarların ısı yalıtımı açısından yeterliliği.

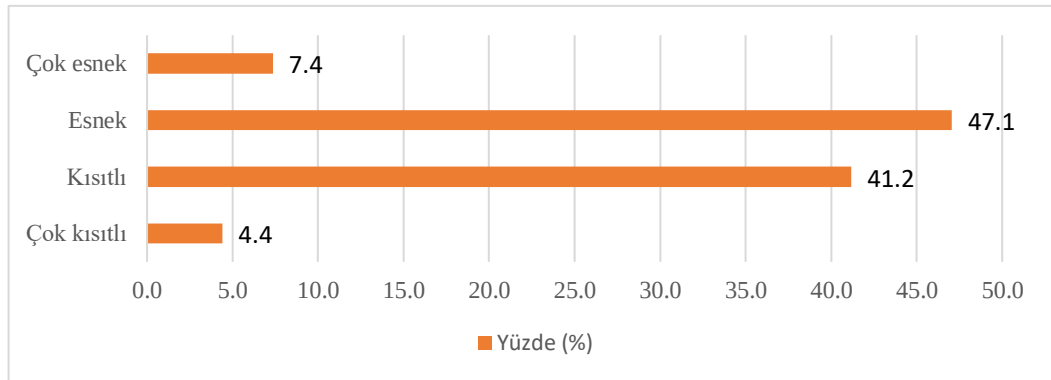
Tünel kalıp sisteminde ısı köprülerini önlemeye yönelik özel bir yalıtım detayı veya teknik çözüm geliştirme durumuna ilişkin **Şekil 4.47’de** proje ekibinin %18’i özel bir

çözüm geliştirdiğini, %82'si ise geliştirmedeğini belirtmiştir. Tünel kalıp sistemlerinde ısı köprülerinin önlenmesi, betonarme yüzey sürekliliği nedeniyle detay geliştirme gereksiniminin arttığı bir konu olarak tanımlanmaktadır [Altun, 2018].



Şekil 4.47: “Isı köprülerini önlemek için özel bir yalıtım detayı ve teknik çözüm geliştirdiniz mi?” değerlendirmeleri.

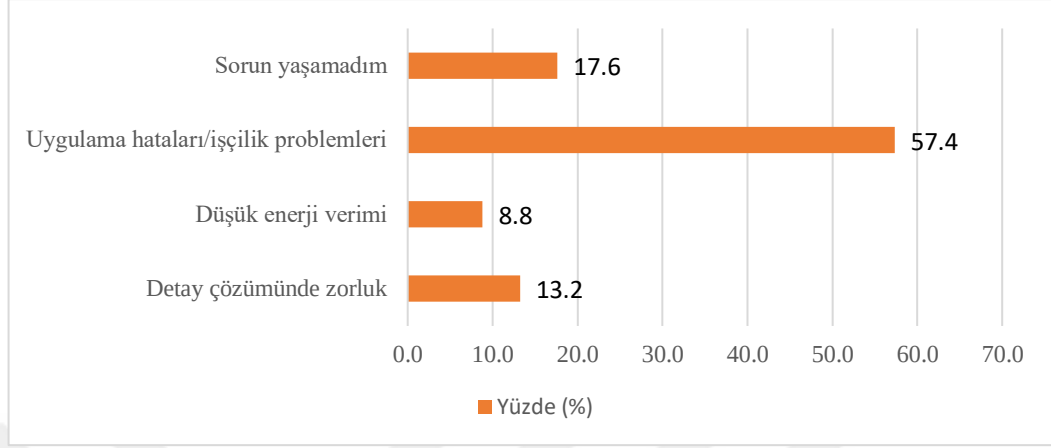
Tünel kalıpta ısı yalıtım detaylarının mimariye entegrasyonuna yönelik tasarım esnekliği konusunda Şekil 4.48’de proje ekibinin %47,1’i esnek, %41,2’si kısıtlı, %7,4’ü çok esnek, %4,4’ü ise çok kısıtlı olarak değerlendirmiştir. Tünel kalıp sisteminin modüler ve tekrarlı taşıyıcı duvar düzeni, açıklık konumları ve plan kurgusunu sınırlandırmakta, bu durum yalıtım detaylarının uygulanabilirliğini de doğrudan etkilemektedir [Kalkan ve Balkaya, 2004].



Şekil 4.48: Isı yalıtım detaylarının mimari projeye entegrasyonu açısından tasarım esnekliği.

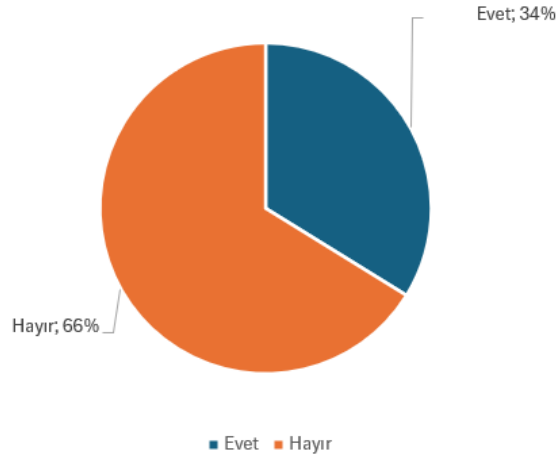
Tünel kalıp yapılarda karşılaşılan temel yalıtım sorunları konusunda Şekil 4.49’da proje ekibinin %57,4’ü uygulama hataları ve işçilik kaynaklı problemleri, %13,2’si detay çözümünde zorlukları, %8,8’i düşük enerji verimini sorun olarak belirtmiş;

%17,6'sı ise herhangi bir sorun yaşamadığını bildirmiştir. Uygulama kalitesinin yalıtım performansını belirleyen temel unsur olduğu literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır [Göçer veYılmaz, 2020].



Şekil 4.49: Uygulamada karşılaşılan başlıca yalıtım sorunları.

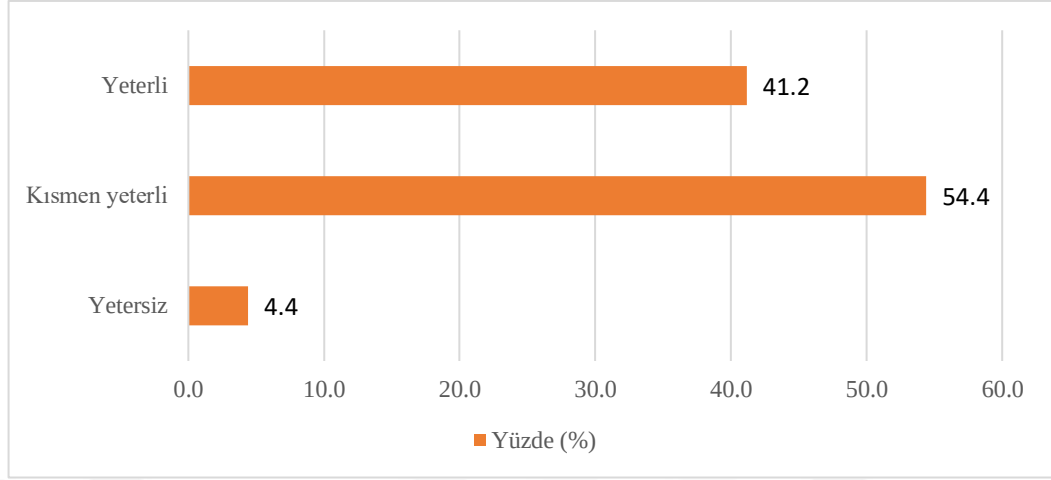
Kullanıcı kaynaklı nem ve küf şikâyetlerinin tünel kalıp sistemli konutlarda görülme durumu hususunda **Şekil 4.50'de** proje ekibinin %66'sı şikâyetle karşılaştığını, %34'ü ise karşılaşmadığını bildirmiştir. Tünel kalıp sistemlerinde betonarme yüzeylerin sürekliliği nedeniyle nemin yapı içinde hapsolme olasılığının arttığı bilinmektedir [Aydemir, 2019].



Şekil 4.50: “Tünel kalıp sistemli konutlarda kullanıcı kaynaklı nem/oluşum şikâyetlerine rastladınız mı?” dağılımı.

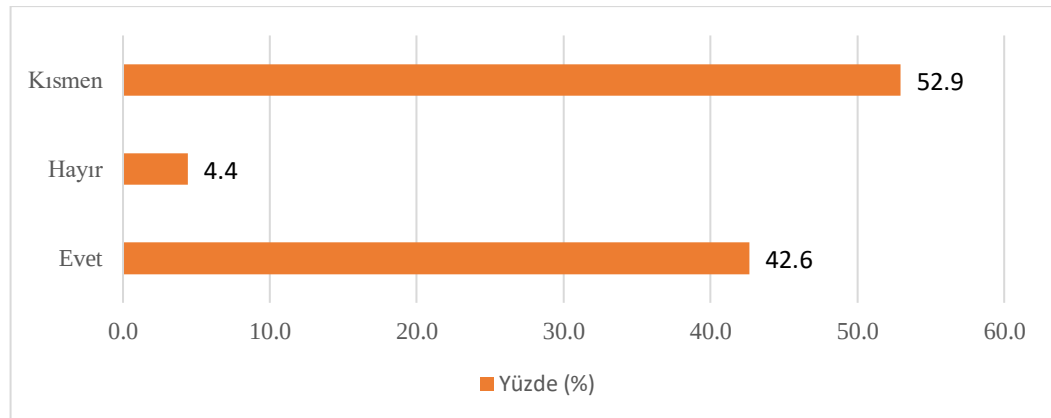
Tünel kalıp yapılarda havalandırma ve hava sirkülasyonu performansına ilişkin değerlendirmeler konusunda **Şekil 4.51'de** proje ekibinin %4,4'ü yetersiz, % 54,4'ü kısmen yeterli, %41,2'si ise yeterli bulunduğunu belirtmiştir. Tünel kalıp sistemlerinde

doğal hava akışının sağlanması, plan şeması ve açıklık organizasyonu ile doğrudan ilişkili kabul edilmektedir [Turan ve Pakdil, 2021].



Şekil 4.51: “Havalandırma ve hava sirkülasyonu açısından sistem performansını nasıl değerlendirirsiniz?” dağılımı.

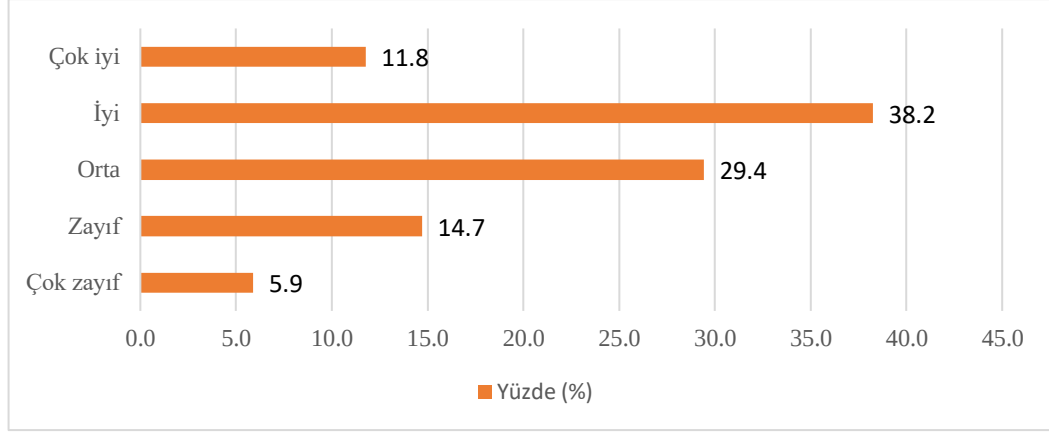
Doğal havalandırma olanaklarının tünel kalıp sistemiyle uyumuna ilişkin **Şekil 4.52’de** proje ekibinin %42,6’sı sistemin plan şemasıyla uyumlu olduğunu, % 4,4’ü uyum göstermediğini ve %52,9’u kısmen uyum sağladığını ifade etmiştir. Tünel kalıp sistemlerinde açıklık konumları ve mekânsal organizasyon, doğal havalandırma kapasitesinin belirlenmesinde önemli bir tasarım bileşeni olarak tanımlanmaktadır [Keskin ve Karahan, 2020].



Şekil 4.52: “Mekânsal yerleşim (plan şeması) açısından doğal havalandırma olanakları sistemle uyumlu mu?” dağılımı.

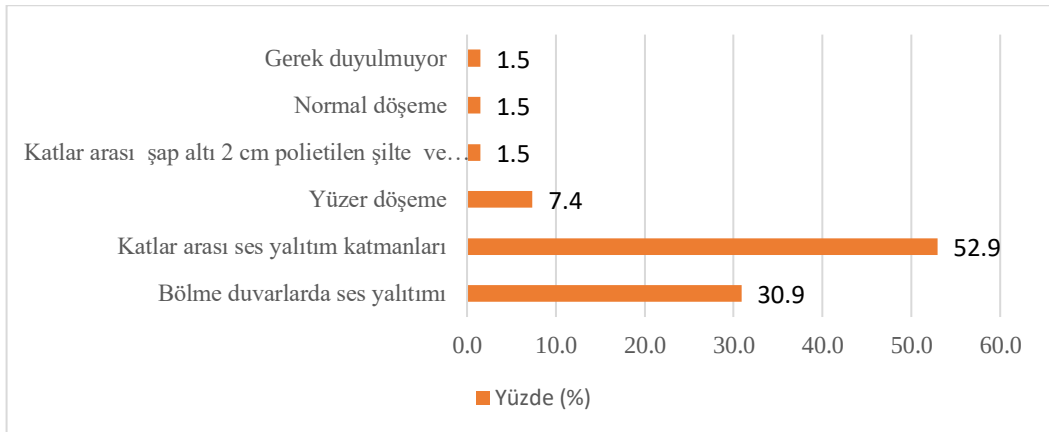
Tünel kalıp yapılarında kullanılan yapı elemanlarının ses yalıtım performansına ilişkin proje ekibinin **Şekil 4.53’te** %5,9’u çok zayıf, % 14,7’si zayıf, % 29,4’ü orta, %38,2’si iyi ve %11,8’i çok iyi performans bildirmiştir. Tünel kalıp sistemlerinde

betonarme yüzeylerin sürekliliği darbe sesi iletimini artırdığı için ses yalıtım performansının büyük ölçüde sonradan uygulanan yalıtım katmanlarına bağlı olduğu ifade edilmektedir [Çelik ve Torun, 2018].



Şekil 4.53: “Tünel kalıp sisteminde kullanılan yapı elemanlarının ses yalıtım performansı” dağılımı.

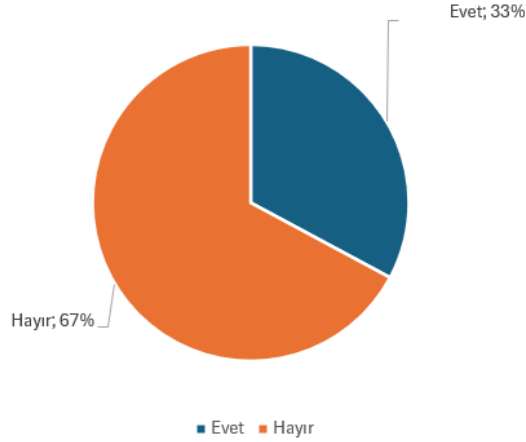
Ses geçişini azaltmaya yönelik kullanılan teknik çözümlerin dağılımında proje ekibinin **Şekil 4.54’de** %30,9’u bölme duvarlarda ses yalıtımı, % 52,9’u katlar arası ses yalıtım katmanları, %7,4’ü yüzey döşeme, %1,5’i katlar arası şap altı polietilen uygulaması ve %1,5’i normal döşeme kullanımını tercih ettiği görülmüştür. Tünel kalıp yapılarında katlar arası ses yalıtımının belirleyici olduğu kabul edilmektedir [Balkaya ve Kalkan, 2004].



Şekil 4.54: “Komşu daire ve katlar arasında ses geçişini azaltmak için hangi teknik çözümleri uyguluyorsunuz?” dağılımı.

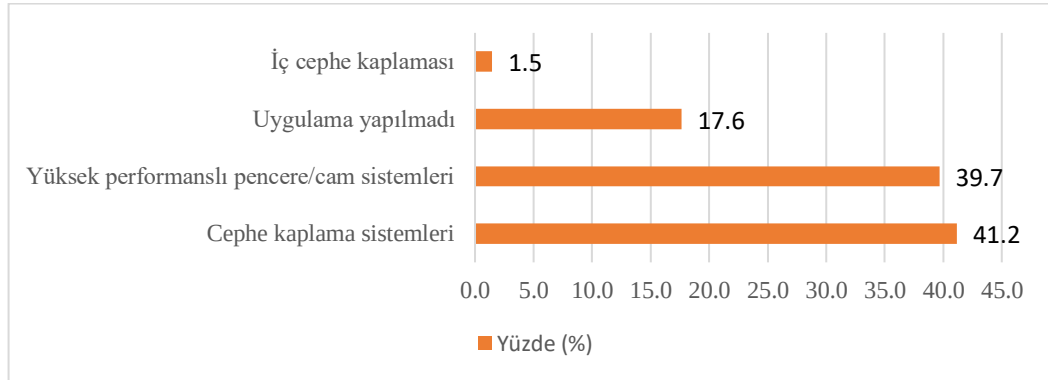
Mekanik tesisat kaynaklı seslerin kontrolüne yönelik uygulamalar konusunda **Şekil 4.55’de** proje ekibinin %67 si özel bir önlem aldığını, %32 si ise almadığını belirtmiştir. Tünel kalıp yapılarda mekanik sistemlerin betonarme yüzeylerle temas

etmesi durumunda titreşim kaynaklı ses iletiminin arttığı ve özel yalıtım önlemlerinin gerekli olduğu bildirilmektedir [Zeren, 2017].



Şekil 4.55: “Mekanik sistemlerin sesini engellemek için özel bir yalıtım önlemi alıyor musunuz?” dağılımı.

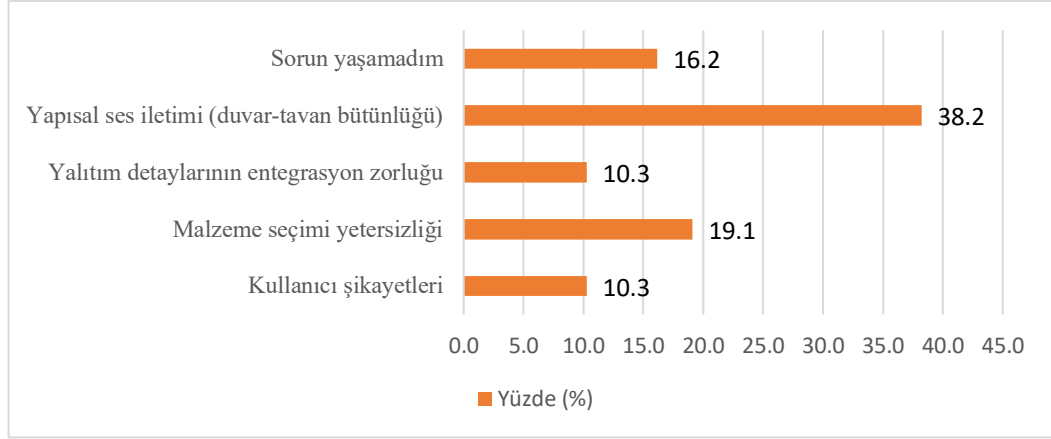
Dış çevre gürültüsüne karşı kullanılan çözümler konusunda **Şekil 4.56’da** proje ekibinin %41,2’si cephe kaplama sistemlerini, %39,7’si yüksek performanslı pencere/kapı sistemlerini, %17,6’sı uygulama yapılan cepheyi ve %1,5’i iç cephe kaplamasını çözüm olarak sunulmuştur. Tünel kalıp sistemlerinde dış gürültünün azaltılmasında cephe tabakasının performansı belirleyici kabul edilmektedir [Demir ve Bozkurt, 2016].



Şekil 4.56: “Dış çevre gürültüsüne karşı hangi çözümler uygulanıyor?” dağılımı.

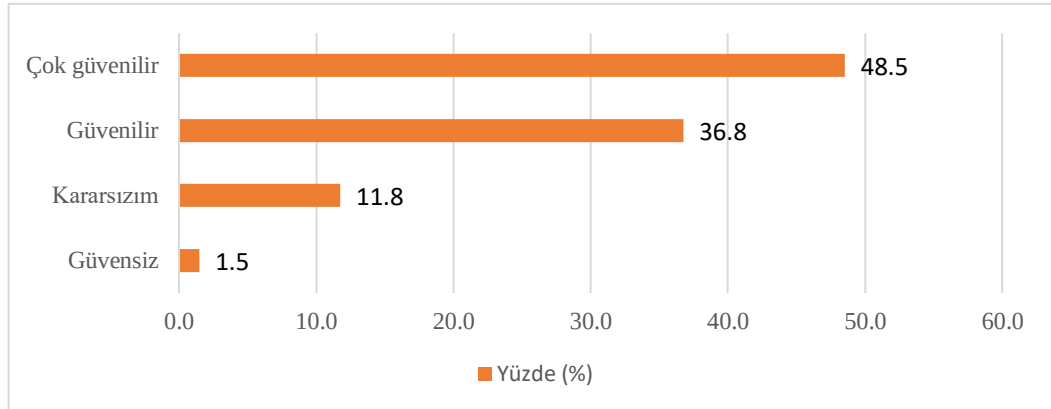
Tünel kalıp sisteminde ses yalıtımıyla ilişkili sorunlara yönelik katılımcı değerlendirmeleri **Şekil 4.57’de** sunulmuştur. Proje ekibinin %10,3’ü kullanıcı şikâyetlerini, %19,1’i malzeme seçiminin yetersizliğini, %10,3’ü yalıtım detaylarının entegrasyon zorluğunu ve %38,2’si yapısal ses iletimini (duvar–tavan bütünlüğü) başlıca sorun olarak belirtmiştir. Ayrıca katılımcıların %16,2’si herhangi bir sorun yaşamadığını ifade etmiştir. Tünel kalıp sistemlerinde betonarme yüzey sürekliliğinin

yapısal ses iletimini artırdığı, bu nedenle ses yalıtım performansının büyük ölçüde ek yalıtım katmanlarının detay çözümüne bağlı olduğu belirtilmektedir [Pamir, 2015].



Şekil 4.57: “Tünel kalıp sisteminde ses yalıtımı açısından karşılaştığınız başlıca sorunlar Nelerdir?” dağılımı.

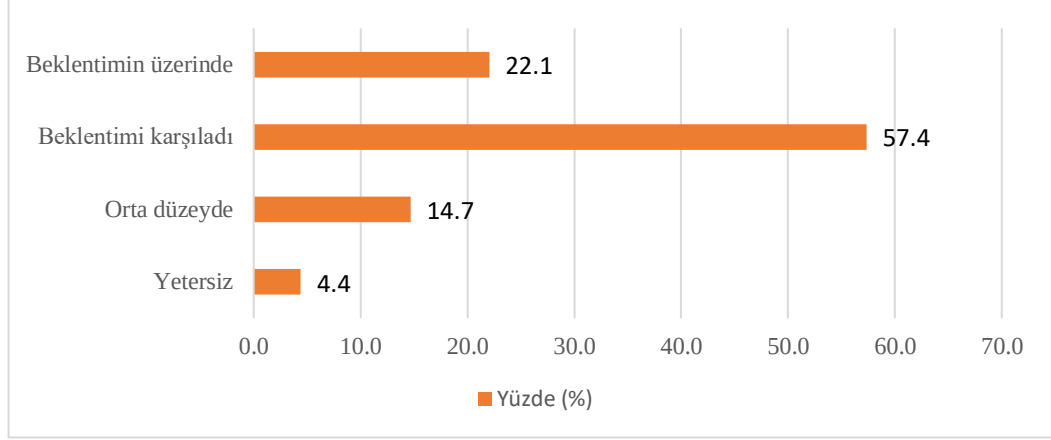
Tünel kalıp sisteminin deprem güvenliğine ilişkin değerlendirmeler Şekil 4.58’de sunulmuştur. Proje ekibinin %5’i güvensiz, %11,8’i kararsız, %36,8’i güvenilir ve %48,5’i çok güvenilir görüş bildirmiştir. Tünel kalıp yapılar rijit kutu davranışı ve monolitik taşıyıcı bütünlüğü sayesinde deprem etkilerine karşı yüksek performans göstermektedir [Gülkan ve Sözen, 2014].



Şekil 4.58: “Tünel kalıp sisteminin deprem güvenliği açısından genel değerlendirmesi nedir?” dağılımı.

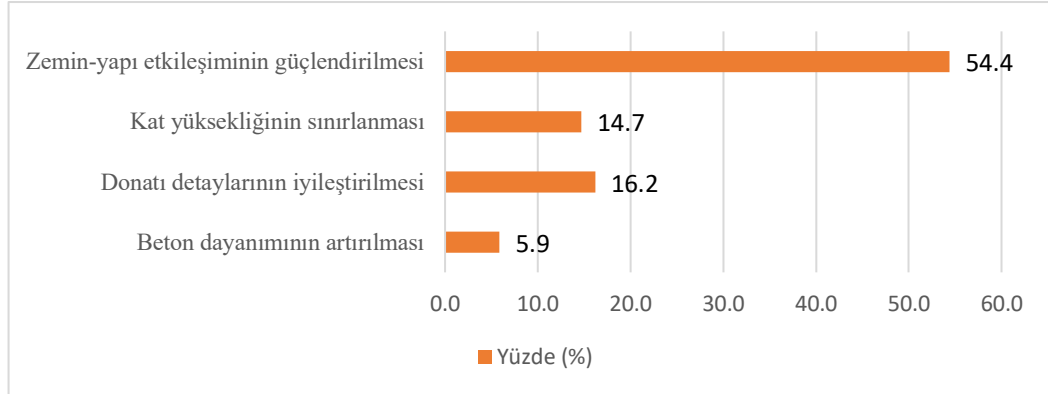
Deprem sonrası sistem performansına yönelik gözlemlere ait dağılım Şekil 4.59’da gösterilmiştir. Proje ekibinin %4,4’ü yetersiz, %14,7’si orta düzeyde, %57,4’ü beklentileri karşıladığını ve %22,1’i beklentilerin üzerinde olduğunu belirtmiştir.

Tünel kalıp yapılar deprem sonrası bütüncül davranışları nedeniyle hasar seviyesini sınırlayan taşıyıcı sistemler olarak tanımlanmaktadır [Kaya ve Ural, 2021].



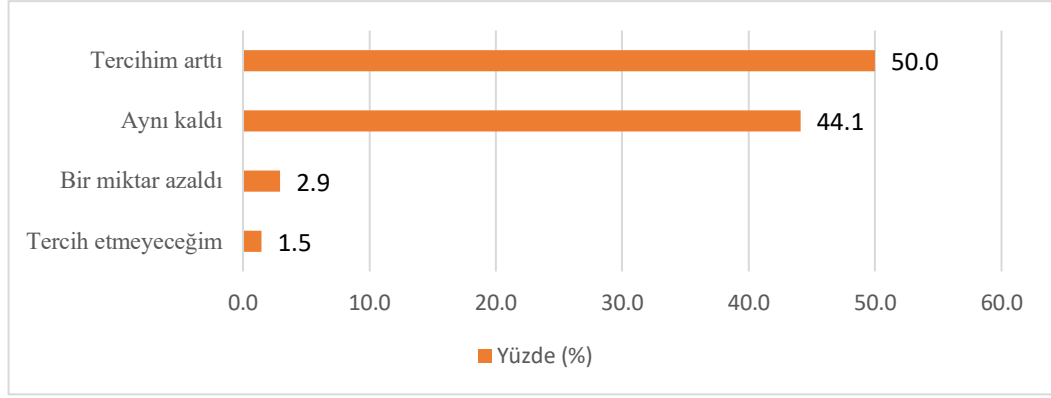
Şekil 4.59: “6 Şubat 2023 depremleri sonrası sistemin performansına ilişkin gözlemleriniz nelerdir?” dağılımı.

Deprem performansını artırmak için gerekli görülen yapısal iyileştirmeler incelendiğinde, **Şekil 4.60’da** proje ekibinin %54,4’ü zemin iyileştirmesini, %16,2’si donatı detaylarının geliştirilmesini, %14,7’si kat yüksekliğinin sınırlandırılmasını ve %5,9’u beton dayanımının artırılmasını gerekli gördüğü sunulmuştur. Tünel kalıp sisteminin deprem davranışı üzerinde özellikle zemin–üst yapı etkileşimi ve donatı sürekliliğinin belirleyici olduğu ifade edilmektedir [Kalkan ve Balkaya, 2004].



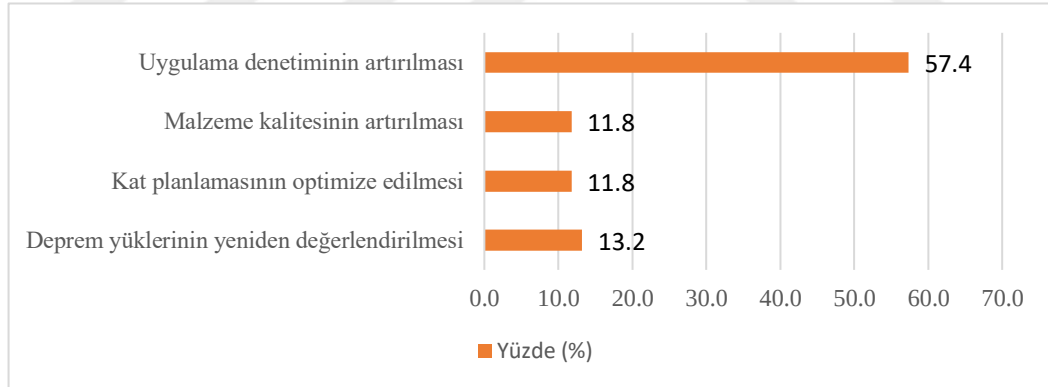
Şekil 4.60: “Deprem performansını artırmak için hangi yapısal önlemlerin gerektiğini düşünüyorsunuz?” dağılımı.

Depremler sonrasında tünel kalıp sistemi tercih eğilimi incelendiğinde **Şekil 4.61’de** proje ekibinin %50’sinin tercihinin arttığını, %44,1’i tercihlerinin değişmediğini, %2,9’u tercihinin azaldığını ve %1,5’i sistemi tercih etmeyeceği Tünel kalıp sisteminin monolitik bütünlüğü nedeniyle deprem güvenliğinin yüksek olduğu çeşitli araştırmalarda ortaya konulduğu sunulmaktadır [Gülkan ve Sözen, 2014].



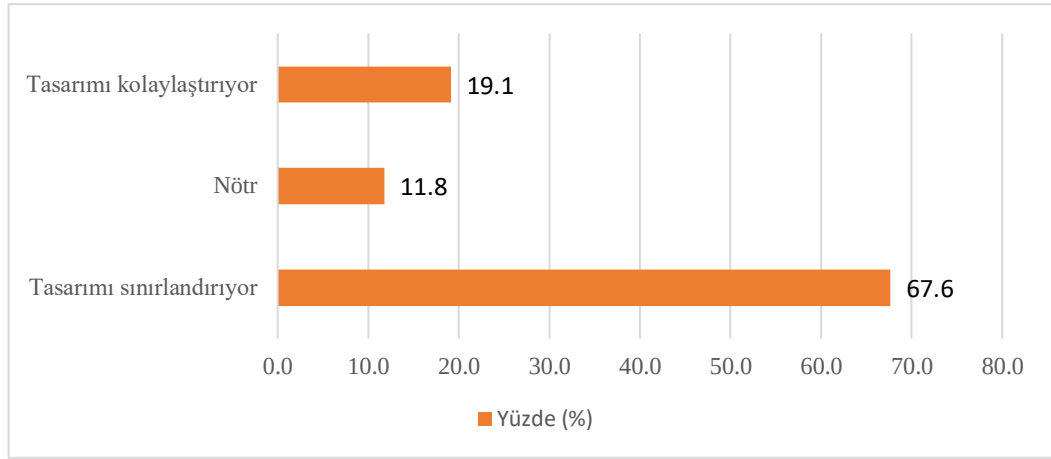
Şekil 4.61: “Bu depremler sonrasında tünel kalıp sistemini tercih etme eğiliminiz değişti mi?” dağılımı.

Sistemde gözden geçirilmesi gereken tasarım kriterleri değerlendirildiğinde, **Şekil 4.62’de** proje ekibinin %57,4’ü uygulama denetiminin artırılmasını, %13,02’si deprem yüklerinin yeniden değerlendirilmesini, %11,8’i kat planlarının optimize edilmesini ve %11,8’i malzeme kalitesinin artırılmasını gerekli görüldüğü sunulmuştur. Tünel kalıp yapılarında uygulama disiplininin yapım kalitesi ve performans üzerinde belirleyici olduğu literatürde vurgulanmaktadır [**Dede vd., 2023**].



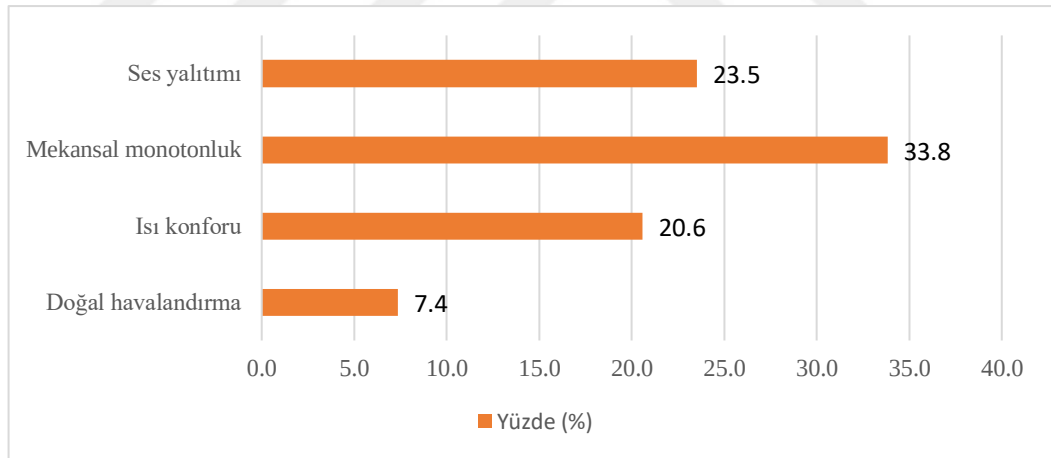
Şekil 4.62: “Sizce sistemde gözden geçirilmesi gereken temel tasarım kriterleri nelerdir?” dağılımı.

Tünel kalıp sisteminin mimari tasarım sürecine etkisi incelendiğinde **Şekil 4.63’te** proje ekibinin %67,6’sı sistemin tasarımı kısıtladığını, %19,1’i tasarımı kolaylaştırdığını ve %11,8’i nötr olduğu sunulmuştur. Tünel kalıp sisteminin modüler tekrar gerektiren yapısı nedeniyle mimari esnekliği sınırlayabildiği belirtilmektedir [**Ağaç, 2012**].



Şekil 4.63: “Tünel kalıp sisteminin mimari tasarım süreci üzerindeki etkisini nasıl değerlendirirsiniz?” dağılımı.

Kullanıcılardan gelen geri bildirimlerin yoğunlaştığı başlıklar incelendiğinde, **Şekil 4.64’de** proje ekibinin %33,8’i mekânsal monotonluğa, %23,5’i ses yalıtımına, %20,6’sı ısıl konfora ve %7,4’ü doğal havalandırmaya ilişkin geri bildirimlerin öne çıktığını ifade etmiştir. Tünel kalıp sisteminde büyük beton yüzey sürekliliğinin hem akustik hem mekânsal konfor üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir [Aydın, 2019].



Şekil 4.64: “Sistemle ilgili kullanıcı geri bildirimleri sizce en çok hangi başlıklarda yoğunlaşıyor?” dağılımı.

Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda ısısal konfor düzeyine, kullanıcı kaynaklı nem, yoğunlaşma veya küf şikâyetleri, havalandırma ve hava sirkülasyonu açısından sistem performansına; bu sistemlerdeki yapı elemanlarının ses yalıtım performansına, komşu daireler ile katlar arasındaki ses geçişine, mekanik sistem seslerini, dış çevreden gelen sesleri azaltmak için uygulanan teknik çözümlere; tünel kalıp sisteminin deprem güvenliği açısından değerlendirilmesine ve tasarım niteliğine ve

deprem performansına yönelik sorulardan alınan yanıtlar Ki-kare analiziyle değerlendirilmiştir.

Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda kullanıcıların ısı konfor düzeyine ilişkin genel değerlendirmeleri ile kullanıcı kaynaklı ısı konfor şikâyetlerinin ilişkisi **Tablo 4.15**'te gösterilmiştir. Isıl konfor düzeyini “kötü” olarak değerlendiren katılımcıların %9,7’si şikâyet aldığını bildirmiştir. Isıl konfor düzeyini “orta” olarak değerlendiren katılımcıların %48,4’ü şikâyet aldığını ve %19,4’ü şikâyet almadığını belirtmiştir. Isıl konfor düzeyini “iyi” olarak değerlendiren katılımcıların %35,5’i şikâyet aldığını ve %63,9’u şikâyet almadığını ifade etmiştir. Isıl konfor düzeyini “çok iyi” olarak tanımlayan katılımcıların %6,5’i şikâyet aldığını ve %16,7’si şikâyet almadığını belirtmiştir.

Ki-kare analizinde elde edilen $p=0,008$ değeri 0,05’in altında olup iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuç, ısı konfor algısı ile kullanıcı geri bildirimleri arasındaki ilişkinin anlamlı olabileceğine işaret eden çalışmaları desteklemektedir [Field, 2013; Pallant, 2020].

Tablo 4.15: Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda ısısal konfor düzeyi ile Kullanıcılardan ısısal konforla ilgili şikâyetler alınması arasındaki ilişki.

			Kullanıcılardan ısısal konforla ilgili şikâyetler aldınız mı?		Toplam	X ² (p)
			Evet-Ara	Hayır		
Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda ısısal konfor düzeyini genel olarak nasıl değerlendirirsiniz?	Kötü	n	3	0	3	11,837 (0,008*)
		%	9,7	0,0	4,5	
	Orta	n	15	7	22	
		%	48,4	19,4	32,8	
	İyi	n	11	23	34	
		%	35,5	63,9	50,7	
	Çok iyi	n	2	6	8	
		%	6,5	16,7	11,9	

* $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Havalandırma ve hava sirkülasyonu açısından sistem performansına ilişkin değerlendirmeler ile tünel kalıp sistemli konutlarda kullanıcı kaynaklı nem, yoğuşma veya küf şikâyetlerine rastlanma durumu arasındaki ilişki **Tablo 4.16**'da gösterilmiştir. Sistemin performansını “yetersiz” olarak değerlendiren katılımcıların %8,7’si şikâyet aldığını ve %2,2’si şikâyet almadığını belirtmiştir. Performansı “kısmen yeterli” olarak değerlendiren katılımcıların %65,2’si şikâyet aldığını ve

%48,9'u şikâyet almadığını ifade etmiştir. Sistemi “yeterli” olarak tanımlayan katılımcıların %26,1'i şikâyet aldığını ve %48,9'u şikâyet almadığını bildirmiştir.

Ki-kare analizinde elde edilen $p=0,0128$ değeri 0,05'in altında olup iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir. Bu sonuç, havalandırma performansı ile nem/yoğuşma/küf şikâyetleri arasındaki ilişkiye işaret eden çalışmaları desteklemektedir [Field, 2013; Pallant, 2020]

Tablo 4.16: Havalandırma ve hava sirkülasyonu açısından sistemin performansı ile Tünel kalıp sistemli konutlarda kullanıcı kaynaklı nem/yoğuşma/küf şikâyetleri arasındaki ilişki.

			Tünel kalıp sistemli konutlarda kullanıcı kaynaklı nem/yoğuşma/küf şikâyetlerine rastladınız mı?		Toplam	X ² (p)
			Evet	Hayır		
Havalandırma ve hava sirkülasyonu açısından sistemin performansını nasıl değerlendirirsiniz?	Yetersiz	n	2	1	3	4,113 (0,0128)
		%	8,7	2,2	4,4	
	Kısmen	n	15	22	37	
	yeterli	%	65,2	48,9	54,4	
	Yeterli	n	6	22	28	
		%	26,1	48,9	41,2	

* $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Komşu daireler ve katlar arasındaki ses geçişini azaltmak amacıyla uygulanan teknik çözümler ile tünel kalıp sistemde kullanılan yapı elemanlarının ses yalıtım performansına ilişkin değerlendirmeler arasındaki ilişki **Tablo 4.17'de** sunulmuştur. Bölme duvarlarda ses yalıtımı uygulayan katılımcıların %40'ı performansı “zayıf”, %22,2'si “orta”, %44'ü “iyi” ve %25'i “çok iyi” olarak değerlendirmiştir. Katlar arası ses yalıtım katmanları kullananların %50'si performansı “zayıf”, %66,7'si “orta”, %52'si “iyi” ve %25'i “çok iyi” olarak belirtmiştir. Yüzer döşeme uygulayan katılımcıların %10'u performansı “zayıf”, %11,1'i “orta”, %25'i “iyi” olarak değerlendirmiştir. Katlar arası şap altı iki santimetre polietilen şilte veya bölme duvarlarda ses yalıtımı uygulayanların %4'ü performansı “orta” olarak ifade etmiştir. Normal döşeme kullanan katılımcıların %12,5'i performansı “çok iyi” olarak belirtmiştir.

Ki-kare analizinde elde edilen $p=0,108$ değeri 0,05'in üzerinde olup iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmadığını göstermektedir. Elde

edilen sonuç, uygulanan teknik detayların algılanan ses yalıtım performansı ile doğrudan ilişkili olmayabileceğine işaret eden çalışmalarla uyumludur [Field, 2013; Pallant, 2020].

Tablo 4.17: Komşu daireler ve katlar arasında ses geçişini azaltmak için uygulanan teknik çözümler ile Tünel kalıp sistemde kullanılan yapı elemanlarının ses yalıtım performansı arasındaki ilişki.

			Tünel kalıp sistemde kullanılan yapı elemanlarının ses yalıtım performansını nasıl değerlendirirsiniz?					Toplam	X ² (p)
			Çok zayıf	Zayıf	Orta	İyi	Çok iyi		
Komşu daireler ve katlar arasında ses geçişini azaltmak için hangi teknik çözümleri uyguluyorsunuz?	Bölme duvarlarda ses yalıtımı	n	0	4	4	11	2	21	28,060 (0,108)
		%	0,0	40,0	22,2	44,0	25,0	32,3	
	Katlar arası ses yalıtım katmanları	n	4	5	12	13	2	36	
		%	100,0	50,0	66,7	52,0	25,0	55,4	
	Yüzer döşeme	n	0	1	2	0	2	5	
		%	0,0	10,0	11,1	0,0	25,0	7,7	
	Katlar arası şap altı 2 cm polietilen şilte ve bölme duvarda ses yalıtımı	n	0	0	0	1	0	1	
		%	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	1,5	
	Normal döşeme	n	0	0	0	0	1	1	
		%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	1,5	
	Gerek duyulmuyor	n	0	0	0	0	1	1	
		%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	1,5	

*p<0,05 anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Dış çevre gürültüsüne karşı uygulanan çözümler ile mekanik sistemlerden (su tesisatı, havalandırma, asansör vb.) kaynaklanan sesleri engellemek amacıyla özel bir yalıtım önlemi alınıp alınmadığı arasındaki ilişkinin dağılımı **Tablo 4.18’de** gösterilmiştir. Cephe kaplama sistemleri uygulayan katılımcıların %50’si mekanik sistem sesleri için özel bir yalıtım önlemi aldığını, %35,6’sı ise almadığını

belirtmiştir. Yüksek performanslı pencere veya cam sistemleri kullananların %36,4’ü özel bir önlem aldığını, %42,2’si almadığını ifade etmiştir. Herhangi bir uygulama yapmayan katılımcıların %9,1’i özel bir önlem aldığını, %22,2’si ise almadığını belirtmiştir. İç cephe kaplaması yapan grupta ise %4,5 özel bir önlem aldığını ifade etmiş, bu kategoride önlem almayan kullanıcı bulunmamıştır.

Ki-kare analizinde elde edilen $p=0,225$ değeri 0,05'in üzerinde olduğundan, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. Bu sonuç, gürültü kontrolüne yönelik uygulamaların mekanik sistem kaynaklı seslerin azaltılmasına dair kullanıcı algısı ile doğrudan ilişki göstermediğine işaret eden literatürle uyumlu görülmektedir [Field, 2013; Pallant, 2020].

Tablo 4.18: Dış çevre gürültüsüne karşı uygulanan çözümler ile Mekanik sistemlerin (Su Tesisatı, havalandırma, asansör vs.) seslerini engellemek için özel bir yalıtım önlemi alınması arasındaki ilişki.

			Mekanik sistemlerin (su tesisatı, havalandırma, asansör vs.) seslerini engellemek için özel bir yalıtım önlemi alıyor musunuz?		Toplam	X ² (p)
			Evet	Hayır		
Dış çevre gürültüsüne karşı hangi çözümler uygulanıyor?	Cephe kaplama sistemleri	n	11	16	27	4,359 (0,225)
		%	50,0	35,6	40,3	
	Yüksek performanslı pencere/cam sistemleri	n	8	19	27	
		%	36,4	42,2	40,3	
	Uygulama yapılmadı	n	2	10	12	
		%	9,1	22,2	17,9	
	İç cephe kaplaması	n	1	0	1	
		%	4,5	0,0	1,5	

* $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Tünel kalıp sisteminde ses yalıtımı açısından karşılaşılan başlıca sorunlar ile yapı elemanlarının ses yalıtım performansına ilişkin değerlendirmeler arasındaki ilişkinin dağılımı **Tablo 4.19'da** verilmiştir. Kullanıcı şikâyetleri bildiren katılımcılarda ses yalıtım performansını “orta” düzeyde değerlendirenlerin oranı %20, “iyi” değerlendirenlerin oranı %8,7 olarak görülmektedir. Malzeme seçimine bağlı yetersizlik belirtenlerde ise performans değerlendirmesi “orta” düzeyde %20, “iyi” düzeyde %17,4 oranında ifade edilmiştir. Yalıtım detaylarının entegrasyon zorluğu yaşayan katılımcıların %34,8'i performansı “iyi” olarak değerlendirmiştir. Yapısal ses iletimi (duvar–tavan bütünlüğü) sorunu bildirenlerde “orta” düzeyde değerlendirme oranı %25, “iyi” değerlendirme oranı %34,8 olarak kaydedilmiştir. Sorun yaşamadığını belirtenlerde ise performans “iyi” düzeyde %26,1, “çok iyi” düzeyde %28,6 oranında değerlendirilmiştir.

Ki-kare analizine göre $p=0,465$ değeri 0,05'in üzerinde olduğundan, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. Bu sonuç, ses yalıtım performansı algısının bildirilen sorun türlerinden bağımsız olabildiğini gösteren çalışmaları destekler niteliktedir [Field, 2013; Pallant, 2020].

Tablo 4.19: Tünel kalıp sisteminde ses yalıtımı açısından karşılaşılan başlıca sorunlar ile Tünel kalıp Sistemde kullanılan yapı elemanlarının ses yalıtım performansı arasındaki ilişki.

		Tünel kalıp sistemde kullanılan yapı elemanlarının ses yalıtım performansını nasıl değerlendirirsiniz?					Toplam	X ² (p)
			Çok zayıf	Zayıf	Orta	İyi	Çok iyi	
Tünel kalıp sisteminde ses yalıtımı	Kullanıcı şikayetleri	n	0	1	4	2	0	7
		%	0,0	10,0	20,0	8,7	0,0	10,9
açısından	Malzeme seçimi	n	1	2	4	4	2	13
	yetersizliği	%	25,0	20,0	20,0	17,4	28,6	20,3
karşılaştığımız	Yalıtım detaylarının	n	0	0	4	3	0	7
	entegrasyon zorluğu	%	0,0	0,0	20,0	13,0	0,0	10,9
başlıca sorunlar nelerdir?	Yapısal ses iletimi	n	3	7	5	8	3	26
	(duvar-tavan bütünlüğü)	%	75,0	70,0	25,0	34,8	42,9	40,6
Sorun yaşamadım		n	0	0	3	6	2	11
		%	0,0	0,0	15,0	26,1	28,6	17,2

* $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Sistemde gözden geçirilmesi gerektiği belirtilen temel tasarım kriterleri ile tünel kalıp sisteminin deprem güvenliği açısından genel değerlendirmesi arasındaki dağılım **Tablo 4.20'de** gösterilmiştir. Deprem yüklerinin yeniden değerlendirilmesi gerektiğini ifade eden katılımcıların %25'i deprem güvenliğini "kararsızım", %16'sı "güvenilir", %10'u ise "çok güvenilir" olarak değerlendirmiştir. Kat planlamasının optimize edilmesi gerektiğini belirtenlerin değerlendirmeleri arasında "güvenilir" yanıtı %8, "çok güvenilir" yanıtı %20 oranında yer almıştır. Malzeme kalitesinin artırılması gerektiğini ifade eden katılımcıların deprem güvenliği değerlendirmesinde "kararsızım" oranı %37,5, "güvenilir" oranı %12, "çok güvenilir" oranı %6,2 olarak görülmüştür. Uygulama denetiminin artırılması gerektiğini belirtenlerde deprem güvenliği değerlendirmesi "kararsızım" düzeyinde %37,5, "güvenilir" düzeyinde %16, "çok güvenilir" düzeyinde %63,3 oranındadır (**Tablo 4.20**).

Ki-kare analizinde elde edilen $p=0,342$ değeri 0,05'in üzerinde olduğundan, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. Bu sonuç, deprem güvenliği algısının sistemde iyileştirilmesi gereken kriterlere yönelik görüşlerden bağımsız olabileceğini gösteren çalışmaları desteklemektedir [Field, 2013; Pallant, 2020].

Tablo 4.20: Sistemde gözden geçirilmesi gereken temel tasarım kriterleri ile Tünel kalıp sisteminin deprem güvenliği açısından genel değerlendirilmesi arasındaki ilişki.

			Tünel kalıp sisteminin deprem güvenliği açısından genel değerlendirmesi nedir?				Toplam	X ² (p)
			Güvensiz	Kararsızım	Güvenilir	Çok güvenilir		
Sizce	Deprem yüklerinin	n	0	2	4	3	9	10,105
sistemde	yeniden	%	0,0	25,0	16,0	10,0	14,1	(0,342)
gözden	değerlendirilmesi							
geçirilmesi	Kat planlamasının	n	0	0	2	6	8	
gereken	optimize edilmesi	%	0,0	0,0	8,0	20,0	12,5	
temel	Malzeme	n	0	3	3	2	8	
tasarım	kalitesinin	%	0,0	37,5	12,0	6,7	12,5	
kriterleri	artırılması							
nelerdir?	Uygulama	n	1	3	16	19	39	
	denetiminin	%	100,0	37,5	64,0	63,3	60,9	
	artırılması							

* $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

6 Şubat 2023 depremleri sonrasında sistem performansına ilişkin gözlemler ile deprem performansını artırmak için alınması gereken yapısal önlemlere yönelik görüşlerin dağılımı **Tablo 4.21'de** sunulmaktadır. Sistemin performansını yetersiz bulan katılımcıların tamamı zemin–yapı etkileşiminin güçlendirilmesi gerektiğini belirtmiş olup bu grubun oranı %4,8'dir. Performansı orta düzeyde değerlendiren katılımcıların %10'u kat yüksekliğinin sınırlandırılması, %20'si beton dayanımının artırılması, %20'si donatı detaylarının iyileştirilmesi ve %16,2'si zemin–yapı etkileşiminin güçlendirilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Performansı beklentimi karşıladı şeklinde değerlendiren katılımcılarda beton dayanımının artırılması gerektiğini belirtenlerin oranı %50, donatı detaylarının iyileştirilmesini belirtenlerin oranı %72,7, kat yüksekliğinin sınırlandırılmasını belirtenlerin oranı %50 ve zemin–yapı etkileşiminin güçlendirilmesini belirtenlerin oranı %56,8'dir. Sistemin

performansını beklentimin üzerinde olarak değerlendiren katılımcıların %20'si beton dayanımının artırılması, %18,2'si donatı detaylarının iyileştirilmesi, %20'si kat yüksekliğinin sınırlandırılması ve %24,3'ü zemin-yapı etkileşiminin güçlendirilmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Ki-kare analizinde elde edilen $p=0,734$ değeri 0,05'in üzerinde olduğu için iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. Bu bulgu, deprem sonrasında sistem performansına ilişkin kullanıcı değerlendirmelerinin, yapısal iyileştirme önerilerinden bağımsız değerlendirilebildiğini göstermektedir [Field, 2013; Pallant, 2020].

Tablo 4.21: 6 Şubat 2023 depremleri sonrası sistemin performansı ile Deprem performansını artırmak için hangi yapısal önlemlerin alınması gerekliliği arasındaki ilişki.

		Deprem performansını artırmak için hangi yapısal önlemlerin alınması gerektiğini düşünüyorsunuz?					Toplam	X ² (p)
		Beton	Donatı	Kat	Zemin-yapı			
		dayanımının	detaylarının	yüksekliğini	etkileşiminin			
		n	iyileştirilme	n	güçlendirilm			
		artırılması	si	sınırlanması	esi			
6 Şubat 2023	Yetersiz	n	0	1	1	1	3	6,058
depremleri		%	0,0	9,1	10,0	2,7	4,8	(0,734)
sonrası	Orta düzeyde	n	0	0	2	6	8	
sistemin		%	0,0	0,0	20,0	16,2	12,9	
performansın	Beklentimi karşıladı	n	2	8	5	21	36	
a ilişkin		%	50,0	72,7	50,0	56,8	58,1	
gözlemleriniz	Beklentimi n üzerinde	n	2	2	2	9	15	
nelerdir?		%	50,0	18,2	20,0	24,3	24,2	

* $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

6 Şubat 2023 depremleri sonrasında sistem performansına ilişkin gözlemler ile bu depremler sonrasında tünel kalıp sistemini tercih etme eğilimindeki değişim arasındaki dağılım **Tablo 4.22'de** sunulmaktadır. Sistemin performansını “yetersiz” bulan katılımcıların tamamı tercih eğiliminin arttığını belirtmiş olup bu grubun oranı %8,8'dir. Performansı “orta düzeyde” değerlendiren katılımcıların %7'si tercih etmeyeceğini, %23,3'ü tercih eğiliminin aynı kaldığını ve %5,9'u tercih eğiliminin arttığını ifade etmiştir. Performansı “beklentimi karşıladı” olarak değerlendirenlerde tercih eğiliminin arttığını belirtenlerin oranı %50, aynı kaldığını belirtenlerin oranı %66,7, bir miktar azaldığını belirtenlerin oranı ise %50 olarak görülmektedir.

Sistemin performansını “beklentimin üzerinde” değerlendiren katılımcıların %10’u tercih eğiliminin aynı kaldığını, %35,3’ü ise arttığını ifade etmiştir.

Ki-kare analizinde elde edilen $p=0,111$ değeri 0,05’in üzerinde olduğu için iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. Bu bulgu, deprem sonrası sistem performansına ilişkin kullanıcı değerlendirmelerinin, tünel kalıp sistemini tercih etme eğilimindeki değişimden bağımsız değerlendirilebildiğini göstermektedir [Field, 2013; Pallant, 2020].

Tablo 4.22: 6 Şubat 2023 depremleri sonrası sistemin performansına ilişkin gözlemler ile Bu depremler sonrasında tünel kalıp sistemini tercih etme eğilimi arasındaki ilişki.

			Bu depremler sonrasında tünel kalıp sistemini tercih etme eğiliminiz değişti mi?				Toplam	X ² (p)
			Tercih etmeyeceğim	Bir miktar azaldı	Aynı kaldı	Tercihim arttı		
6 Şubat 2023 depremleri sonrası sistemin performansına ilişkin gözlemlerinizi nelerdir?	Yetersiz	n	0	0	0	3	3	14,336 (0,111)
		%	0,0	0,0	0,0	8,8	4,5	
	Orta düzeyde	n	0	1	7	2	10	
		%	0,0	50,0	23,3	5,9	14,9	
	Beklentimi	n	1	1	20	17	39	
	karşıladı	%	100,0	50,0	66,7	50,0	58,2	
	Beklentimin	n	0	0	3	12	15	
	üzerinde	%	0,0	0,0	10,0	35,3	22,4	

* $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde elde edilen sonuç, iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Field, 2013; Pallant, 2020).

Yapılan anket çalışmaları, tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş konutlarda hem kullanıcıların yaşam deneyimlerini hem de proje ekibinin mesleki gözlemlerini ortaya koyarak sistemin güçlü ve zayıf yönlerini kapsamlı biçimde değerlendirme **Tablo 4.23’de** sunmuştur. Bulgular, iki grubun deneyimlerinin büyük ölçüde örtüşüğünü ve sistemin performansına ilişkin benzer değerlendirmelerde bulunduklarını göstermektedir.

Tablo 4.23: Kullanıcı ve proje ekibi görüşlerinin değerlendirilmesi.

Değerlendirme Kriteri	Kullanıcı Görüşü	Proje Ekibinin Görüşü
Isıl Konfor	Kışın dairelerin soğuk, yazın sıcak olduğu; ek ısıtma veya soğutma ihtiyacının yaygın olduğu belirtilmiştir.	Tünel kalıp sisteminde perde duvarların yüksek ısı iletkenliği nedeniyle iç mekân sıcaklık dengesinin zor sağlandığı ifade edilmiştir.
İşitsel Konfor	Katlar arası ses geçişinin fazla olduğu, özellikle darbe ve hava kaynaklı seslerin rahatsızlık verdiği bildirilmiştir.	Döşeme ve duvar detaylarının işitsel konfor açısından yetersiz olduğu, yüzer döşeme gibi çözümlerin sınırlı kullanıldığı belirtilmiştir.
Nem ve Havalandırma	Nemli duvar yüzeyleri ve yetersiz hava sirkülasyonu vurgulanmıştır.	Havalandırma açıklıklarının plan kararlarında sınırlı olduğu, dış kabukta ısı köprülerinin olduğu belirtilmiştir.
İç Hava Kalitesi	Uzun süre kapalı kalan mekânlarda hava dolaşımının yetersiz olduğu ifade edilmiştir.	Doğal havalandırma sistemlerinin çoğunlukta olduğu, mekanik destekli sistemlerin yaygın olmadığı belirtilmiştir.
Genel Memnuniyet	Konutların dayanıklılığı olumlu bulunmakta, ancak konfor koşulları açısından memnuniyet düşüktür.	Sistem dayanım açısından avantajlı, konfor açısından sınırlı olduğunu belirtmiştir.

Kullanıcı anketleri, özellikle ısı konfor, havalandırma yeterliliği ve işitsel konfor açısından belirgin sorunlara işaret etmektedir. Kullanıcıların büyük bölümü kış aylarında ek ısıtma yöntemlerine, yaz aylarında ise yoğun biçimde soğutma cihazlarına ihtiyaç duyduklarını belirtmiştir. Bu durum, tünel kalıp sisteminin yüksek ısı kütlesine rağmen pasif iklimlendirme stratejilerinin yetersiz kaldığını ve kullanıcıların enerjiye bağımlı çözümlere yöneldiğini göstermektedir. Proje ekibi de benzer biçimde, sistemde kullanılan perde duvarların yüksek ısı iletkenliğinin iç mekân sıcaklık dengesini olumsuz etkilediğini, yalıtım kalitesinin konfor koşullarını karşılamada yetersiz olduğunu ifade etmektedir. Bu bulgular, ısı konforun sağlanmasında yapısal özelliklerin ve yalıtım uygulamalarının sınırlayıcı rol oynadığı yönünde iki grubun görüşlerinin örtüştüğünü göstermektedir. **Arslan (2021)** yaptığı deneysel çalışmada, tünel kalıp sistemlerinde betonarme içerisine gömülü plastik kürelerin kullanımıyla ısı köprülerinin azaltılabileceğini ve hem termal hem işitsel performansın iyileştirilebileceğini önermiştir.

Rutubet, yoğunlaşma ve hava sirkülasyonu eksikliği gibi sorunlar, kullanıcı memnuniyetini olumsuz etkileyen başlıca faktörler arasında yer almaktadır. Proje ekibi, cephe bileşenlerindeki ısı köprüleri ve yetersiz havalandırma açıklıklarının bu

durumu tetiklediğini, özellikle tünel kalıp sisteminde doğal hava akışının sınırlı olduğunu belirtmiştir. Dolayısıyla bu konuda da kullanıcı ve proje ekibi değerlendirmeleri, nem ve havalandırma kaynaklı konfor sorunlarının tasarım ve uygulama hatalarından kaynaklandığı yönünde birleşmektedir.

İşitsel konfor boyutunda ise hem dış çevre hem de komşu dairelerden gelen seslerin ciddi bir rahatsızlık kaynağı olduğu, dolayısıyla ses yalıtımı çözümlerinin uygulama ve malzeme kalitesi bakımından yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır. Proje ekibi tünel kalıp sisteminin rijit yapısının darbe seslerini iletme eğiliminde olduğunu, yüzer döşeme ve ses emici malzeme kullanımının sınırlı kaldığını belirtmiştir. Bu konuda da kullanıcı şikâyetleri ile uzmanların teknik gözlemleri büyük ölçüde örtüşmekte; her iki grup işitsel performansın zayıf olduğunu vurgulamaktadır. **Çoban ve diğ. (2022)** çalışmasında, mimari tasarım kararlarının işitsel performans üzerindeki etkisi ele alarak sistem detaylarının tasarım sürecinde bütüncül biçimde değerlendirilmesi gerektiği vurgulamıştır. Proje ekibi anketleri, kullanıcı bulgularını desteklemekte, özellikle detay çözümlerindeki yetersizlik, malzeme seçimi ve uygulama hataları en sık dile getirilen sorunlar arasında yer almaktadır. Proje ekibi, sistemin hız ve maliyet avantajlarını kabul etmekle birlikte, konfor koşullarının sürdürülebilirliği için bu alanlarda iyileştirme yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Bununla birlikte, her iki grup da sistemin deprem güvenliği açısından güçlü bir performansa sahip olduğu konusunda hemfikirdir. **Akın ve Alptekin (2023)** tünel kalıp sistemi ile inşa edilen konutlarda kullanılan farklı yalıtım malzemelerinin yalnızca ısı geçirgenliği değil, aynı zamanda belirli frekanslarda ses sönümleme performanslarını test etmiş; tünel kalıp sistemlerinde malzeme seçiminin çok boyutlu değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir. **Tunca, Manioğlu ve Akdağ (2019)** tünel kalıp sistemli yapıların cephe performans analizinde, konutlarda kullanılan dış kabuk bileşenlerinin hem ısı hem de ses yalıtımında yetersiz kaldığını, özellikle betonarme perde duvarlı sistemlerde bu durumun daha belirgin olduğunu tespit etmiştir.

Saha sürecinde görev alan proje ekibiyle gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilen değerlendirmeler, rutubet oluşumu ve ısı konfor sorunlarının yalnızca kullanım hataları ya da yalıtım yetersizliğiyle açıklanmasının yeterli olmadığını göstermektedir. Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda taşıyıcı sistemin büyük ölçüde yüksek ısı iletkenliğe sahip perde beton elemanlardan oluşması ve bu

elemanların plan boyunca süreklilik göstermesi, cephe–döşeme–perde birleşimlerinde ısı köprü oluşma olasılığını artırabilmektedir. Isıl köprü bölgelerinde iç yüzey sıcaklığının düşmesi, iç mekân bağıl neminin yoğuşma sıcaklığına ulaşmasını kolaylaştırarak yüzeysel nemlenme, rutubet ve küf oluşumu açısından elverişli bir ortam oluşturabilmektedir.

Proje ekibi görüşlerinde, tünel kalıp sisteminde betonun monolitik olarak dökülmesinin yapı kabuğunda derz kaynaklı süreksizlikleri azaltmasına karşın, ısı köprü oluşumunun yalnızca malzeme süreksizliğiyle ilişkili olmadığı özellikle vurgulanmaktadır. Malzemeler arası ısıl iletkenlik farkları, geometrik süreklilikler ve yalıtım katmanındaki kesintiler, monolitik döküm gerçekleştirilen yapılarda da yerel ısı akış yoğunlaşmalarına neden olabilmektedir. Bu bağlamda perde–döşeme birleşimleri, balkon çıkmaları, pencere çevreleri ve yalıtım sürekliliğinin bozulduğu detay noktalarının, betonarme elemanların kesintisiz dökülmüş olmasına rağmen iki ve üç boyutlu ısı akışı nedeniyle ısı köprü davranışı gösterebildiği ifade edilmektedir.

Görüşmelerde ayrıca, yapı adası içinde bloklar arası mesafenin yeterli olması veya plan şemasında dış çevreye açık cephelerin bulunmasının doğal havalandırma performansını tek başına garanti etmediği belirtilmektedir. Tünel kalıp sistemine özgü tekrarlı tip plan kurgusu, derin mekân organizasyonu ve tek yönlü cepheleme eğilimi, rüzgâr etkisi ve basınç farkına dayalı hava hareketinin iç mekânın tümüne yayılmasını sınırlayabilmektedir. Bu nedenle plan içindeki konumlanma uygun olsa ve bloklar arasında yeterli açıklık bulursa dahi, özellikle orta derinlikte kalan hacimlerde hava değişim hızının yetersiz kaldığı değerlendirilmektedir.

Bu durumun en belirgin biçimde toplantı salonu, çok amaçlı salon ve benzeri ortak kullanım hacimlerinde ortaya çıktığı; söz konusu mekânların derin planlı, sınırlı cephe açıklıklı ve yüksek kullanıcı yoğunluklu olması nedeniyle doğal havalandırma ile yeterli iç hava kalitesinin sağlanamadığı proje ekibi tarafından ifade edilmektedir. Bu tür hacimlerde mekanik havalandırma sistemlerinin gerekliliği, yalnızca konfor koşulları açısından değil, aynı zamanda iç hava kalitesi ve nem kontrolünün sürdürülebilirliği açısından da zorunlu bir tasarım girdisi olarak değerlendirilmektedir.

Başakşehir özelinde gerçekleştirilen zemin incelemeleri ve örneklem kapsamındaki toplu konut alanlarına ilişkin değerlendirmeler, bölge genelinde görece uygun taşıma gücüne sahip zeminlerin yaygın olduğunu göstermekle birlikte, tüm yerleşim alanlarında homojen bir zemin kalitesinden söz edilemeyeceğini ortaya koymaktadır. İncelenen bazı toplu konut alanlarında zemin koşullarının daha elverişli olduğu belirlenirken, bazı alanlarda daha zayıf jeoteknik özelliklere sahip zeminler üzerinde yapılaşmanın gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Buna karşın söz konusu yapılarda gözlenen yapısal performansın, yalnızca zemin niteliğiyle değil; tünel kalıp sistemine özgü perde duvar sürekliliği, rijit taşıyıcı sistem davranışı ve düzenli plan şeması gibi mühendislik özellikleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiği görülmektedir. Bu bağlamda, zemin koşullarındaki farklılıklara rağmen benzer yapı tipolojilerinde görece iyi deprem performansı gözlenmesi, taşıyıcı sistem kurgusunun deprem davranışı üzerindeki belirleyici rolünü destekleyen bir bulgu olarak yorumlanmaktadır.

Proje ekibi değerlendirmeleri, ısı yalıtım kalınlığının yönetmelik sınırlarını sağlamasının tek başına yeterli olmadığını; yalıtımın sürekliliği, taşıyıcı sistem geometrisi, birleşim detayları, mekânsal derinlik ve havalandırma performansının birlikte ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Tünel kalıp sisteminde perde ve döşeme sürekliliğinin yüksek olması, hatalı ya da kesintili yalıtım uygulamalarının etkisini büyütebilmekte ve yerel yüzey sıcaklığı düşüşlerini daha belirgin hâle getirebilmektedir.

Bu doğrultuda saha verilerine dayalı bulgular, rutubet, ısıl konfor ve iç hava kalitesi problemlerinin yalnızca kullanıcı davranışlarına veya yalıtım kalınlığına indirgenemeyeceğini; tünel kalıp sistemine özgü taşıyıcı süreklilik, plan derinliği, sınırlı doğal havalandırma kapasitesi, mekanik havalandırma gereksinimi ve rijit taşıyıcı sistem davranışının söz konusu sorunların ve yapısal performansın değerlendirilmesinde belirleyici bir yapısal ve mekânsal bağlam oluşturduğunu göstermektedir.

Genel olarak, kullanıcı ve proje ekibi anketlerinden elde edilen bulgular, tünel kalıp sisteminin yapısal dayanım, hız ve ekonomik açıdan önemli avantajlar sunduğunu; ancak ısı, ses, işitsel konfor ve iç hava kalitesi gibi yaşamsal kaliteyi doğrudan etkileyen alanlarda belirgin eksiklikler barındırdığını göstermektedir. Bu eksiklikler,

kullanıcıların günlük yaşam memnuniyetini azaltmakta; tasarımcıların da projelendirme sürecinde eleştirel yaklaşımlar geliştirmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla, sistemin gelecekteki uygulamalarında malzeme kalitesi, detay çözümleri, pasif iklimlendirme stratejileri ve işitsel konfora yönelik tasarımın bütünsel biçimde ele alınması gerekmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, tünel kalıp sistemiyle inşa edilen toplu konutlarda yalıtım problemleri ve bu problemlerin iç mekân konfor koşulları üzerindeki etkileri bütüncül biçimde değerlendirilmiştir. Literatür taraması, saha gözlemleri, proje incelemeleri ve kullanıcı-proje ekibi anketlerinden elde edilen bulgular birlikte ele alındığında, sistemin yapısal dayanım, üretim hızı ve ekonomik etkinlik açısından önemli avantajlar sunduğu; ancak ısı, nem, işitsel konfor ve iç hava kalitesi bakımından belirgin sınırlılıklar içerdiği ortaya konulmuştur. Özellikle Başakşehir de yer alan tünel kalıp sistemi ile inşa edilmiş konutlar üzerinden yapılan incelemeler, bu sistemin Türkiye'nin toplu konut üretiminde yaygın olarak tercih edilmesine rağmen, konfor ve yalıtım performansının beklenen düzeyde sağlanamadığını göstermiştir.

Tünel kalıp sisteminin monolitik betonarme yapısı, yüksek dayanım ve üretim hızını destekleyen bir avantaj oluşturmakta; ancak bu yapısal bütünlük, aynı zamanda ısı köprülerinin sürekliliği, nemin hapsolması ve ses yalıtım eksiklikleri gibi olumsuzluklara neden olmaktadır. Betonarme yüzeylerin yüksek buhar difüzyon direnci, iç mekânlarda oluşan nemin yapı kesiti içinde tutulmasına yol açmakta; özellikle kuzey cepheli ve ıslak hacim alanlarında yoğunlaşma, küf ve rutubet problemleri ortaya çıkarmaktadır. Isıl konfor açısından bakıldığında, perde-döşeme birleşimlerinde kesintisiz yalıtım sağlanamaması, şap altı bölgelerde uygulama eksiklikleri ve cephe mantolama hataları nedeniyle yüzey sıcaklıkları arasında belirgin farklar oluşmaktadır. Bu durum, kullanıcıların kış aylarında soğuk yüzey hissiyle, yaz aylarında ise aşırı ısınmayla karşılaşmasına neden olmakta ve iç mekân ısı dengesini olumsuz etkilemektedir.

İşitsel konfor açısından yapılan değerlendirmelerde, tünel kalıplı konutlarda taşıyıcı elemanların sürekliliği sebebiyle katlar arası ve komşu bağımsız bölümler arasında ses geçişi yüksek bulunmuştur. Döşeme yalıtımının zayıf olması, malzeme kalınlıklarının akustik performansı desteklememesi ve detay çözümündeki süreksizlikler kullanıcı memnuniyetini azaltan başlıca etmenlerdir. İç hava kalitesi ve nem analizleri ise, doğal havalandırma açıklıklarının yetersizliği ve mekanik havalandırma sistemlerinin sınırlı kullanımı nedeniyle nemin ortamlardan uzaklaştırılamadığını ortaya koymuştur. Bu durum, CO₂ ve UOB'lerin birikmesine,

dolayısıyla yaşam kalitesi ve sağlık üzerinde olumsuz etkilerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır.

Elde edilen bulgular, tünel kalıp sisteminin konfor performansını sınırlayan temel nedenlerin detay çözümlerindeki süreksizlik, malzeme seçimi farklılıkları, işçilik hataları ve havalandırma yetersizlikleri olduğunu göstermiştir. Bu sorunların giderilebilmesi için kısa vadede uygulamaya dönük önlemler ile uzun vadede yönetmelik ve eğitim temelli stratejilerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Kısa vadeli öneriler, mevcut yapı stokunda uygulanabilir nitelikte somut önlemleri içermektedir. Perde-döşeme birleşimlerinde kesintisiz ısı yalıtımı sağlanmalı, dış cephe mantolama sistemleri duvar bitişlerinde süreklilik gösterecek biçimde yeniden düzenlenmelidir. Şap altı bölgelerde yalıtım malzemeleri eksiksiz uygulanmalı, pencere-duvar birleşimlerinde termal köprü oluşumunu engelleyen bant sistemleri kullanılmalıdır. Ayrıca, dış cephelerde ısı iletkenlik katsayısı düşük, buhar difüzyon direnci uygun ve uzun ömürlü malzemelerin tercih edilmesi performansın sürekliliğini artıracaktır. Nem geçirmez ancak nefes alabilir ürünlerin kullanılması, yapı kabuğunda sağlıklı bir nem dengesi oluşturacaktır. Bu uygulamaların başarısı, yalnızca malzeme kalitesiyle değil, işçilik ve denetim süreçlerinin disiplinli biçimde yürütülmesiyle mümkündür. Yalıtım uygulamalarının her aşamasında kontrol mekanizmalarının etkinleştirilmesi, sistemin performans sürdürülebilirliğini sağlayacaktır.

Uzun vadeli stratejik öneriler, tünel kalıp sisteminin sürdürülebilir biçimde geliştirilmesine yönelik politika, yönetmelik ve eğitim adımlarını kapsamaktadır. Sistem, mevcut yönetmeliklerde ısı, akustik ve nem performansı bakımından ayrı bir teknik rehber altında ele alınmalıdır. TS 825 – Binalarda Isı Yalıtım Kuralları ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğı (2017) çerçevesinde tünel kalıba özgü ek standartların tanımlanması, tasarımcı ve uygulayıcılara referans oluşturacaktır. Ayrıca, mimar, mühendis ve saha teknik personeline yönelik mesleki eğitim programları düzenlenmeli; bu sayede detay çözümü, malzeme seçimi ve uygulama kalitesi konularında bilinç düzeyi artırılmalıdır. Üniversitelerin mimarlık ve inşaat mühendisliğı bölümlerin ders içeriklerinde tünel kalıp sistemlerinde yapı fiziğı ve konfor analizi gibi uygulamalı konuların yer alması, gelecekte bu alanda uzmanlaşmış profesyonellerin yetişmesine katkı sağlayacaktır.

Kullanıcı bilincinin geliştirilmesi de uzun vadeli stratejilerin önemli bir bileşenidir. Toplu konut kullanıcılarına, yaşam alanlarındaki ısı, nem, işitsel konfor ve havalandırma ilişkisini açıklayan bilgilendirme kılavuzları sunulmalı, bakım ve kullanım sürecinde dikkat edilmesi gereken noktalar açık biçimde anlatılmalıdır. Böylelikle kullanıcı davranışları, sistemin enerji verimliliği ve konfor performansını destekler nitelikte olacaktır. Ayrıca, konut politikalarında yalnızca üretim hızı ve maliyet değil, yaşanabilirlik ve sürdürülebilirlik ölçütleri de temel alınmalıdır. Yeni konut üretimlerinde, yeşil bina sertifikasyon sistemleri ve konfor performans göstergeleri teşvik edilmelidir.

Bu çalışma kapsamında ulaşılan sonuçlar, sistemin güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koymakla birlikte, çalışmanın sınırlılıklarını da göstermektedir. Araştırma İstanbul ili Başakşehir ilçesinde yer alan örneklerle sınırlıdır; farklı iklim bölgelerinde ve farklı kullanıcı profillerinde yapılacak yeni araştırmalar, sistemin çevresel koşullardaki performansını daha kapsamlı biçimde değerlendirmeye olanak tanıyacaktır. Gelecek çalışmalarda sensör tabanlı iç ortam ölçümleri, enerji simülasyonları ve Bina Bilgi Modellemesi (BIM) temelli analizlerin kullanılması, tünel kalıp sisteminin yalıtım ve konfor performansının sayısal verilerle desteklenmesini sağlayacaktır. Ayrıca, farklı bina tipolojilerinde sistemin uygulanabilirliği incelenerek, tasarım esnekliği ve kullanıcı deneyimi yönünden karşılaştırmalı analizler yapılmalıdır.

Sonuç olarak, tünel kalıp sistemi Türkiye’de toplu konut üretiminde yaygın bir yere sahiptir. Ancak gelecekte sistemin sürdürülebilirliği, yalnızca dayanıklılık ve maliyet etkinliği ile değil, ısı, nem ve işitsel konfor, enerji verimliliği ve kullanıcı memnuniyeti ile de ölçülmelidir. Malzeme kalitesinin artırılması, işçilik ve denetim süreçlerinin geliştirilmesi, detay çözümlerinin yalıtım sürekliliğini destekleyecek biçimde iyileştirilmesi ve kullanıcı farkındalığının güçlendirilmesi, tünel kalıp sisteminin gelecekte yüksek yaşam kalitesine sahip, konforlu ve sürdürülebilir konut üretimine katkı sağlaması açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Akça, B. (2012). Toplu konut uygulamalarında tünel kalıp sistemi ve enerji performansı. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Akın, O., ve Alptekin, B. (2023). Tünel kalıp sistemli konutlarda farklı yalıtım malzemelerinin ısı ve işitsel performansının değerlendirilmesi. İnşaat ve Yapı Bilimleri Dergisi, 6(1), 21–35.
- Alataş, M. Z. (2002). Tünel kalıp perdeli yapıların deprem davranışının karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Altan, H. (2020). Betonarme yapılarda ısı köprülerinin oluşumu ve yapı kabuğu performansına etkileri. Yapı Fiziği ve Enerji Dergisi, 6(2), 45–58.
- Altan, H., ve Korkut, A. (2012). Betonarme yapılarda ısı köprülerinin iç mekân konforu üzerindeki etkileri. Yapı Fiziği ve Çevre Dergisi, 6(2), 45–58.
- Altun, D. (2020). Konut yapılarında pencere detaylarının akustik performans üzerindeki etkileri. İnşaat ve Mimarlık Araştırmaları Dergisi, 12(1), 77–89.
- Altun, M. (2019). Tünel kalıp yapılar için TS 825 / Passive House uygulanabilirliği. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Altun, M. (2020). Betonarme yapılarda nem, yoğuşma ve küf oluşumunun yapı fiziği açısından değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Altun, M. (2020). Tünel kalıp sistemli yapılarda ısı, nem ve yoğuşma problemlerinin yapı fiziği açısından incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Areas, F. (2014). Building envelope performance and indoor comfort conditions. Energy and Buildings, 85, 128–138.
- Arslan, H. (2010). Türkiye’de tünel kalıp sisteminin gelişimi ve toplu konut uygulamaları. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Arslan, M. (2021). Tünel kalıp sistemlerinde ısı köprülerinin azaltılmasına yönelik deneysel bir çalışma. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 34(3), 611–624.
- Arslan, M., Arslan, D. H. (2013). Use of plastic material for thermal and acoustics insulation in tunnel form buildings. Konferans bildirisi.
- ASHRAE (2017). ANSI/ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.

- Aydemir, İ. (2019). Betonarme konutlarda nem ve küf oluşumunun yapı kabuğu ile ilişkisi. *Yapı Teknolojileri Dergisi*, 11(3), 89–101.
- Aydın, A. (2019). Betonarme yapılarda büyük yüzey sürekliliğinin akustik konfora etkisi. *Megaron*, 14(4), 623–634.
- Aydın, M., ve Çalışkan, M. (2021). Betonarme konutlarda ses yalıtımı ve kullanıcı algısı üzerine bir değerlendirme. *İnşaat Mühendisliği Dergisi*, 32(1), 61–74.
- Ağaç, S. (2012). Tünel kalıp sisteminin mimari tasarım sürecine etkileri. *Yapı Teknolojileri Dergisi*, 8(2), 45–58.
- Balkanlou, A., Mahdavinajad, M. (2016). Thermal comfort evaluation of mass housing constructed with tunnel form system. *Building and Environment*, 102, 1–12.
- Balkaya, C., ve Kalkan, E. (2004). Betonarme yapılarda ısı köprülerinin ısıl konfor üzerindeki etkileri. *Yapı ve Enerji Dergisi*, 3(1), 21–33.
- Balkaya, C., Kalkan, E. (2004). Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda yapısal davranışın değerlendirilmesi. *Yapı Teknolojileri Dergisi*, 8(2), 45–56.
- Baruch, Y., Holtom, B. C. (2008). Survey response rate levels and trends in organizational research. *Human Relations*, 61(8), 1139–1160.
- Bayraktar, A. (2012). Endüstriyel kalıp sistemleri ve seri konut üretimi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Bayraktar, A. (2012). Tünel kalıp sistemlerinde üretim süreci ve maliyet analizi. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Başakşehir Belediyesi Ulaşım Birimi. (2023). Başakşehir ilçesi ulaşım ve trafik değerlendirme raporu. İstanbul.
- Converse, J. M., Presser, S. (1986). Survey questions: Handcrafting the standardized questionnaire. Sage Publications, Beverly Hills.
- Çelik, F. (2019). İstanbul’da toplu konut projelerinin mekânsal ve sosyodemografik etkileri. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2023). Çevresel gürültü düzeyi raporları. Ankara.
- Çoban, M., Yıldız, E., & Kaya, H. (2022). Mimari tasarım kararlarının işitsel performans üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi. *Yapı ve Çevre Dergisi*, 17(2), 89–104.
- Dağ Mühendislik (2021). Toplu konut projelerinde yapı bileşenleri teknik raporu. İstanbul.

Dede, T. (2024). 2023 Türkiye depremleri sonrası betonarme yapı performanslarının değerlendirilmesi. *Yapı ve Deprem Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 1–18.

Dede, T., Altan, M., ve Korkut, F. (2023). Tünel kalıp sistemli yapılarda yalıtım ve konfor sorunları. *Yapı Fiziği ve Enerji Dergisi*, 5(2), 61–78.

Dede, T., Gök, S., ve diğerleri. (2023). Tünel kalıp sistemli toplu konutlarda yapı kabuğu performansı, ısı-ses yalıtımı ve konfor sorunları. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(2), 945–960.

Dede, T., Korkut, A., ve Yılmaz, Z. (2023). Tünel kalıp sistemli konutlarda enerji tüketimi ve ısıl performansın değerlendirilmesi. *Journal of Building Engineering*, 68, 106–118.

Dede, T., Korkut, F., Yıldız, A. (2023). Tünel kalıp sistemli yapılarda deprem performansının değerlendirilmesi ve TBDY-2018 etkileri. *Teknik Dergi*, 34(1), 1123–1145.

Dede, T., Korkut, S., ve Yıldız, E. (2023). Tünel kalıp sistemli konutlarda işitsel ve ısıl konfor performansının değerlendirilmesi. *İnşaat ve Yapı Teknolojileri Dergisi*, 19(1), 77–92.

Dede, T., vd. (2023). Betonarme toplu konut yapılarında yalıtım, uygulama kalitesi ve deprem performansı ilişkisi. *Engineering Structures*, 275, 115216.

Dede, T., Yılmaz, Z., ve Korkut, S. (2023). Tünel kalıp sistemli yapılarda yalıtım, iç hava kalitesi ve konfor ilişkisi. *Journal of Building Physics*, 47(1), 88–105.

Dede, T., Çolak, B. M., ve Kuru, A. (2023). Tünel kalıp sistemli toplu konutlarda ısı, nem ve enerji performansının değerlendirilmesi. *Journal of Building Physics and Energy*, 15(2), 85–102.

Demir, A. (2020). Toplu konutlarda kullanıcı memnuniyeti ve yapı kabuğu performansı ilişkisi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Demir, A., ve Bozkurt, S. (2016). Konut yapılarında dış çevre gürültüsünün azaltılmasına yönelik cephe tasarım kriterleri. *İTÜ Dergisi/a*, 15(1), 33–46.

Demir, A., Gök, Y. (2019). Tünel kalıp sistemli yapılarda ısı köprüleri ve iç mekân sıcaklık dağılımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(3), 1457–1471.

Demir, E., ve Gök, S. (2019). Betonarme yapılarda ısı yalıtım detaylarının enerji performansına etkisi. *Politeknik Dergisi*, 22(4), 1021–1030.

Demir, İ., ve Bozkurt, N. (2016). Konut yapılarında dış gürültü kontrolünde cephe bileşenlerinin rolü. *Akustik Dergisi*, 8(1), 27–39.

Demir, M. (2020). Konut yapılarında kullanıcı memnuniyeti ve enerji performansı ilişkisi. Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Dillman, D. A., Smyth, J. D., Christian, L. M. (2014). Internet, phone, mail, and mixed-mode surveys: The tailored design method. 4th ed., John Wiley & Sons, Hoboken.

Emlak Konut GYO. (2019). Bahçeşehir ve Başakşehir toplu konut projeleri teknik raporu. İstanbul.

Emlak Konut GYO. (2019). Başakşehir toplu konut projeleri teknik raporu. İstanbul.

EN 12207 (2016). Windows and doors – Air permeability – Classification. European Committee for Standardization.

EN ISO 52016-1:2017/Amd 1:2023. (2023). Energy performance of buildings Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads — Part 1: Calculation procedures. European Committee for Standardization (CEN).

EPDK (2022). Binalarda enerji performansı ve enerji kimlik belgesi istatistikleri. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara.

Erbil, Y. (2003). Tünel kalıp konutlarda ısı ve su yalıtımı sorunları. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Erbil, Y., Akıncıtürk, N. (2006). Tünel kalıp toplu konut örneğinde ısı konfor. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Erdoğan, Y. (2019). Betonarme yapılarda pencere–duvar birleşim detaylarının ısı kayıplarına etkisi. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Ersoy, U. (2013). Betonarme yapıların deprem davranışı ve taşıyıcı sistem tasarımı. Kalkan Ofset Yayınları, Ankara.

Fanger, P. O. (1970). Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering. McGraw-Hill, New York.

Field, A. (2013). Discovering statistics using IBM SPSS statistics (4th ed.). London: Sage Publications.

Fowler, F. J. (2014). Survey research methods. 5th ed., Sage Publications, Los Angeles.

González, A., ve Navarro, J. (2019). Housing flexibility and user satisfaction in mass housing projects. Building Research & Information, 47(6), 689–703.

Göçer, Ö., ve Yılmaz, Z. (2020). Yapı kabuğunda uygulama kalitesinin enerji ve yalıtım performansına etkisi. Megaron, 15(2), 215–228.

Gülkan, P., ve Sözen, M. A. (2014). Deprem mühendisliğinde rijit kutu davranışı ve betonarme taşıyıcı sistemler. Deprem Mühendisliği Dergisi, 20(1), 1–15.

Güner, A. (2008). Avrupa’da endüstriyel yapı üretim teknikleri. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Gür, M., vd. (2020). Konut yapılarında doğal havalandırma performansını etkileyen planlama kriterleri. Sürdürülebilir Yapılar Dergisi, 4(1), 33–46.

Gür, Ş. Ö., Zorlu, T., ve Ayataç, H. (2020). Konut plan tipolojilerinin doğal havalandırma performansı üzerindeki etkileri. Megaron, 15(4), 623–637.

IEA (2022). Energy efficiency and indoor environmental quality. International Energy Agency, Paris.

ISO (2005). ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment. International Organization for Standardization, Geneva.

ISO 15666 (2003). Acoustics — Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. International Organization for Standardization.

ISO 7730. (2005). Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using PMV and PPD indices. International Organization for Standardization, Geneva.

ISO. (2017). ISO 15666: Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. International Organization for Standardization, Geneva.

İBB Trafik Daire Başkanlığı. (2022). İstanbul trafik yoğunluk haritası. İstanbul.

İBB Ulaşım Daire Başkanlığı. (2023). Ana arterler trafik yoğunluk raporu. İstanbul.

İnalpolat, C. (1996). Tünel kalıp sistemler ve izolasyon problemleri. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Kalkan, E., Balkaya, C. (2004). Perde duvar sistemlerinin yatay yükler altındaki davranışı. Yapı ve Deprem Mühendisliği Dergisi, 4(2), 41–54.

Kaya, Y. M. (2000). Tünel kalıpla yapılan binaların deprem davranışının incelenmesi. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Kaya, Y., ve Ural, N. (2021). Tünel kalıp yapılarının deprem sonrası performansının değerlendirilmesi. Türkiye Deprem Araştırmaları Dergisi, 3(2), 145–160.

Keskin, B., ve Karahan, E. (2020). Konut yapılarında doğal havalandırma olanaklarının mekânsal organizasyonla ilişkisi. Yapı Fiziği ve Enerji, 5(1), 19–32.

Korkmaz, S., Alacalı, S. (2015). Sound insulation problems in tunnel form housing estates. Konferans bildirisi.

Lee, S., Kim, J. (2017). Housing production systems and climate-related performance. *Building Research ve Information*, 45(4), 411–426.

Liu, P. (2021). Heat and moisture transfer in concrete walls with continuous formwork. Doktora tezi.

Long, M. (2014). *Architectural acoustics*. 2nd ed., Elsevier, Oxford.

Makro–Akyapı (2018). Bulvar İstanbul Evleri proje teknik raporu. İstanbul.

Mohsenian, H., Karimi, M., Rahmani, A. (2021). Solar gains and thermal performance in reinforced concrete residential buildings. *Building and Environment*, 196, 107792.

Mohsenian, S., Dede, T., ve Altan, M. (2025). Seismic and comfort performance of tunnel form buildings. *Engineering Structures*, 298, 117036.

Özdemir, M. (2020). Yüksek katlı tünel kalıplı yapıların deprem davranışlarının değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi.

Özel, M. (2011). Toplu konut projelerinde dış cephe ısı yalıtım sistemlerinin enerji performansına etkisi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Özel, M. (2017). Energy and thermal performance of tunnel form residential buildings. *Energy and Buildings*, 150, 475–486.

Özel, M., ve Kuru, A. (2021). Betonarme yapılarda ısı köprülerinin enerji performansına etkisi. *Yapı Bilimleri Dergisi*, 7(1), 39–52.

Özmen, Z. (2016). Tünel kalıp sistemlerinde tam ve yarım tünel uygulamalarının karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Özturan, T. (2019). Betonarme yapılarda alkali–silika reaksiyonu ve dayanıklılık sorunları. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 507, 22–29.

Öztürk, A., ve Şahin, S. (2018). Betonarme perde duvarların ses iletimi üzerindeki etkisi. *Akustik ve Gürültü Kontrolü Dergisi*, 6(2), 41–53.

Öztürk, A., Arslan, M. (2018). TOKİ ve Emlak Konut projelerinde tünel kalıp sisteminin uygulama esasları. *İnşaat Mühendisliği Dergisi*, 29(2), 55–68.

Öztürk, T., Arslan, M. (2018). Toplu konut üretiminde standartlaşma ve mekânsal esneklik sorunları. *Planlama Dergisi*, 28(3), 233–245.

Pallant, J. (2020). *SPSS survival manual* (7th ed.). McGraw-Hill Education.

Pamir, H. (2015). Betonarme yapılarda ses iletimi ve yalıtım detaylarının performansa etkisi. *Yapı Akustiği Dergisi*, 7(2), 55–68.

Polito, G. (2023). Indoor thermal comfort criteria to optimize habitability in tunnel formwork buildings. *Energy and Buildings*, 278, 112567

Rasmussen, B. (2010). Sound insulation between dwellings – Requirements and performance. *Applied Acoustics*, 71(4), 373–385.

Rodrigues, L. T. (2010). Use of thermal mass to improve tunnel form buildings. *Energy and Buildings*, 42(11), 2107–2115.

Rossi, D. (2019). Envelope improvements in tunnel form housing: comfort focus. Yüksek lisans tezi, Politecnico di Milano, İtalya.

Sarıçay, E. (2010). Tünel kalıpla inşa edilen binaların deprem yükleri etkisindeki davranışının incelenmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Shannon, D. M., Bradburn, N. M. (1999). Respondent burden and response rate. In: *Proceedings of the American Statistical Association, Survey Research Methods Section*.

Siddique, R., ve Khan, M. I. (2011). *Supplementary Cementing Materials*. Springer, Berlin.

Singh, R. (2015). Indoor air quality and comfort in reinforced concrete apartments. Yüksek lisans tezi.

Şahin, S. (2015). Seri konut üretiminde endüstriyel yapım sistemleri. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Tezgelen, D. (2012). Tünel kalıp konut uygulamalarında kullanıcı konforu (İzmir örneği). Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Tezgelen, E., Karaman, A. (2014). Toplu konutlarda kullanıcı memnuniyetinin ısı, işitsel ve görsel konfor açısından değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(3), 521–533.

TOKİ (2020). Kayabaşı 22. Bölge toplu konutları teknik raporu. Ankara.

TS 825 (2013). Binalarda ısı yalıtım kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12207. (2016). Pencere ve kapılar – Hava geçirgenliği – Sınıflandırma. TSE, Ankara.

TS EN 13788. (2013). Binalarda İç Yüzey Yoğuşması ve Küf Oluşumu Riskinin Değerlendirilmesi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 15251 (2008). İç çevre kriterleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 15251. (2007). Binalarda İç Ortam Girdileri – İç Hava Kalitesi, Isıl Ortam, Aydınlatma ve Akustik. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 15251. (2008). İç ortam çevresel kriterleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Tunca, Z., Manioğlu, G., & Akdağ, G. (2019). Tünel kalıp sistemli yapılarda cephe bileşenlerinin ısı ve akustik performans analizi. *Megaron*, 14(1), 101–115.

[113] Turan, S., ve Pakdil, F. (2021). Konutlarda doğal havalandırma performansının değerlendirilmesi. *Journal of Architectural Sciences*, 6(1), 91–104.

TÜİK (2022). Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları. Ankara.

Türkmen, H., ve Gündüz, L. (2019). Tünel kalıp sistemlerinde plan şeması ve mekânsal esneklik ilişkisi. *Mimarlık ve Planlama Dergisi*, 5(2), 89–104.

Ulaşım Yatırımları Genel Müdürlüğü. (2021). İstanbul metropol ulaşım etki raporu. Ankara.

WHO (World Health Organization) (2020). WHO guidelines for indoor air quality: Dampness and mould. Geneva.

Yetkin, M., ve Koyun, A. (2017). Betonarme yapılarda çevresel gürültü ve işitsel konfor ilişkisi. *Yapı Akustiği Sempozyumu Bildirileri*, 112–121.

Yetkin, S., ve Koyun, A. (2017). Betonarme yapılarda ses iletimi ve kullanıcı algısı. *Akustik Dergisi*, 4(1), 33–46.

Yılmaz, A. (2018). Toplu konutlarda iç hava kalitesi ve kullanıcı sağlığı. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Yılmaz, A., ve Şahin, E. (2020). Çok katlı konutlarda iç gürültü kaynakları ve akustik performans. *Megaron*, 15(2), 245–258.

Yılmaz, D. (2014). Thermal bridge detailing in tunnel form buildings. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Yılmaz, D. (2018). Bina kabuğu ısı performansının TS 825 kapsamında değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Yılmaz, D., Şahin, S. (2020). Tünel kalıp konutlarda kullanıcı memnuniyetinin anket yöntemiyle değerlendirilmesi. *Megaron*, 15(2), 251–263.

Yılmaz, H., ve Şahin, M. (2020). Betonarme konut yapılarında iç gürültü iletimi. *Akustik ve Gürültü Kontrolü Dergisi*, 5(2), 89–104.

Yılmaz, Z. (2018). Betonarme yapılarda ısı köprülerinin enerji performansına etkisi. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Yılmaz, Z., ve Şahin, E. (2020). Toplu konutlarda kullanıcı memnuniyeti ve iç mekân konfor koşullarının değerlendirilmesi. *Megaron*, 15(1), 92–105.

Zeren, M. (2017). Mekanik tesisat kaynaklı titreşim ve gürültü kontrolü. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 158, 29–38.

ÖZGEÇMİŞ

Büşra MORKOÇ ÇOLAK, lisans eğitimini 2018 yılında İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde tamamlamıştır. Yüksek lisans eğitimini 2025 yılında Gebze Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı'nda tamamlamıştır.

2019 yılından itibaren çeşitli mimarlık ofislerinde mesleki çalışmalar yürütmüş, 2022 yılından itibaren Esenyurt Belediyesi'nde mimar olarak görev yapmaktadır.

Hâlihazırda İstanbul'da yaşamakta, mesleki ve akademik çalışmalarına burada devam etmektedir

TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR / SUNUMLAR

Morkoç B., Öztaş Karaman S.,(2024) “Tünel Kalıp Sistemlerinde Ses Yalıtımının Değerlendirilmesi: Bulvar İstanbul Evleri ve Adıyaman Deprem Konutları”10. Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Kongresi. 23-24 Kasım 2024, İstanbul, Türkiye.



EKLER

Ek A: ANKET SORULARI

		Bu anket, Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü, Yüksek Lisans Programında devam eden "Tünel Kalıp Sistemiyle Üretilen Toplu Konutların Yalıtım Problemleri ve Konfor Koşulları Açısından İncelenmesi" başlıklı yüksek lisans tez çalışmasına veri sağlamak üzere hazırlanmıştır ve üniversitenin resmi izni ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmanın amacı, tünel kalıp sistemiyle üretilen konutlarda kullanıcıların ve tasarımcıların yalıtım sorunlarına ve yaşam konforuna dair deneyimlerini değerlendirmektir. Elde edilen veriler, mevcut sorunların anlaşılması ve bu doğrultuda çözüm önerileri geliştirilmesine katkı sağlamaya hedeflenmektedir. Kısa
Tünel Kalıp Sistemi İle İnşa Edilmiş Toplu Konutlarda Yalıtım ve Konfor Koşulları Araştırma kapsamında iki adet anket çalışmasının yapılması hedeflenmektedir. 1. Anket, tünel kalıp sistemiyle inşa edilmiş konutlarda yaşayan kullanıcıların konfor koşullarına ilişkin deneyimlerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Anket soruları, bina özellikleriyle, kullanılan ısıtma ve soğutma sistemleri gibi konular çerçevesinde; iç ortam sıcaklığı nem ve hava akışı gibi konforu etkileyen faktörleri kapsamaktadır. Bu kapsamda, katılımcıların bu faktörlere verdikleri tepkiler ile tünel kalıp sistemiyle yapılmış toplu konutlarda karşılaşılan yalıtım sorunları ve konfor düzeylerine ilişkin algıları sorgulanmaktadır. 2. Anket çalışması ise, tünel kalıp sistemiyle toplu konutlardaki yalıtım ve konfor koşullarına ilişkin mimarların görüşlerini almak amacıyla tasarlanmıştır. Bu anket, hem teknik değerlendirmeleri hem de kullanıcı deneyimlerine ilişkin profesyonel gözlemleri içerecek şekilde yapılandırılmıştır. Kullanıcılara sorulan anket formu dört ana bölümden oluşmaktadır.		
KULLANICI ANKETİ		
BÖLÜM 1: KİŞİSEL BİLGİLER		
Cinsiyetiniz	:Kadın() Erkek ()	
Yaş	:18-24 yaş (Genç yetişkinler, öğrenci veya ailesiyle yaşayan bireyler, kiracılar) () :25-34 yaş (İlk ev sahipleri, yeni aile kuranlar, konut tercihlerine daha fazla önem verenler) () :35-44 yaş (Aileleri büyüyen, konfor beklentileri artan bireyler) () :45-54 yaş (Orta yaş grubundakiler, konut konforu ve uzun vadeli yaşam kalitesine daha duyarlı bireyler) () :55-64 yaş (Sağlık ve erişilebilirlik konularına daha fazla odaklananlar) () :65 yaş ve üzeri ()	
Eğitiminiz	:İlkokul ve altı (Okuryazar olmayanlar ve ilkökul mezunları) () :Ortaöğretim (Ortaokul ve lise) (Zorunlu eğitimi tamamlamış olanlar) () :Ön Lisans (Meslek Yüksekokulu) () :Lisans ve üzeri (Üniversite, yüksek lisans, doktora) ()	
Bina inşa yılı ne kadar?	:0-5 yıl (2020-2025) (En güncel deprem yönetmeliğine (2019 deprem yönetmeliğine) tam uyumlu binalar) () :6-15 yıl (2009-2019) (2007-2019 deprem yönetmeliklerine kısmen uyumlu, modern binalar) () :16-25 yıl (1999-2008) (1998 deprem yönetmeliğine tabi, ancak eski mühendislik standartlarına sahip olabilir) () :26-45 yıl (1975-1998) (1975 deprem yönetmeliğine göre inşa edilmiş, ancak riskli yapı kategorisine olabilir) () :46 yıl ve üzeri (1974 ve öncesi) (1975 öncesi yönetmeliklerin eksik olduğu, kentsel dönüşüme aday veya güçlendirme gerektirebilecek binalar) ()	
BÖLÜM 2: KONFOR KOŞULLARI		
2.1. Isı Konforu		

Kış aylarında konutunuzun ısınma düzeyini nasıl değerlendirirsiniz?	:Çok Yeterli () :Yeterli () :Orta Düzeyde () :Yetersiz () :Çok Yetersiz ()	
Yaz aylarında konutunuzun iç mekan sıcaklık düzeyini ne ölçüde konforlu buluyorsunuz?	:Çok Konforlu- Hiç rahatsızlık vermiyor () :Konforlu- Genellikle rahatsız etmiyor () :Orta Düzeyde- Bazen rahatsız edici () :Düşük Konfor- Sıklıkla rahatsız edici () :Konforsuz- Yaşamayacak kadar sıcak ()	
Kış aylarında ısınma için ekipman veya yöntem kullanıyor musunuz? (Ör: ısıtıcı, klima, kalın perde vb.)	:Evet () :Hayır ()	
Yaz aylarında serinlemek için ek ekipman veya yöntem kullanıyor musunuz? (Ör: klima, vantilatör gibi)	:Evet () :Hayır ()	
Eğer ek ısıtma/soğutma sistemleri kullanıyorsanız, bu ekipmanları ne sıklıkla kullanıyorsunuz?	:Nadiren () :Ara sıra () :Sık sık ()	
Mevsim geçişlerinde ısı konforu açısından sorun yaşıyor musunuz?	:Evet () :Hayır ()	
2.2 Nem Konforu		
Konutunuzda duvar ya da cam kenarlarında yoğuşma (buğulanma) gözlemliyor musunuz?	:Evet () :Hayır ()	
Konutunuzda rutubet veya küf problemi yaşadığınız bir alan bulunmaktadır?	:Evet () :Hayır ()	
Kış aylarında konutunuzdaki nem düzeyi sizi rahatsız ediyor mu?	:Evet () :Hayır ()	
2.3 İç Hava Kalitesi ve Hava Akışı		
Konutunuzu doğal yollarla havalandırmakta güçlük yaşıyor musunuz?	:Evet () :Hayır ()	
Pencereleri açmadan iç mekan havasının yeterince tazelendiğini düşünüyor musunuz?	:Evet () :Hayır ()	
Konut içerisinde hava sirkülasyonunu yeterli buluyor musunuz?	:Evet () :Hayır ()	
2.4 İşitsel Konfor		
Çevreden gelen seslerden (trafik, komşu sesi, bina içi sesler vb.) rahatsızlık düzeyiniz nedir?	:Hiçbir zaman () :Nadiren () :Ara sıra () :Sık sık ()	
Apartman içinde komşulardan veya bina tesisatından gelen sesleri sıklıkla duyuyor musunuz? (Ör: adım, konuşmalar veya su sesi gibi)	:Hiçbir zaman () :Nadiren () :Ara sıra () :Sık sık ()	
Yaşam alanınızda ses yalıtımı veya ses emici malzeme kullanmayı düşünüyor musunuz?	:Evet () :Hayır ()	
BÖLÜM 3: GENEL DEĞERLENDİRME		

Genel olarak konutunuzun konfor düzeyini nasıl değerlendirirsiniz?	:Mükemmel () :İyi () :Orta () :Kötü () :Çok kötü ()
Konutunuzun inşaat kalitesi ve kullanılan yapı malzemelerini nasıl değerlendirirsiniz?	:Mükemmel () :İyi () :Orta () :Kötü () :Çok kötü ()
Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapının kullanım kolaylığı ve mekansal işlevselliği hakkında ne düşünüyorsunuz?	:Çok kolay () :Kolay () :Orta düzeyde () :Zor () :Çok zor ()
Bu yapının deprem güvenliği açısından size verdiği his nedir?	:Çok güvenli hissediyorum () :Güvenli hissediyorum () :Kararsızım () :Güvensiz hissediyorum () :Çok güvensiz hissediyorum ()
Yalıtım ve konfor koşullarıyla ilgili eklemek istediğiniz görüş veya öneriler varsa lütfen belirtiniz:	
Tasarımcılara sorulan anket soruları dört ana bölümden oluşmaktadır.	
TASARIMCI ANKETİ	
BÖLÜM 1: KATILIMCI BİLGİLERİ	
Mesleki deneyim süreniz?	:0-5 yıl () :6-10 yıl () :11-15 yıl () :16 yıl ve üzeri ()
Tünel kalıp sistemi ile gerçekleştirilmiş kaç projede yer aldınız?	:1-2 () :3-5 () :6-10 () :10'dan fazla ()
Tünel kalıp sistemini hangi bina türlerinde deneyimlediniz?	:Toplu konut () :Öğrenci yurdu () :Otel () :Diğer (lütfen belirtiniz)
BÖLÜM 2: KONFOR KOŞULLARI	
2.1 Isı Yalıtımı ve Isısal Konfor	
Tünel kalıp sistemiyle inşa edilen yapılarda ısısal konfor düzeyini genel olarak nasıl değerlendirirsiniz?	:Çok iyi () :İyi () :Orta () :Kötü () :Çok kötü ()
Kullanıcılardan ısısal konforla ilgili şikayetler aldınız mı?	:Evet-Sık () :Evet-Ara sıra () :Hayır ()

Kış aylarında ısı kaybı, yaz aylarında ısı kazancı açısından sistemin performansını nasıl değerlendirirsiniz?	:Çok iyi () :İyi () :Orta () :Kötü () :Çok kötü ()	
Dış duvarların ısı yalıtımı açısından yeterliliği konusunda görüşünüz nedir?	:Kesinlikle Yeterli () :Yeterli () :Orta Düzeyde () :Yetersiz () :Kesinlikle Yetersiz ()	
Tünel kalıp sisteminde genellikle hangi ısı yalıtımı uygulamalarını tercih ediyorsunuz? (İşaretleyiniz-birden fazla seçenek mümkün)	:Dış cephe kaplamaları () :İç cephe yalıtımı () :Çift cam sistemleri () :Isı yalıtımlı pencere profilleri () :Çatı yalıtımı () :Diğer:	
Isı köprülerini önlemek için özel bir yalıtım detayı ve teknik çözüm geliştirdiniz mi?	:Evet () :Hayır () (Eğer evet ise lütfen belirtiniz):.....	
Isı yalıtım detaylarının mimari projeye entegrasyonu açısından tünel kalıp sisteminin tasarım esnekliğini nasıl değerlendirirsiniz?	:Çok esnek () :Esnek () :Kısıtlı () :Çok kısıtlı ()	
Uygulamada karşılaştığınız başlıca yalıtım sorunları nelerdir?	:Düşük enerji verimi () :Detay çözümünde zorluk () :Uygulama hataları/işçilik problemleri () :Malzeme kaynaklı yetersizlik () :Sorun yaşamadım () :Diğer(belirtiniz):.....	
2.2 Nem ve İç Hava Kalitesi		
Tünel kalıp sistemli konutlarda kullanıcı kaynaklı nem/yoğuşma/küf şikayetlerine rastladınız mı?	:Evet () :Hayır ()	
Havalandırma ve hava sirkülasyonu açısından sistemin performansını nasıl değerlendirirsiniz?	:Yeterli () :Kısmen yeterli () :Yetersiz ()	
Mekansal yerleşim (plan şeması) açısından doğal havalandırma olanakları sistemle uyumlu mu?	:Evet () :Kısmen () :Hayır ()	
2.3 İşitsel Konfor		
Tünel kalıp sistemde kullanılan yapı elemanlarının ses yalıtım performansını nasıl değerlendirirsiniz?	:Çok iyi () :İyi () :Orta () :Zayıf () :Çok zayıf ()	
Komşu daireler ve katlar arasında ses geçişini azaltmak için hangi teknik çözümleri uyguluyorsunuz?	:Yüzer Döşeme () :Katlar arası ses yalıtım katmanları () :Bölme duvarlarda ses yalıtımı () Diğer:.....	

Mekanik sistemlerin (su tesisatı, havalandırma, asansör vs.) seslerini engellemek için özel bir yalıtım önlemi alıyor musunuz?	:Evet () :Hayır () (Açıklamak isterseniz):.....	
Dış çevre gürültüsüne karşı hangi çözümler uygulanıyor?	:Yüksek performanslı pencere/cam sistemleri () :Cephe kaplama sistemleri () :Diğer..... :Uygulama yapılmadı ()	
Tünel kalıp sisteminde ses yalıtımı açısından karşılaştığınız başlıca sorunlar nelerdir?	:Yapısal ses iletimi (duvar-tavan bütünlüğü) () :Yalıtım detaylarının entegrasyon zorluğu () :Malzeme seçimi yetersizliği () :Kullanıcı şikayetleri () :Sorun yaşamadım () Diğer:.....	
Ses yalıtımına yönelik iyileştirme öneriniz varsa lütfen paylaşınız: (Açık uçlu)		
BÖLÜM 3: DEPREME DAYANIKLILIĞI VE 6 ŞUBAT DEPREMİ SONRASI DEĞERLENDİRMELER		
Bu sorular, tünel kalıp sisteminin güvenilirliğini, Şubat depremlerinin etkisiyle algılardaki değişiklikleri ve tasarımcıların olası önerilerini ölçmek için kullanılabilir.		
Tünel kalıp sisteminin deprem güvenliği açısından genel değerlendirmesi nedir?	:Çok güvenilir () :Güvenilir () :Kararsızım () :Güvensiz () :Çok güvensiz ()	
6 Şubat 2023 depremleri sonrası sistemin performansına ilişkin gözlemlerinizi nelerdir?	:Beklentimin üzerinde () :Beklentimi karşıladı () :Orta düzeyde () :Yetersiz ()	
Deprem performansını artırmak için hangi yapısal önlemlerin alınması gerektiğini düşünüyorsunuz?	:Beton dayanımının artırılması () :Donatı detaylarının iyileştirilmesi () :Kat yüksekliğinin sınırlanması () :Zemin-yapı etkileşiminin güçlendirilmesi () Diğer:	
Bu depremler sonrasında tünel kalıp sistemini tercih etme eğiliminiz değişti mi?	:Tercihim arttı () :Aynı kaldı () :Bir miktar azaldı () :Önemli ölçüde azaldı () :Tercih etmeyeceğim ()	
Sizce sistemde gözden geçirilmesi gereken temel tasarım kriterleri nelerdir?	:Deprem yüklerinin yeniden değerlendirilmesi () :Malzeme kalitesinin artırılması () :Kat planlamasının optimize edilmesi () :Uygulama denetiminin artırılması () Diğer:.....	
BÖLÜM 4: GENEL DEĞERLENDİRME		
Tünel kalıp sisteminin mimari tasarım süreci üzerindeki etkisini nasıl değerlendirirsiniz?	:Tasarımı kolaylaştırıyor () :Tasarımı sınırlandırıyor () :Nötr ()	

Sistemle ilgili kullanıcı geri bildirimleri sizce en çok hangi başlıklarda yoğunlaşıyor?(Lütfen işaretleyiniz)	:Isı konforu () :Ses yalıtımı () :Doğal havalandırma () :Mekansal monotonluk () Diğer:.....	
Tünel kalıp sisteminin mimari kaliteyi etkileyen yönleri nelerdir?		

Ek B: ETİK KURULU ONAYI

KARAR:19-02) Üniversitemiz Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık YL Programı öğrencisi Büşra MORKOÇ ÇOLAK' ın 05.09.2025 tarihli ve 214558 sayılı başvurusu görüşüldü ve aşağıdaki şekilde değerlendirildi.

Başvuru Tarihi:	05.09.2025
Protokol Sıra No:	19-01
Sorumlu Araştırmacıların Adı:	Büşra MORKOÇ ÇOLAK- Doç. Dr. Saniye KARAMAN ÖZTAŞ
Çalıştığı Birim:	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Proje Çalışmasının Adı:	“Tünel Kalıp Sistemiyle Üretilen Toplu Konutların Yalıtım Problemleri ve Konfor Koşulları Açısından İncelenmesi”
Toplantı Tarihi ve Oturum Sayısı:	22.09.2025 – 2025/19-02

Değerlendirme:

Araştırmanın Amacı:

Bu çalışmada tünel kalıp sistemiyle üretilen toplu konutlarda deprem güvenliği, hızlı inşaat süreci, işçilikten tasarruf, maliyet verimliliği gibi birçok avantajlı durum söz konusudur. Ancak bu sistemle üretilen toplu konutlar incelendiğinde yalıtım ve konfor koşullarıyla ilgili sorunlarda beraberinde gelmektedir. Bu çalışma, tünel kalıp sistemleriyle üretilmiş olan toplu konutlarda ısı ve ses yalıtım sorunlarını ve bunların iç mekan konfor koşulları üzerindeki etkilerini araştırmayı ve analiz etmeyi amaçlamaktadır. Mevcut literatürün, örnek proje incelemeleri ve yapılan çalışmaların kapsamlı bir şekilde incelenmesi yoluyla bu tezde, yalıtım performansını etkileyen faktörler hakkında bilgi sağlamayı ve tünel kalıp sistemleri kullanılarak inşa edilen toplu konutlarda konfor seviyelerini artırmaya yönelik stratejiler önermeyi amaçlamaktadır.

Araştırmanın Gerekçesi:

Türkiye’de artan konut ihtiyacını karşılamak amacıyla yaygın olarak kullanılan tünel kalıp sistemi, hızlı ve ekonomik üretim avantajı sunmasına rağmen yalıtım ve konfor koşulları açısından çeşitli sorunlar barındırmaktadır. Özellikle ısı, ses ve nem yalıtımındaki yetersizlikler, kullanıcıların yaşam kalitesini düşürmekte ve enerji verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle tünel kalıp sistemiyle üretilen toplu konutlarda yalıtım problemlerinin ve konfor koşullarının incelenmesi, hem mevcut sorunların tespit edilmesi hem de gelecekte daha sürdürülebilir ve kullanıcı odaklı konut üretimi için yol gösterici olması açısından önem arz etmektedir.

Araştırmanın Yöntemi:

Bu çalışmanın yönteminde; literatür taraması, veri toplama yöntemi olan anket formu doldurularak anket çalışması ve proje çizimlerini inceleme yöntemlerinden yararlanılarak tünel kalıp sistemiyle üretilmiş olan toplu konutlarda yalıtım ve konfor koşullarını sağlayacak yöntemleri araştırarak uygulanan detaylar incelenmiştir. Literatür çalışması için bilimsel internet kaynakları, yüksek lisans ve doktora tezleri, kitap, dergi, bildiri ulusal ve uluslararası makaleler taranmıştır.

Çalışmaya Katılacak İnsanlarda Aranacak Özellikler:

Başakşehir ilçesinde tünel kalıp sistemiyle üretilmiş olan toplu konutları tasarlayan ve bu konutlarda ikamet eden kişiler olmalıdır.

Kullanılacak Psikolojik ve Teknik Yöntemler:

-

Etik Özet:

Bu araştırma, “Tünel Kalıp Sistemiyle Üretilen Toplu Konutların Yalıtım Problemleri ve Konfor Koşulları Açısından İncelenmesi” başlıklı yüksek lisans tez çalışması kapsamında yürütülmektedir. Çalışmada kullanılacak

anketler, yalnızca gönüllü katılımcılar ile gerçekleştirilecek olup, katılımcıların kimlik bilgileri hiçbir şekilde toplanmayacak ve kişisel veriler gizli tutulacaktır. Araştırma sürecinde katılımcılara fiziksel, psikolojik veya sosyal açıdan zarar verecek herhangi bir uygulama yapılmayacak, elde edilen veriler yalnızca bilimsel amaçlarla kullanılacaktır. Araştırma, bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun şekilde yürütülecektir.	
Proje Yöneticisi: Büşra MORKOÇ ÇOLAK - Doç. Dr. Saniye KARAMAN ÖZTAŞ Proje Araştırmacısı: - Projenin Yönetileceği Kuruluş: -	
Olası Tehlikeleri: -	
Araştırmanın nasıl finanse edileceği / Finanse eden kurum:	
Araştırma Bütçesi: İnsan Araştırmaları için kullanılacak tutar:	
<u>K A R A R</u>	
Kurul Üyelerinin bu çalışma ile ilişkisinin olup olmadığı incelenmiş olup, Kurul üyelerinin bu çalışma ile ilgili bir bağlantısı olmadığı görülmüştür.	
☒	Uygun Üniversitemiz Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık YL Programı öğrencisi Büşra MORKOÇ ÇOLAK' ın "Tünel Kalıp Sistemiyle Üretilen Toplu Konutların Yalıtım Problemleri ve Konfor Koşulları Açısından İncelenmesi" başlıklı projesi kapsamında kullanmak üzere Etik Kurulumuza sunduğu belgeler kurul üyeleri tarafından incelenmiş ve bir sakınca görülmemiş olup kullanımı için etik onayı verilmesine toplantıya katılanların oybirliği ile karar verildi.
☐	Uygun Değildir (Gerekçesi)
☐	Düzeltilmesi Gerekir yada Yeniden Düzenlenmesinden sonra tekrar başvurulması yönünde tavsiye kararı (Tavsiye edilen düzeltmeler ve düzenlemeler)