



**TOPLU KONUT PROJELERİNDE DIŞ DUVAR UYGULAMA
DETAYLARININ ÇOK BOYUTLU DEĞERLENDİRİLMESİ; ANKARA İLİ
ÖLÇEĞİNDE İNCELEME**

Fatma Zehra SÜER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Fatma Zehra SÜER

22/06/2022

TOPLU KONUT PROJELERİNDE DIŞ DUVAR UYGULAMA DETAYLARININ ÇOK BOYUTLU DEĞERLENDİRİLMESİ; ANKARA İLİ ÖLÇEĞİNDE İNCELEME

(Yüksek Lisans Tezi)

Fatma Zehra SÜER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2022

ÖZET

Yapı malzemeleri ve ürünleri, konut üretiminde kullanılan önemli bir bileşendir. Binayı dış etkenlerden koruyan en önemli malzeme topluluğu ise dış duvarlarda bulunmaktadır. Binaların iç mekanlarıyla dış ortamını düşey doğrultuda ayıran yapı elemanları olan dış duvarlarda önem verilmesi gereken unsurlar; görsel etki yönünden yapı çevresel etkilerini en aza indirmek, kullanılan malzemelerin yaşam döngüsü özellikleri ile çevresel etkilerini en aza indirmek, iç mekanların karşılamaları beklenen konfor sınırlarını olumsuz etkilememek ve yapım maliyeti yönünden ekonomik düzeyde kalmak olarak detaylandırılabilir. Buna bağlı olarak tez çalışmasında dış duvarların enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet kriterlerine göre incelenmesi yapılmaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın amacı konutlarda kullanılan dış duvar sistemlerinin bu üç temel başlığa göre karar vericilere yönelik ideal olan dış duvar sistemi önerileri sunulması hedeflenmektedir. Çalışmada ilk olarak iz sürme tekniği kullanılarak elde edilen konutlar üzerinden 9 farklı tip detay üretilerek, modellemeler ile analizler yapılmaktadır. Karar vericiler tarafından belirlenen malzeme seçiminde birden fazla kritere dayalı bir belirsizliğin olduğu durumlarda karar vermek güç hale gelmektedir. Bu nedenle hesaplamalar sonucunda ortaya çıkan veriler üzerinden her üç kriter için de ortak bir değerlendirme yapılabilmesi için çok boyutlu karar verme tekniklerinden Analitik Hiyerarşik Process (AHP) yöntemi kullanılmaktadır. AHP yöntemi ile detaylarda değişken olan dış duvar malzemelerinin hiyerarşik olarak sıralanması elde edilerek uygulamalarda kullanılacak en iyi alternatif saptanmaktadır. Buna göre konutlarda dış duvar sistemlerinde enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet kriterlerine göre yapılan çok boyutlu değerlendirme sonucunda bims duvar çekirdek malzemesi kullanılarak üretilen ve dış kaplama malzemesi olarak boya kullanılan dış duvarlar en ideal olarak ortaya çıkmaktadır.

Bilim Kodu : 80114

Anahtar Kelimeler : Dış duvar sistemleri, performans kriterleri, maliyet, malzeme seçimi, enerji tüketimi, çevresel etki

Sayfa Adedi : 104

Danışman : Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY

MULTIDIMENSIONAL EVALUATION OF EXTERNAL WALL APPLICATION
DETAILS IN MASS HOUSING PROJECTS; ANALYSIS AT ANKARA PROVINCE

SCALE

(M. Sc. Thesis)

Fatma Zehra SÜER

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 20

ABSTRACT

Construction materials and products are important component used in the building sector. The most important material collection which protects the building from external factors is located on the external walls. Considering the external walls, which are the structural elements that separate the interior and exterior environments of the buildings in the vertical direction, the factors to be considered are as follows; attracting attention in the built environment in terms of visual impact, minimizing the life cycle properties and environmental effects of the materials used, not adversely affecting the comfort limits expected to meet the interior spaces, and staying at an economical level in terms of construction costs. Accordingly, in the thesis, the external walls are examined according to energy consumption, environmental impact and cost criteria. In this direction, the aim of the study is to present the ideal exterior wall system suggestions for decision makers according to these three main headings of the exterior wall systems used in the houses. In the study, firstly, 9 different types of details are produced on the houses obtained by using the tracing technique, and analysis are made with modeling. In cases where there is uncertainty based on more than one criterion in material selection, it becomes difficult to make a decision. For this reason, Analytical Hierarchical Process (AHP) method, which is one of the multidimensional decision making techniques, is used in order to make a common evaluation for all three criteria over the data obtained as a result of the calculations. With the AHP method, the best alternative to be used in applications is determined by obtaining a hierarchical ordering of exterior wall materials that vary in details. Accordingly, as a result of the multidimensional evaluation made according to the energy consumption, environmental impact and cost criteria in the exterior wall systems of the houses, the exterior walls produced by using pumice wall core material and using paint as the exterior coating material emerge as the most ideal.

Science Code : 80114

Key Words : External wall systems, performance criteria, cost, material selection, energy consumption, environmental impact

Page Number : 104

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansımın başından tez sürecimin sonunda kadar beni yönlendiren, yardımlarını esirgemeyen, her türlü desteği veren ve beni cesaretlendiren danışman hocam Sn. Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatımda olduğu gibi yüksek lisans sürecimde de maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annelerim Nigar ARCAKLIOĞLU ve Meryem SÜER'e, teyzem Nagehan ERDEMİR'e, uzakta olsa da varlığını her zaman yanımda hissettiğim ablam Ayşe Betül ÖZTEMEL'e, hayatımda en güzel örnek olarak akademi yoluna girmeme vesile olan canım babam Erol ARCAKLIOĞLU'na ve duasını, desteğini her daim hissettiğim babam Yunus SÜER'e, kardeşlerim Ahmet ve Salih ARCAKLIOĞLU'na, ve tüm aileme çok teşekkür ederim. Son olarak da her daim yanımda olan, anlayışı ve sevgisiyle desteğini esirgemeyen eşim Salih SÜER'e ve canım oğlum Yunus Buğra SÜER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	iv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL ÇERÇEVE VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	9
2.1. Toplu Konut Yapıları ve Cephe Sistemleri	9
2.2. Toplu Konut Projelerinde Cephelerin Değişimi	11
2.3. Cephe Sistemleri ve Enerji.....	13
2.4. Cephe Sistemleri ve Çevresel Etkiler.....	15
2.5. Cephe Sistemleri ve Maliyet	17
2.6. Kaynak Araştırması	17
3. BİNALARDA DIŞ DUVAR VE CEPHE BİLEŞENLERİ	23
3.1. Cephe Kavramı, İşlevi ve Sınıflandırılması.....	23
3.2. Cephe Sistemlerinde Kullanılan Malzemeler.....	28
3.2.1. Dış kaplama işlevini yüklenen katman	29
3.2.2. Duvar çekirdeği işlevini yüklenen katman.....	31
3.2.3. İç kaplama işlevini yüklenen katman.....	33
3.2.4. Isı yalıtım malzemeleri	34

	Sayfa
3.2.5. Su ve buhar yalıtımında kullanılan malzemeler	36
4. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ	37
4.1. Ankara'daki Toplu Konut Projelerinde Cephelerin İncelenmesi.....	38
4.2. Modelleme Süreci ve Sınırlılıklar.....	40
4.3. Analitik Hiyerarşik Process.....	47
5. ALAN ÇALIŞMASI	53
5.1. Mevcut Durumun Değerlendirilmesi	54
5.2. Tip Detayların Belirlenmesi	61
5.3. Tip Detaylar Üzerinden Enerji Analizi Bulguları	64
5.4. Tip Detaylar Üzerinden Çevresel Etki Analizi Bulguları	66
5.5. Tip Detaylar Üzerinden Maliyet Bulguları	68
6. ÇOK BOYUTLU DEĞERLENDİRME	71
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR	83
EKLER.....	91
EK-1. Çizelgeler	92
ÖZGEÇMİŞ	104

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Dış kaplama işlevini yüklenen katman malzemeleri	29
Çizelge 3.2. Duvar çekirdeği işlevini yüklenen katman malzemeleri	31
Çizelge 3.3. İç kaplama işlevini yüklenen katman malzemeleri.....	33
Çizelge 3.4. Isı yalıtım malzemeleri.....	34
Çizelge 4.1. Ankara ölçeğinde incelenen toplu konut projeleri.....	37
Çizelge 4.2. AHP’de önem skalası	47
Çizelge 4.3. AHP’de matris oluşturma.....	47
Çizelge 4.4. AHP’de sütun toplamları	48
Çizelge 4.5. AHP normalizasyonu.....	48
Çizelge 4.6. Kriter önem ağırlıkları.....	49
Çizelge 4.7. Tüm öncelikler matrisinin elde edilmesi	49
Çizelge 4.8. Rassallık indeksi (RI)	50
Çizelge 5.1. Mevcut toplu konut projelerinin değerlendirme tablosu	58
Çizelge 5.2. Tip detaylarda malzeme kullanımına ait özet tablo.....	60
Çizelge 5.3. Enerji analizi sonuçları	62
Çizelge 5.4. Enerji tüketimleri artış oranları.....	63
Çizelge 5.5. Malzemelerin CO ₂ emisyonu sonuçları	65
Çizelge 5.6. CO ₂ emisyonu artış oranları.....	65
Çizelge 5.7. Maliyet sonuçlarına ait özet tablo.....	66
Çizelge 5.8. Malzeme maliyetleri artış oranları.....	67
Çizelge 6.1. Uzman bilgileri	70
Çizelge 6.2. Uzman değerlendirmesi	71
Çizelge 6.3. Kriter ağırlıkları	72

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.4. 3 Temel kritere göre alternatiflerin ağırlıkları	73
Çizelge 6.5. Alternatif ağırlıkları ve sıralamaları	74

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tez akış şeması.....	8
Şekil 2.1. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin yapısı	16
Şekil 4.1. Referans konut modelinin planı ve üç boyutlu görünümü.....	39
Şekil 4.2. Referans yapının bulunduğu bölgenin enlem ve boylamı	40
Şekil 4.3. Ankara iline ait sıcaklık ortalamaları (MGM, 2022).....	40
Şekil 4.4. Green Building Studio analiz programı arayüzü	41
Şekil 4.5. Revit enerji modeli ve analiz girdileri	43
Şekil 4.6. GBS enerji analizi sonuçları	43
Şekil 4.7. LCA analiz programı arayüzü	44
Şekil 4.8. LCA analiz programı girdileri	44
Şekil 4.9. LCA analiz sonuçları	45
Şekil 5.1. Kalecik TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli	52
Şekil 5.2. Gölbaşı Örencik TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli.....	53
Şekil 5.3. Yapracık TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli	53
Şekil 5.4. Gölbaşı İncek TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli.....	54
Şekil 5.5. İncek 2.Etap TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli.....	54
Şekil 5.6. Mamak TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli.....	55
Şekil 5.7. Sincan Saraycık TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli.....	55
Şekil 5.8. Kuzeykent TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli.....	56
Şekil 5.9. Varlık Mahallesi TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli.....	56
Şekil 5.10. Kızılcahamam TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli.....	57
Şekil 5.11. Dış cephe kaplaması boya olan tip detaylar	60

Şekil	Sayfa
Şekil 5.12. Dış cephe kaplaması porselen cephe kaplaması olan tip detaylar	61
Şekil 5.13. Dış cephe kaplaması fibercement olan tip detaylar	61
Şekil 6.1. Değerlendirme modelinin uygulama adımları	69

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Cephe sistemleri	12
Resim 3.1. Cephe sistemlerinin fonksiyonları	23
Resim 3.2. Dış duvar bileşenleri	27

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Simgeler	Açıklamalar
m	Metre
m²	Metrekare
cm	Santimetre
K	Kelvin
W	Watt
°C	Santigrat Derece

Kısaltmalar

Kısaltmalar	Açıklamalar
AHP	Analitik Hiyerarşik Process
CO₂	Karbondioksit
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
EPDB	Binalarda Enerji Performansı Direktifi
EPS	Genletirilmiş Polistiren
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GBS	Green Building Studio
LCA	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
PVC	Polivinil Klorür
TOKİ	Toplu Konut İdaresi
XPS	Sıkıştırılmış Polistiren
YBM	Yapı Bilgi Modellemesi
2B	İki Boyutlu
3B	Üç Boyutlu

1. GİRİŞ

Endüstri devrimi sonrasında teknolojik gelişmeler ve yaşam koşullarının değişmesine bağlı olarak küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi büyük ölçekli ve geri dönüşü olmayan çevresel tahribatlarda ciddi artış görülmektedir. Atık üretimi, kaynakların tüketilmesi ve sera gazı emisyonları başta olmak üzere hızlı kentleşmeye bağlı oluşan çevresel sorunlar nedeniyle artan bir endişe bulunmaktadır (Rahla, Mateus ve Bragança, 2021). Yapı sektöründe diğer sektörlerle oranla kaynakların tüketimi ve çevresel etki değerleri daha yüksek çıkmaktadır. Yapılı çevrede en etkin rol olan meslek olan mimarlık disiplinde enerji verimliliğinin artırılması ve çevreyle uyumlu yaklaşımların kullanımı ile kaynakların daha verimli kullanılması çevresel sorunlara uygulanabilecek çözümlerin içinde yer almaktadır. Yapıların tüm yaşam döngüsü süreci içinde yer alan; yapı tasarım süreci, kullanım süreci ve kullanım sonrası süreci boyunca çevresel etkileri ve enerji tüketiminin tespit edilerek verilere yönelik çalışma yapılması gerekmektedir (Uslusoy Şenyurt, 2018). Bununla beraber yapı sektörü Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin ekonomik yapıları içerisinde önem teşkil etmektedir. Kısıtlı olan ekonomik kaynakların verimli kullanılması mimari tasarımların ön tasarım evresindeki maliyet tahmini ile mümkün olmaktadır (Özmaden, 2020).

Endüstrileşmenin artmasıyla beraber artan nüfus ve kırdan kente göç büyüyen şehirlerde konut ihtiyacı problemini ortaya çıkarmıştır. Bununla beraber bu ihtiyacı karşılamak amacıyla toplu konut projeleri uygulanmaya başlamıştır. Yapılaşmanın artması ile beraber inşaat sektörünün enerji tüketimi de artış göstermektedir. Yapılar yaşam döngüsünün tamamı boyunca enerji tüketmektedir, tüketilen enerjinin büyük bir kısmı malzeme kullanımından kaynaklanmaktadır. 2018 yılı verilerine göre dünyada, binalar ve inşaat sektörü nihai enerji kullanımının %36'sını, enerji ve süreç kaynaklı karbondioksit (CO₂) emisyonlarının %39'unu oluşturmakta olup, bunun %11'i yapı malzemeleri ve ürünlerinin imalatından kaynaklanmaktadır (Binalar ve İnşaat için Küresel İttifak, 2019). Yapılarda enerji verimliliğinin sağlamakta yapı malzemelerinin seçiminde enerji verimliliği yapıların inşaat aşamasından itibaren önem teşkil etmektedir (Yüksek, 2014). Bina tasarım parametreleri içinde dış duvar sistemleri dış ve iç ortam arasında bulunduğu konum ve enerji korunumunda aldığı rol dolayısıyla enerji tüketiminde aktif rol oynamaktadır (Aydın, 2020).

Yapı sektörü doğal kaynakların kullanımında önemli bir tüketicidir. Bu nedenle çevresel sürdürülebilirliğini sağlamak önem teşkil etmektedir. Yapı sektörü içinde yapı malzemeleri kaynak kullanımında ve atık üretiminde ön plana çıkmaktadır. Çevresel etkileri az, geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı çevre sorunlarına yönelik uygulanabilecek çözümlerdendir (Shin ve Kim, 2022). Yapı sektöründe yapı malzemelerinin çevresel etki değerlendirilmesi için kullanılan ana yöntemlerde birisi yaşam döngüsü değerlendirmesidir. Bu yöntemle malzemelerin hammadde edinimiyle başlayarak üretilmesi, yapıda kullanılması ve kullanımının sona ermesiyle geri dönüştürülmesi süreçlerinin tamamında çevresel etkileri analiz edilmektedir (Tuna Taygun, 2005). Yaşam döngüsü analizleri ile yapıların çalışma parametreleri hesaba katılarak elde edilen sonuçlarla beraber yapıların çevresel etki tahminleri yapılmaktadır (Belany, Hrabovsky ve Kolkova, 2021).

Yapı sektöründe maliyet etkinliği farklı yöntemlerle yapılmaktadır. Yaklaşık malzeme maliyeti hesaplaması yöntemlerden biridir. Yaklaşık malzeme maliyet hesaplaması ile malzeme seçimine yönelik uygun karar verilmesi sağlanmaktadır. Teknolojinin gelişimiyle beraber yapı malzemesi ve yapım sistemleri değişkenleri çoğalmaktadır. Bu artışla beraber bilinçli bir tasarım süreci ile malzeme seçiminde ekonomik analizlerin yapılması önem kazanmaktadır.

Projeler fiziksel, yapısal ve tipolojik özellikleri bakımından yeni uygulama teknikleri, malzemeleri ve sistemleri ile zamanla değişim ve gelişim göstermiştir. Diğer bütün yapı çeşitlerinde olduğu gibi konut projelerinde de mimari görsellikle beraber ihtiyaçlara ve çevre koşullarına uygun olarak değişmektedir. Görsel olarak arayışların olduğu tasarım evresinde kullanılan malzemeler ve dış duvar bileşenlerinde alınan kararlar yapı ömrü boyunca önem teşkil etmektedir. Yapının çevresel etkilere uyum sağlaması, yapım ve kullanım maliyeti, performans kriterleri dış duvar ve cephe sistemlerinin gelişiminde rol oynayan faktörlerdir.

Yapılarda kullanılan malzemeler ısı performansları, hava bariyerleri, yalıtım özellikleri, kaplama sistemlerine göre çeşitlilik göstermektedir. Yapı sektöründe kullanılan malzemelerin karbon emisyonlarının ve çevresel etkilerinin az ve kaynak verimli olmaları binaların tasarlandıkları süreçten başlayarak tüm yaşamları boyunca değer kazanmaktadır (Attia, 2018).

Yapıların dış duvar ve cephe sistemleri çok sayıda katman içermeleri, bünyesinde kullanılan malzemelerin miktarı ve niteliği nedeniyle oldukça karmaşık bir yapıya sahiptirler. Bina maliyetine etkileri bakımından ise yüksek yapım maliyetleri ile üretilmektedirler. Ayrıca, dış mekan ile ilişkileri kontrol eden ve mekânsal konfor koşullarını direkt etkileyen bu yapı bileşenlerinin enerji ve çevresel performansı doğrudan yapının bütününe etkilemektedir.

Öte yandan, yaşam döngüsü bakış açısıyla etkinin en aza indirilmesi amacıyla sürdürülebilir ve geri dönüşümlü yapı malzemelerinin araştırılması da artırılmıştır. Bina kabuğunda kullanılan malzeme ve sistemlerin tasarım performansları ve davranışları gelecekteki iklim değişikliklerine etkilerini belirlemektedir. Bunun için yapının ömrü boyunca enerji ihtiyacının en aza indirilmesine, çevresel etkilerinin azaltılmasına odaklanılmaktadır (Masia, Festaa, Giuseppe ve Vanolib, 2021).

Dış duvar tasarımlarında çok farklı karar süreçlerinden geçilirken bu süreçlerden bazıları birbiri ile olumlu ilişki içinde iken bazıları ters ilişki gösterebilmektedir. Çevresel etki değerleri düşük olan maliyeti yüksek olan veya enerji verimliliği yüksek iken çevresel etki değerleri yüksek olan dış duvar kararları alınmaktadır. Dolayısıyla karar vericiler tarafından çok boyutlu bir değerlendirme ile tasarlanmaları gerekmektedir. Bu tez çalışmasında dış duvar sistemlerinin enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet kriterlerine göre karar vericilere yönelik ideal olan dış duvar sistemi önerileri sunulması hedeflenmektedir.

Tez çalışmasında değerlendirilecek olan dış duvar detaylarında alternatif sayısı fazla olduğu için kısıtlama yapılmıştır. Bu sebeple aynı proje müellifi tarafından aynı bölgede inşa edilen, aynı nitelikte konut özelliğine sahip olan yapıları seçmek amacıyla Toplu Konut İdaresi (TOKİ) tarafından inşa edilen toplu konut projeleri üzerinden elde edilen dış duvar detayları değerlendirilmiştir. İklim koşulları önemli olduğu için bölge olarak Ankara seçilmiştir. Toplu konut projeleri büyük ölçekli yapılar olduğu için bir birimde tercih edilecek detayın birim sayısının fazla olmasıyla etkisi çok büyükmektedir. Özellikle devlet eliyle yapılan toplu konut projelerinin ele alınmasının amacı elde edilen sonuçlarla iyileştirmede bir referans oluşturabilmektir.

Problemin Tanımı

Yapı üretiminde kullanılan malzemeler tasarımın, oluşumu kullanımındaki biçimlenmesini sağlamaktadır. Yapı üretim sürecinin tasarım planlama aşamasından itibaren başlayarak yapım aşaması ve kullanımında yapı malzemeler önem teşkil etmektedir. Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte yapı malzemelerinde çeşitlilik artmakta ve buna bağlı olarak malzeme seçimi de zorlaşmaktadır. Burada karar vericilerin malzemeleri performans, güvenilirlik, uygunluk, dayanıklılık ve estetik gibi belirli kriterlere göre seçim yapmaları gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Kentsel gelişimin kontrolü için artan sayıda toplu konut projelerinde ise üretmekte, yüksek inşaat oranları, büyük ölçekli toplu konut projelerinin hem ekonomik hem çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için bir ihtiyaç oluşturmaktadır. Şu anda Türkiye’de bahsi geçen toplu konut projelerinin tasarımı, malzeme seçimlerine ve çevresel etkilerine yönelik bir çerçeve ya da yasal çalışma bulunmasa da karşı karşıya olunan sorunlar ülkemizi enerjiyi etkin kullanmaya ve yeni çözüm arayışlarına yönlendirmektedir.

Enerjiye olan gereksinim gün geçtikçe katlanarak artmakta, gerekli enerji ihtiyacı kömür, petrol, doğalgaz gibi yenilenemeyen fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Bu durum da CO₂ salınımı yükseltmekte, mevcut enerji kaynaklarının hızla tükenmesine ek olarak çevresel ve ekonomik sorunları ortaya çıkarmaktadır. Zamanla küresel bir endişe haline gelen enerji tüketiminde ise inşaat endüstrisinin yeri düşündürücüdür. Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, ekonominin sürükleyici gücü olan inşaat endüstrisi hızlı kentsel gelişim ve mevcut bina stoku ile genel enerji tüketimi üzerinde ağır bir yük oluşturur.

Tez kapsamında konutlarda, özellikle toplu konut olarak uygulanan büyük ölçekli yapılaşmalarda, dış duvar ve cephe sistemlerinin yapıların performansları üzerine odaklanılmaktadır. Devlet eli ile yapılan mevcut örnekler üzerinden yıllarca kullanılmış çözümlerin performanslarının kıyaslanması, sonrasında enerji, çevresel etki ve maliyet kriterleri üzerinden çok yönlü bir karar verme sürecine sahip olan yapı bileşenleri için tasarımcıya ışık tutmak amaçlanmaktadır.

Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Fikir aşamasında uygulanacak konut projelerinin kapsamı içerisinde inşa edilecek yapının çeşitli özelliklerinin belirlenmekte; büyüklüğüne, yapıldığı yere, yapım teknolojisine, kullanılan malzemeye, işçiliğine, kalitesine vb. gibi bina maliyetini etkileyen kararlar alınmaktadır. Projeler tamamlandıktan sonra mimari projeye ait detayların ilgili standartlarda belirlenen değerlere uygun olarak tasarlanması o yapının ruhsat alabilmesi için yeterli sayılmaktadır. Hâlbuki bahsedilen küresel enerji krizine yönelik bilinçli kararların alınmasında mimari tasarım aşamasının etkisi fazla olmaktadır.

Küresel değişimle beraber meydana gelen tehlike kaynak tüketimi ile beraber sanayi ve üretimden kaynaklı çevresel yükler, malzemenin uygulamasından kaynaklı yükler olarak da karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda çevre kirliliğindeki artış küresel ölçekte tartışmalara ve çözüm arayışlarına neden olmuştur. Her disiplin bu konuda önlemler almaya başlamıştır. Yapılı çevrenin en önemli aktörleri olan mimarlarında tasarladığı yapılar ve kullandıkları malzemeler eşliğinde bu konuyu tartışarak çözüm arayışında olmaları önem teşkil etmektedir. Bu nedenle yapıların direk atmosferle temas kuran dış duvar çözümlerinin çevresel etkilerinin araştırılması gerekmektedir.

Ayrıca, yapıların üretim sürecinde, maliyetin planlanmasına ve denetimine yönelik olarak gerçekleştirilen çalışmaların önemini yadsınamaz. Bir binanın fonksiyon ve performansının değerlendirilmesinde maliyet önemli bir parametre haline gelmekte ve bundan dolayı, tasarımın değerlendirilebilmesi için maliyetin belirlenmesi, hesaplanması gerekmektedir. Konut projelerin merceğinde de maliyetin önemli tasarım kriteri olması farklı bakış açıları ile araştırmaların sayılarını arttırmıştır. Bu çalışmada ise yapılarda dış duvar malzeme seçimine yönelik enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet odaklı bir araştırma yapılması planlanmaktadır. Tez çalışmasının en temel amacı yapılı çevrede yukarıda bahsedilen enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet başlıkları doğrultusunda doğru karar verilmesi için yol gösterici bir referans oluşturmaktır.

Çalışma kapsamında mimarlığın en temel yapı grubu olarak görülen konutların dış duvar sistemlerinde kullanılan malzeme ve sistemlere yönelik nicel bir değerlendirme yapmaktır. Aynı iklim şartlarında bulunan mevcut konut projeleri incelenerek dış duvar çözümlerindeki çeşitlilik enerji kullanımı, çevresel etki ve maliyet odaklı belirlenen performans kriterlerine

göre 2000' li yılların başlarından itibaren gelişen cephe sistemlerinin analiz edilmesi ile mevcut durumun ortaya konması ile gerçekçi bir senaryonun değerlendirilmesi yapılmış olacaktır. Ayrıca Türkiye'de yeni yapılan/yapılacak büyük ölçekli konut projelerinde yaşam döngüsü, yapım ve kullanım evrelerindeki enerji performansı, CO₂ salım miktarı ve finansal maliyetlerinin değerlendirilmesi ile optimum maliyet yaklaşımı bütünlük olarak elde edilmiş olacaktır. Bu değerlendirmenin ülkemizde dış kaynaklı olarak elde ettiğimiz enerjinin kullanımını azaltacağı, ülke ekonomisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırma Sorusu

Yapılı çevre için en önemli karar vericiler mimarlardır. Mimarların karar verme süreçlerinde yapılarda en büyük yüzey alanına sahip olan dış duvar tasarımının etkisi yadsınamaz. Bu sebeple bu çalışmada ilk araştırma sorusu dış duvar kararlarının enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet odaklı performans kriterleri hangi mertebelerde değişiklik gösterdiği. Sonrasında ise örneklem alanını daraltmak amacıyla toplu konutların kronolojik olarak incelenmesi ile elde edilen mevcut detay çözümlerinin enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet odaklı performans kriterleri hangi mertebelerde değişiklik gösterdiği araştırma sorusu olarak belirlenmiştir.

Son olarak araştırma sürecinde ele alınan ve farklı birimle değerlendirilen üç farklı başlığın aynı payda da incelendiğinde karar verme sürecinde etkilerinin nasıl değişeceği de araştırmanın sorusudur.

Araştırmanın Yöntemi

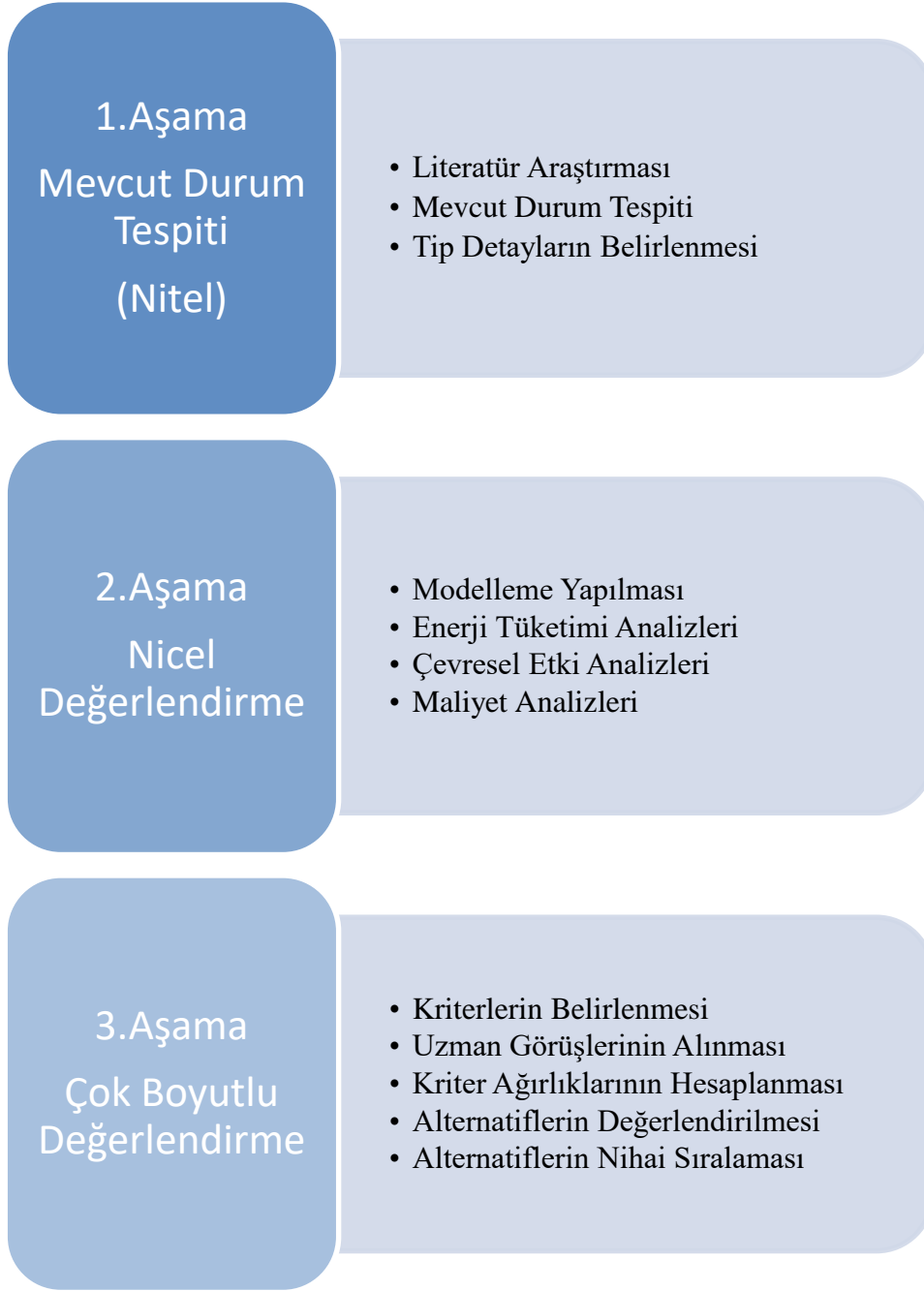
Konut projelerinde dış duvar sistemleri kararlarında çok boyutlu değerlendirme çalışması olarak belirlenen araştırmanın amaç ve kapsamı doğrultusunda 3 aşamadan oluşan bir yöntem izlenmiştir (Şekil 1.1).

Birinci aşama iz sürme tekniği ile mevcut durum tespiti aşamasıdır. Dış duvar sistemlerinde nasıl bir değişimin olduğu ilk araştırılması gereken konu olmuştur. Bu konuya ışık tutmak amacıyla yerinde gözlem, ilgililerle yüz yüze görüşme ve literatür taraması ile mevcut durum tespiti yapılması için gerekli olan Ankara ölçeğindeki projeler incelenmeye başlanmıştır. Bu amaçla, Türkiye'de konut üretiminde dış duvarlara, alışlagelmiş tasarım yaklaşımlarına ve

yapım yöntemlerine dair verilerinin elde edilmesi ve sıklıkla kullanılan detay tiplerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Mevcut durumun tespit edilebilmesi amacıyla ilk aşamada TOKİ Ankara projeleri ile ilgili uzmanlardan bilgi alınmış, kapsama giren projelerin detayları incelenmiştir. Tez kapsamında 10 adet konut projesinin cephe sistem detayı analiz edilmiştir. Görsellik sağlayan dış kaplama malzemelerinin ve çekirdek malzemelerin değişim gösterdiği görüldüğü için benzer yapı stoğu içerisinde değişken olarak ele alınarak 9 tip detay belirlenmiştir. Tip detaylarının belirlenmesinde değişkenler çekirdek işlevini üstlenen katmanda kullanılan malzemeler; tuğla, bims blok ve gazbeton; dış kaplama katmanında kullanılan malzemeler; boya, porselen cephe kaplaması ve fibercement cephe kaplamasıdır. Bu iki katmanda değişen malzemelere göre tip detaylar belirlenirken ısı yalıtımı, iç kaplaması her detay için sabit alınmaktadır. Bunun nedeni elde edilen verilerde ısı yalıtımı ve iç kaplama malzemesinde kronolojik bir değişim tespit edilmemesidir.

İkinci aşamada ise sayısal analizlerle beraber nicel veriler elde edilmesi hedeflenmiştir. Bilgisayar ortamında referans bir model üzerinden aynı tasarıma sahip bir kat planı esas alınarak mevcut durumdan elde edilen değişkenler doğrultusunda enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet analizleri yapılmıştır. Tez akışı şemasında da görülebildiği üzere analiz aşamasında tasarlanan bir toplu konut yapısının bir bloğunun bir kat planı üzerinden Revit programı ile modelleme yapılmıştır. Model üzerinden enerji analizi için Green Building Studio (GBS), çevresel etki analizi için One Click LCA programları kullanılmıştır. Maliyet hesabı için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat ve Tesisat birim fiyat çizelgesi kullanılarak keşif / metraj hesaplaması yapılmıştır.

Son aşamada ise elde edilen 9 tip detay arasından en uygun olanı seçmek amacıyla belirlenen kriterler doğrultusunda Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi ile bir değerlendirme yapılmıştır. Analitik Hiyerarşik Process (AHP) yöntemi kullanılarak tip projelere ait verilerin değerlendirmesi yapılmıştır. AHP yöntemi ile karmaşık problemler alternatifler ve kriterler yardımı ile sıralanarak çözülebilmektedir. Bu yöntem her bir değerlendirme kriterini ortak paydada hiyerarşik olarak sıralamak için kullanılmıştır. İlk etapta üç temel değerlendirme kriterinin ağırlıkları uzman görüşleri ile elde edilmiş, ardından 9 tip detayın bu kriterlere göre sıralaması elde edilmiştir. Sıralamanın elde edilmesiyle beraber dış duvar uygulamalarında enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet yönleri eş zamanlı düşünüldüğünde en ideal olan alternatif belirlenmiştir.



Şekil 1.1. Tez akış şeması

2. KURAMSAL ÇERÇEVE VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde; toplu konut projelerinde cephe ve dış duvar sistemleri üzerinden incelenmesi hedeflenen optimum maliyetli, düşük enerji tüketimi yapan ve çevresel etkileri minimum olan cephe sistemi araştırması ile ilgili konular ele alınarak çalışmanın kapsamı ve önemi ortaya konulmuştur. Toplu konut yapılarında cephe sistemleri başlığı ile başlayarak cephe sistemlerinin enerji, maliyet ve çevresel etkileri incelenmiştir. Son olarak tez çalışmasının konusu ile paralellik gösteren literatür kaynaklarından kısaca bahsedilmiştir.

2.1. Toplu Konut Yapıları ve Cephe Sistemleri

Konut temel anlamıyla insanların içinde yaşadıkları ev, apartman vb. yer, mesken, ikametgâh olarak tanımlanmaktadır. Ancak daha farklı boyutlarda da incelemek mümkündür. Konut, bize çatıyı ve duvarları sağlayan, bizi kötü hava koşullarından koruyan, canlıları sığınaktaki gibi yabancılardan saklayan bir barınma nesnesidir (Cengizkan, 2000). Hızla artan nüfusla beraber kırsal alanlardan kentlere göçün artması kent merkezlerinde konut sayısı yetersizliğine neden olmuştur. Konut yetersizliğiyle beraber kentlerde kentsel dönüşüm projeleriyle toplu konutlar inşa edilmeye başlamıştır.

Türkiye’de 1950’lerde sonra kentsel dönüşüm süreci üç farklı döneme ayrılmaktadır; 1950-1980, 1980-2000 ve 2000- ve sonrası olarak ele alınacak dönemlerden ilkinde sanayileşmenin artmasıyla büyük kentlerin nüfusunun hızlıca arttığı ve gecekondulaşmanın çoğaldığı görülmektedir. İkinci dönem küreselleşmenin etkili olduğu bir dönemdir. Kent içinde yapı sayısı artarken aynı zamanda da yerleşim alanları kent merkezleri dışına kaymaya başlamıştır. Bununla beraber devlet eliyle sosyal konut uygulamaları önem kazanmıştır. Üçüncü dönem ise kentsel dönüşüm konusunda en önemli dönemdir. Yerel yönetim – özel sektör işbirliği ile dönüşüm stratejileri planlanmış ve kentsel yenileme konusunda kalabalık konutlara sahip olan projeler yapılmaya başlanmıştır. Bu noktada toplu konut uygulamaları önceki döneme göre farklılaşmaya da başlamıştır (Özsoy, 2011).

Erken cumhuriyet döneminde konut ihtiyacı görece olarak daha fazla olan alt ve alt/orta-gelir grupları için inşa edilen örneklerde çoklu yapılaşma örneklerine rastlanmaktadır. Bu durum sosyal ve toplu konut projeleri kavramlarını ortaya çıkarmaya başlamıştır (Özsoy, 2011). Sosyal konutun tek bir tanımı olmadığı gibi, bu tanım ülkeden ülkeye değişiklik

gösterebilmektedir. Ancak sosyal konutu, bazı belirgin özellikleriyle tariflemek mümkün olacaktır; merkezi yönetimler, yerel otoriteler, kar amacı gütmeyen kurumlar ve / veya konut birliklerinin desteği ile üretilir ve yönetilirler (Özden, 2012).

Türkiye’de ilk toplu konut uygulamaları Sultan Abdülaziz tarafından yaptırılan saray hizmetlilerinin kullanımı için tasarlanan Beşiktaş Akaretler (1870) uygulamasıdır. Sonrasında Taksim Surp Agop sıra evleri ve 1921’de Laleli’de yapılan Mimar Kemalettin’in Harikzedegan (Tayyare) Apartmanları da ilk betonarme toplu konut uygulaması olarak bilinmektedir (Özsoy, 2011). Kurtuluş Savaşı sonrası dönemde Ankara’nın başkent ilan edilmesiyle beraber ortaya çıkan konut ihtiyacına karşılık 1925-1952 tarihleri arasında memurlara konut kooperatifleri kurmaları için yasa çıkarılmıştır.

1960’lı yıllarda kalkınma planları çıkarılmış ve konut sorununa öneriler sunulmuştur. 1967 yılında ise toplu konut projeleri Türkiye için konut sorununa çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Ancak 1963-1980 yıllarını kapsayan bu dönemde gittikçe büyüyen konut sorununun çözümü amacıyla birçok yasal düzenleme yapılmış ancak uygulamaya yönelik olarak yeterli kaynak ayırlamaması ve örgütlenmenin sağlanamaması nedeni ile bu soruna çözüm getirilememiştir (Yıldırım, 2012).

Planlı dönemin ilk yarısında uygulanan politika ve hazırlanan yasal düzenlemeler 1981 tarihli 2487 sayılı ve 1984 tarihli 2985 sayılı Toplu Konut Yasaları için bir geçiş niteliğinde olmuştur. 1984 yılında yürürlüğe giren 2985 sayılı Toplu Konut Kanunu ile özerk Toplu Konut Fonu’na haiz, Genel İdare dışında Toplu Konut ve Kamu Ortaklığı İdaresi Başkanlığı adı ile kurulmuştur. Toplu Konut İdaresi, 2002 yılına kadar 19 yılda 43.145 konutu tamamlamış ve yaklaşık 950.000 konutu kredilendirmiştir. 58. Hükümetin yürürlüğe koyduğu Acil Eylem Planı çerçevesinde “Planlı Kentleşme ve Konut Seferberliğinin başlamasıyla TOKİ, yeni bir işleve sahip olmuştur. 2005-2006 yıllarında konut sayısında ciddi artışlar yaşanmış, yatırım amaçlı konut satışları başlamıştır. TOKİ’nin 2011 yılı itibari ile 500.000 konut üretimi gerçekleşmiş olup, bu sayının 2023 yılına kadar 700.000’e ulaşması hedeflenmektedir. Bu yıllardan sonra nitelikli ve yaşanabilir konut ihtiyacı bulunmamakla beraber yeni teknolojiler ve sistemlerle inşa edilen toplu konut sayıları artış göstermiştir (TOKİ,2020).

Teknolojinin gelişimiyle beraber yıllar boyunca inşa edilen konutlarda uygulanan mimari tutum değişim ve gelişim göstermiştir. Literatürde toplu konutların mimari olarak tipolojisi ile ilgilenen, mekânsal kalitesi ile ilgilenen, kullanıcı memnuniyeti ile ilgilenen çok çalışma mevcuttur. Yapım teknikleri ve malzemelerine yönelik de önemli bir literatür bulunan toplu konutlarda temel hedeflerden biri; birçok farklı malzemelerin çeşitliğinde doğru malzeme ve teknolojinin en uygun şekilde uygulanarak çevreye duyarlı, enerji etkin ve kullanıcı konforuna sahip yapılar üretilmektedir (Akyazıcı, 2019).

Toplu konut uygulamaları da kitlesel üretim ile gerçekteştirilen, genellikle düşük ve orta gelirli kullanıcılara yönelik uygulamalar olarak bilinmektedir (Özsoy, 2011). Ekonomik, sosyal ve politik nedenlerle üretilen toplu konutlar kentlerimizin planlı gelişmelerinde, ülkesel ölçekte büyük kentlerde yığılma haline geçişin önlenmesinde, nüfusun dengeli dağılımının sağlanmasında, bölgeler arası dengesizliğin ve açık alanların yok olmasının giderilmesinde önemli uygulama araçlarıdır.

TOKİ'nin kurumsal stratejileri ile son dönemlerde üst gelir grupları için de toplu konut projeleri uygulanmaya başlanmıştır. Kullanıcı gelir grubunun değişmesi ile proje tasarımları ve üretim maliyetine önemli etkisi olan malzeme kararları farklılaşmaktadır. Bu bağlamda Fettahoğlu ve Yalçınkaya (2021) yaptıkları çalışmada yerel malzeme ve tekniklerin bugünkü mimari tasarımlarda kullanımını örneklerle araştırmışlardır. Ortaya çıkan sonuçlara göre çevresel etkiler ve sürdürülebilirlik açısından performansları farklı olan malzeme kullanımının önemli olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca yerel malzeme kullanımı ile yapının inşa edildiği bölgeyi temsil etmeleri açısından önemine değinmişlerdir (Fettah ve Yalçınkaya, 2021).

2.2. Toplu Konut Projelerinde Cephelerin Değişimi

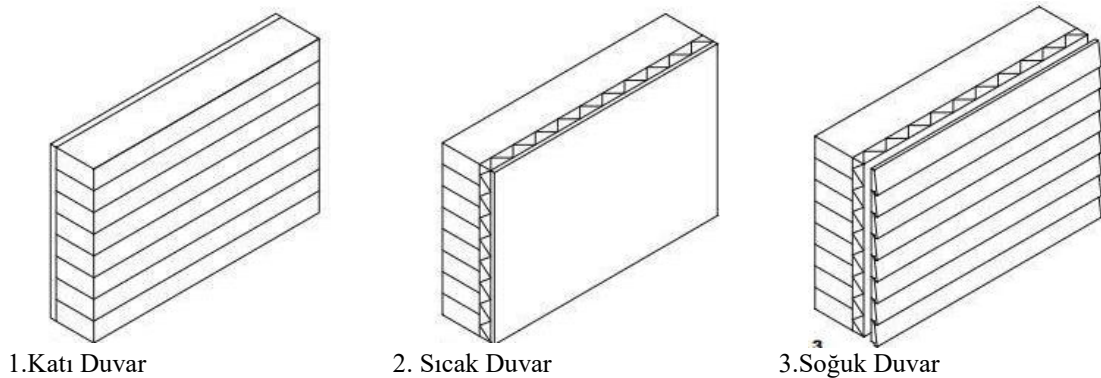
Hızlı nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme gibi gelişmelerle birlikte enerjiye duyulan ihtiyacın artması ve enerji ihtiyacının genellikle yenilenemeyen kaynaklardan karşılanması bahsedilen çevresel sorunların temelini oluşturmaktadır. Konut sayısındaki yetersizlik kırdan kente gerçekteşen yoğun göç ve hızlı nüfus artışı ile beraber nitelik ve nicelik açısından problem olmaya başlamıştır. Alt- ve alt/orta-gelir gruplar ve orta ve üst gelir grupları için üretilen projeler farklılık göstermektedir. 1980'li yıllardan sonra artan konut ihtiyacını karşılamak amacıyla toplu konut yapımları başlamıştır. Ancak bulunan

çözümlerin devlet veya özel kurumlar aracılığıyla hızlı bir biçimde uygulanması nedeni ile mekansal ve fiziksel kalite, çevresel performans ve psikososyal performans konularında yetersizlik ortaya çıkmaya başlamıştır (Özsoy, 2011).

Tüm bunların yanı sıra üretim ve tüketim aşamasında kullanılan enerjinin genellikle yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanılması nedeni ile çevresel sorunlara zemin hazırlanmıştır. Son yıllarda artan çevresel bilinçlenme doğrultusunda çevresel etkileri az, tasarımsal ve fonksiyonel açıdan yeterli konut yapımının önemi artmaktadır.

Cephe sistemleri dış duvar, kapı/pencere, çatı döşemeden oluşan genel anlamıyla yapıları iç ortamla dış ortamdaki ayıran biçimsel kurgulardır. Konutlardaki çok boyutlu değerlendirme etkinliğinin sağlanabilmesini hedefleyen tez çalışması için Bölüm 3.1’de yapılan dış duvar sınıflandırmaları doğrultusunda, incelenmesi düşünülen hedef özelliklerinde enerji, çevresel etki ve maliyet odaklı değerlendirmede yapım sistemi ve malzemelerin önem kazanması ile aşağıda verilen sınıflandırma esas alınmıştır.

Cephe sistemleri malzeme ve detay sistemlerinin değişimine göre üç grupta sınıflandırılmaktadır (Knaack, Klein, Bilow ve Auer, 2014) (Resim 2.1). Erken dönem konutlarında kalın duvar çözümleri kullanılarak yapının performansı dengelenmiştir. Zamanla malzeme teknolojisinin gelişmesi ile sıcak cephelerde doğrudan bina yüzeyine uygulanan tabaka halinde ısı yalıtımı kullanımı yaygınlaşmıştır. Yalıtım tabakası dışarıya uygulandığında, aynı zamanda suya dayanımı sağlamak gereklidir. Yalıtım katmanı iç kısma uygulanmışsa, ısıyı depolaması dış etmenlerden etkilenmeyecektir. Son dönemlerde ise soğuk cepheler, bir boşluk ile içten havalandırılan, dışarıyla içeri arasında hava şartlarına karşı koruma ve ısı yalıtım katmanı sunan duvar sistemleridir.



Resim 2.1. Cephe sistemleri

Mimaride yılları içerisinde teknolojinin gelişmesine bağlı olarak değişim ve gelişim görülmektedir. Literatürde toplu konutların mimari olarak tipolojisi ile ilgilenen, mekânsal kalitesi ile ilgilenen, kullanıcı memnuniyeti ile ilgilenen çok çalışma mevcuttur. Yapım teknikleri ve malzemelerine yönelik de önemli bir literatür bulunan toplu konutlarda temel hedeflerden biri; birçok farklı malzemelerin çeşitliliğinde doğru malzeme ve teknolojinin en uygun şekilde uygulanarak çevreye duyarlı, enerji etkin ve kullanıcı konforuna sahip yapılar üretilmektedir (Akyazıcı, 2019).

2.3. Cephe Sistemleri ve Enerji

Konut sayısındaki yetersizlik kırdan kente gerçekleşen yoğun göç ve hızlı nüfus artışı ile beraber nitelik ve nicelik açısından problem olmaya başlamıştır. 1980'li yıllardan sonra artan konut ihtiyacını karşılamak amacıyla toplu konut yapımları başlamıştır. Ancak bulunan çözümlerin devlet veya özel kurumlar aracılığıyla hızlı bir biçimde uygulanması nedeni ile mekânsal ve fiziksel kalite, çevresel performans ve psikososyal performans konularında yetersizlik ortaya çıkmaya başlamıştır (Özsoy, 2011). Alt gelir gruplar, orta gelir gruplar ve üst gelir grupları için üretilen projeler kullanılan malzemeler yönünden farklılık göstermektedir (Bingöl, 2019). Tüm bunların yanı sıra üretim ve tüketim aşamasında kullanılan enerjinin genellikle yenilenemeyen enerji kaynaklarından kullanılması nedeni ile yoğun konut birimlerine sahip olan toplu konut uygulamalarında çevresel sorunlara zemin hazırlanmaktadır. Günümüzde ise artan çevresel bilinçlenme doğrultusunda çevresel etkileri az, tasarımsal ve fonksiyonel açıdan yeterli konut yapımının önemi artmaktadır.

Dünya genelinde bina sektörünün, toplam enerji tüketim miktarında %29' luk paya sahip olduğu ve sera gazı emisyonlarının %40' ından sorumlu olduğu bilinmektedir (ETKB, 2016). Binaların, enerji tüketiminde yüksek bir paya sahip olmaları, uzun ömürlü ürünler olmaları, ürün ve hizmet aralıklarının geniş olması sebebiyle enerji etkinliği ile ilgili çalışmalarda öncelikli hedef alanı olarak değerlendirilmektedir ve dünya genelindeki enerji etkinliği çalışmalarının başında gelmektedirler. Bu nedenle tüm dünyada, enerji etkinliğinin sağlanabilmesi amacıyla çeşitli yasal düzenlemeler oluşturulmuştur.

Binalar, enerji tüketimindeki paylarının yüksek oranda olması, ekonomi sektöründeki en uzun ömürlü ürünler olmaları, ürün ve hizmet aralığının geniş olması nedeniyle enerji verimliliğinin artırılması amacıyla yapılan çalışmalarda öncelikli alan olarak

değerlendirilmektedir. Karahan (2015) araştırmasında sektörlere göre enerji tüketim oranlarına baktığında tüm bina yapıları içerisinde konut sektörünün enerji tüketim oranının %27 olduğunu bulmuştur (Karahan, 2015).

Konut üretim süreciyle beraber toplu konut üretimleri ve kentsel dönüşüm uygulamaları da artış göstermektedir. Toplu konut üretiminin hızla artış göstermesiyle beraber enerji tüketimi alanında konut sektöründe iyileştirmeler büyük önem arz etmektedir (Karaca ve Varol, 2012). Türkiye’de konut yapısının kullanımı sürecindeki enerji tüketim oranları; ısınma amaçlı kullanım %32, sıcak su amaçlı kullanım %13, aydınlatma %12, soğutma %10 ve diğer kullanım amaçlı enerji tüketimi %33 oranındadır (Çiftçi ve Balyemez, 2020). Bu tüketimlerin sebepleri düşünüldüğünde de büyük oranda mimari tasarım sürecinde yapı kabuğuna yönelik alınan kararların etkili olduğu düşünülmektedir.

Yapı kabuğu, en basit düzeyde dış duvar, kapı/pencere, çatı ve zemine oturan döşeme olarak dört elemandan oluşmaktadır. Bu dört eleman iç ortamla dış ortamı birbirinden ayıran bileşenler olmaları nedeniyle çok sayıda katman içeren yapıdadır ve bu nedenle binaların diğer bölümlerine göre karmaşıklık düzeyleri daha fazladır. Bu noktada binaların enerji tüketiminde oluşan ısı kayıplarının incelenmesi ön plana çıkmaktadır. Koçul ve Dereli (2010) yaptıkları çalışmada tek katlı bir konutta ısı kayıpları dış duvarlardan % 25, çatıdan % 22, pencerelerden % 20, bodrumdan % 20 ve hava kaçaklarından % 13 olarak belirtmiştir. Toplu konutlar ele alındığında ise toplam ısının % 40’ı dış duvarlardan, % 30’u pencerelerden, % 7’si çatılardan, % 6’sı bodrum döşemesinden ve % 17’si hava kaçaklarından oluştuğunun altını çizmişlerdir (Koçul ve Dereli, 2010). Bu verilerden hareketle ısı kaybının en fazla dış duvarlardan olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden yapı kabuğu bina için gerekli ısı kayıplarının azaltılması, sıcağa ve soğuğa karşı dayanım gibi çevresel faktörlere karşı koruma sağlamalıdır. Isıl kütlelen faydalanma, yalıtımın devamlı olması, ısı ve nem köprülerinin olmaması ve kabuk yapısı ısıl dengenin sağlanmasında etkili olan faktörlerdir (Karaca ve Varol, 2012).

Çalışmanın odak noktası olan dış duvarlar ise yapı kabuğu bileşenleri içerisinde yüzey alanı bakımından en büyük olan elemanlardır. Binanın niteliğine ve özelliklerine göre değişkenlik gösteren dış duvar detayları yapılarda enerji verimliliği etkinliğinin sağlanabilmesi için önem teşkil etmektedir. Konu literatüründe yer alan kaynaklarda dış duvarlarda malzeme kararlarında en çok ele alınan konu ısı yalıtım malzemesi ve kalınlığı ile ilişkilidir. Örneğin,

Ertürk, ve arkadaşları yaptıkları çalışmada iki farklı ısı bölgesinde seçilen illerde yapılan binalar için taş yünü, genletirilmiş polistiren (EPS) ve sıkıştırılmış polistiren (XPS) kullanımıyla değişen malzeme ve kalınlıkları içeren enerji analizleri yapmışlardır (Ertürk, Keçebaş, Daşdemir ve Kurt, 2016). Bu noktada farklı özelliklerine göre sınıflandırabilen dış duvar uygulamalarının ısı kayıpları ışığında sınıflandırılması ortaya çıkmaktadır.

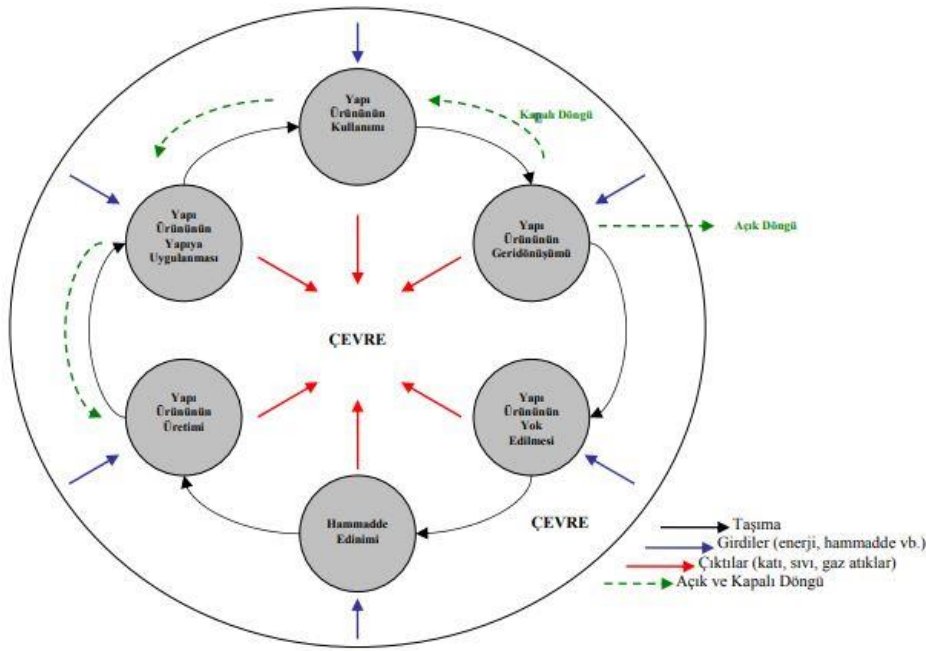
Bu noktada seçilen uygulama detaylarının kullanım evrelerindeki enerji performansı önemli bir araştırma alanıdır. Cephede oluşturulacak boşluklar, tercih edilen pencereler mimari tasarımlara göre farklılık göstermekte (Koyun ve Koç, 2017) olsa da özellikle tüm cephe kararını etkileyen malzeme tercihleri ve uygulanma yöntemleri konfor koşulları sağlamakta ve enerji etkin bir tavır için başrol oynamaktadır. Dış duvar uygulamaları malzeme kararları kapsamında düşünüldüğünde ise en temelde (i)dış kaplama, (ii)yalıtım, (iii)duvar çekirdek malzemesi ve (iv)iç kaplama bileşenleri gündeme gelmektedir (Algın ve Alkan, 2019).

2.4. Cephe Sistemleri ve Çevresel Etkiler

Doğada insanoğlunun neden olduğu karbon emisyonlarının küresel iklim üzerindeki etkisine ilişkin endişeler, küresel ısınma bilincindeki artış nedeniyle son yıllarda artış göstermektedir (Huntzinger ve Eatmonb, 2009). Dünya genelinde salınan karbondioksit miktarının %40'lık bölümü inşaat endüstrisinden kaynaklanmaktadır (Chena, Qiu, Hanb ve Lau, 2019). Güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla elde edilen enerjinin elektrik üretimi ve diğer enerji ihtiyaçları için kullanılması küresel ısınmayı önleyecek faktörlerden birisidir (Jenua, Deviatkin, Hentunen, Myllysilta, Viik ve Pihlatie, 2020). Küresel değişimle beraber meydana gelen tehlike sadece kaynak tüketimi değildir, aynı zamanda sanayi ve üretimden kaynaklı çevresel yükler, malzemenin uygulamasından kaynaklı yükler de çevresel tehditlerdir. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi bu çevresel yükleri analiz etmek amacıyla kullanılan, malzemenin veya herhangi bir hizmetin beşikten mezara geçen sürede bütün aşamalarıyla etkilerini değerlendirmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Morsali, 2016).

Bütün yaşam döngüleri boyunca binalar direk veya dolaylı olarak çevre ile karşılıklı etkileşim içindedirler. Yapılar inşa edilirken, inşa aşaması bittikten sonra kullanımında ve tüm bu süreçte binanın bakımında çevresel etkiler rol oynamaktadır (Aksel ve Eren, 2014). Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA), yapıların ekolojik etkilerini farklılaşan zaman

aralıklarına göre sabit bir nesnenin değerlendirmesini yapmaktadır. Yani ürünün zaman faktörüne göre değişimini ele almaktadır (Jin ve Ling, 2015). Ürün yaşam döngülerinin ürün döngüsünü daha fazla geri dönüşüm ve yeniden kullanım, çevrede etkili ve sistematik olarak analiz edilen terimleriyle, bu ürün sistemlerini LCA gibi yöntemlerle ifade etmektedir. Özellikle, LCA bir ürün sisteminin çevresel bakış açısından bütün yaşam döngüsü aşamalarını hammadde ekstraksiyonundan ürünün nihai bertarafına kadar değişen bütünsel olarak değerlendirerek analiz etmektedir (Holt, 2016) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin yapısı (Tuna Taygun ve Balanlı, 2005)

Cephe tasarımında seçilen cephe sistemi, teknolojisi ve malzemesine göre çevresel etkileri değişiklik göstermektedir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi yapının her bir elemanı için kullanılabileceği gibi cephe sistemlerinde de kullanılmaktadır. Tasarımın karar verme sürecinden itibaren tüm sistemlerin çevresel özellikleri belirlenerek ideal seçimler yapılabilmektedir. Tez çalışmasında cephe sistemlerinin çevresel etkileri kapsama alınarak CO₂ emisyonları analizler ile hesaplanmaktadır.

2.5. Cephe Sistemleri ve Maliyet

Bina kabuğu, bina yapımında tasarım ve inşaat sürecinde toplam maliyeti etkileyen önemli bir yapı elemanıdır (Huang ve Niu, 2016). Bina cepheleri iklim koşulları, yerel kaynaklar, fonksiyon ve kültürel etkiler gibi etkenlere bağlı olarak değişir. Tasarımına belli ihtiyaçları karşılayarak yapının amacına uygun olacak biçimde malzeme ve sistemine karar verilmesi gerekmektedir. Bu yüzden mimarı tasarımın erken aşamalarından itibaren uygun çözümler üretilmelidir (Giuda, Giana, Masera, Seghezzi ve Villa, 2019). Özellikle ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde teknolojik ve ekonomik kaynakların kısıtlı olması nedeniyle yapı sektöründe yapı üretim sürecinde maliyetin planlanması ve denetimi konusu mimaride önemli bir parametre haline gelmektedir. Yapıların tasarım ve yapım süreçlerindeki maliyetler bina maliyetinin büyük bir kısmını temsil etmektedir (İlerisoy, 2014). Tez çalışması kapsamında cephe sistemlerinin ilk yatırım maliyeti ele alınarak malzeme maliyetleri hesaplanmaktadır.

2.5. Kaynak Araştırması

Konut yapılarında cephe sistemleri tasarımında enerji, maliyet ve çevresel etki kriterleri üzerine ülkemizde ve dünyada çeşitli akademik çalışmalar bulunmaktadır; (Altun, Akgül ve Akcamete; 2020; Marvan,2020; Avan ve Yıldız, 2021; Diker ve Yazıcıoğlu, 2020; Sung, 2016; Annageldiyev, 2019; Aydın, 2015; Yılmaz ve Yılmaz, 2019; Deniz ve Ekinci, 2018, Gümüş, 2011, Fries, Rakhshan, Hendawi ve Tajerzadeh, (2012), Güğül ve Köksal, 2019; Ünsal, 2012). Bu bölümde hedeflenen tez çalışmasının ilerleyişinde yararlanılan ve yararlanılabilecek kaynaklardan ve paralellik gösteren bilimsel çalışmalardan kısaca bahsedilmiştir.

Altun ve arkadaşları (2020) yaptıkları çalışmada ek zarf yalıtım yatırımlarının ısıtma ihtiyacı, maliyet ve karbon ayak izi açısından etkinliğini tasarım aşamasında araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre; standart ölçülerde yapılan yalıtımların yıllık %75, ısıtma enerjisi ve yaşam döngüsü maliyeti için %70 iyileştirme sağladığı görülmektedir.

Marvan (2020), çalışmasında hızla nüfusu artan Endonezya'da artan nüfusla beraber enerji tüketimini ve CO₂ salınımını azaltmaya yönelik olarak, enerji tüketiminin %49' luk

bölümünü oluşturan ev enerjisini azaltmak amaçlanmıştır. Binaların enerji tüketimini azaltmak için, duvarların enerjisiyi korumak için önemli bir rolü vardır. Duvarlar için uygun malzeme seçimi enerjisiyi önemli ölçüde azaltabilir. Bu araştırmada binaların duvarları için yeni bir kompozit malzeme geliştirilmiştir. Bu araştırma tuğlaların, ahşap, cam ve kereste gibi binaların performansını artırmak için belirli duvar malzemelerini hafiflik, mukavemet ve ses yalıtımı yönlerinden optimize etmektedir. Bu araştırmada iki tür yapı soruşturması yapılmıştır. Bina-1, geleneksel CLC tuğla ve bina-2 yenilikçi bir CLC tuğlasından inşa edilmiştir. Araştırma, Bina-1'in ısı transfer katsayısının daha yüksek olduğunu ortaya koydu. Ayrıca ekonomik matematiksel bir model altında, bina-1 için enerji maliyetinin bina-2'den daha yüksek olduğunu ortaya koydu.

Avan ve Yıldız (2021) yaptıkları çalışmada tuğla, gazbeton ve bims çekirdek malzemelerinin ısı verimliliği ve maliyet açısından analizlerini yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre bims çekirdek malzemesi ısı verimliliği açısından en ideal malzemedir.

Diker ve Yazıcıoğlu (2020) Türkiye'de alçak binalarda inşaat sektöründe en çok tercih edilen dış duvar sistemlerinden üçü seçilmiş ve detaylı olarak incelenmiştir. Bir sonraki adımda, ahşap çerçevesiz (dolgu) ve yük taşıma eski bir tarihe sahip ve geleneksel olarak bilinen saman balya duvar sistemleri karşılaştırmalı bir analiz yapmak için inşaat sistemi seçilmiştir. Değerlendirme bölümünde beş farklı duvar sistemi birbiriyle karşılaştırılmıştır; fiziksel ve termal özellikleri (yoğunluk, ağırlık, U ve R değerleri), karbon / enerji miktarları ve maliyetleri. Elde edilen sonuçlara göre Türkiye'de (yerel malzeme) kolayca bulunabilen saman balyasının binalarda malzeme olarak kullanılması enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik oldukça önemlidir. Ağırlık olarak daha hafif olması, düşük maliyeti olmasının yanı sıra depreme karşı dayanımı da testlerle kanıtlanmıştır.

Makalede Sung (2016) bina cephesinin açık yaya refahının bir temsilcisi olarak yeniden düşünülmesini ve bina sağlığının ek bir işlevi olarak halk sağlığı kavramını public bayındırlık işlerinin yetki alanına girebilecek bir kavram öneriyor. Bir şehir binalarının devasa toplam yüzey alanının şehrin altyapısının bir parçası olduğu düşünülürse, kamu katkısı sadece açık alanları rahat, temiz ve eğlenceli hale getirmekle kalmaz, aynı zamanda şehirlerdeki artan sıcaklık sorununu hafifletmeye yardımcı olabilir. Bu çalışmada, alüminyum giydirmeye cephe projelerinin maliyet analizlerinin nasıl yapıldığı, hangi maliyet kalemlerinin daha fazla rol oynadığı ve yurt içi/yurt dışı projeler arasındaki maliyet

oranlarının nasıl değişiklik gösterdiği analiz edilerek, elde edilen bulguların bir arada sunulması amaçlanmıştır. Yurt içi ve yurt dışı seçilen projeler ilk önce ülke bazlı sonra da ülkeler arası maliyet bazlı karşılaştırılmıştır. Giydirme cephelerin maliyet farklılıkları değerlendirilmiş, maliyet ve bütçe analiz edilmiştir.

Annageldiyev (2019), tez kapsamında 1990-2000, 2000-2010, 2010-2020 yıllarında inşa edilen toplu konut projelerindeki değişimin görsel etki açısından değerlendirilmiştir. Teknolojinin ve yaşam standartlarının değişimiyle beraber konutlarda meydana gelen değişimler cephe sistemlerinde değişikliğe neden olmuştur, kentlerde büyük yoğunluğa sahip olan toplu konutlar da bu bağlamda en çok değişim gösteren yapılardır, bu çalışmada bu değişimin cephe üzerindeki etkisi görsel yönden analiz edilmiştir. Tez için İstanbul'da sekiz farklı toplu konut projesi incelenmektedir. Çalışmanın sonucunda cephelerin değişimde nüfus artışının, sosyal yaşamdaki değişikliklerin yanı sıra yönetmeliklerin de etkili olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. 20.yüzyıldan itibaren giydirme cephe sistemlerinin ve bununla beraber saydam cephelerin arttığı savunulmaktadır.

Aydın (2015) çalışmasında, dış cephe kaplamalarının özellikleri, toplu konutlarda bu kaplamalarının kullanım durumu ve nedeni belirlenmek istenmiştir. Bu amaçla öncelikle geçmişten günümüze kullanılan dış cephe kaplama malzemeleri incelenmiş ve bu malzemeler; yapılarına, türlerine ve uygulanış biçimlerine göre detaylı olarak irdelenmiştir. Ayrıca incelenen bu malzemelerin toplu konutlardaki durumunu belirlemek amacı ile 10 adet toplu konut şantiyesi gezilerek dış cephe proje bilgileri alınmış ve konu ile ilgili genel bir değerlendirme yapılmıştır. Yapılan araştırma sonucu; yapıda kullanılan dış cephe kaplamalarının gelişmesi ve kullanılma amaçlarına uygun olacak şekilde günümüz yapılarında teknolojik gelişmeler sonucunda farklı amaçlarla estetik özelliklere de yanıt verebilecek şekilde çok sayıda cephe kaplama malzemesinin üretildiği gözlemlenmiştir. Yapılan araştırma sonucunda; toplu konutlarda en çok tercih edilen dış cephe kaplama malzemeleri olarak; kompozit paneller, giydirme cam ve mantolama üzerine fuga açılarak oluşturulan boşluklar en çok tercih edilen kaplama şekilleri olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Makalede Yılmaz, Y. ve Yılmaz, Ç. (2019), bir sosyal konutun tip tasarımında pencere boyutu, pencere optik ve termo-fiziksel parametrelerinin etkileri incelenmektedir. Cephe, pencere boyutu, pencere optik ve termo-fiziksel özellikleri göz önüne alınarak maliyet performansı değerlendirmesi yapılmaktadır. Araştırmacıların amacı uygun maliyetli aynı

zamanda enerji tasarrufu sağlayan senaryolar üretmektir. Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD Recast)'inde belirtilen yalıtım ve verimli pencere ve cam tipleri uygulanarak çalışma sürdürülmüştür. Cephe parametreleri, baskın değerleri elde etmek için optimize edilmiştir ve enerji ve maliyet açısından değişmektedir. Amaç yaşam döngüsü maliyetinde yaklaşık %5 ve birincil enerji kullanımını temel durumun optimizasyonu sağlamaktır.

Deniz ve Ekinci (2018) çalışmalarında bina zarfı tasarımında yapılan montajlar için sistematik bir karar verme süreci geliştirmişlerdir. Nitel ve nicel özelliklere göre belirli işlevleri yerine getirecek bina zarfı montajları Çok Kriterli Karar Verme sorunu olarak düşünölmüş ve niteliklerin göreceli önemi AHP yöntemi ile belirlenmiştir, alternatifler TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. Çalışmanın sonucunda uygun bir BE sistemi en iyi montajı kullanan, tasarım sürecinde alternatiflerin kullanıldığı, montaj sistemlerinin performanslarına göre karar verildiği bir ön tasarım sürecinden geçmesi olduğu savunulmaktadır. Cephe tasarımında kullanılacak malzeme seçimine tasarım sürecinden başlanması gerektiği ortaya konmaktadır.

Gümüş (2011), tez çalışmasında toplu konutlara yönelik olarak ısıtma ve soğutma enerjisi etkinliğinin değerlendirilmesini ele almıştır. İstanbul'da mevcut bir toplu konut örneği için bloklar Design Builder programı ile uygulama çalışması yapılmıştır. Toplu konutta yer alan bloklar Design Builder simülasyon programı ile modellenmiş mevcut ısıtma ve soğutma enerjisi giderleri hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları değerlendirilmiş enerji giderlerinin azaltılması yönünde farklı iyileştirme alternatifleri geliştirilmiştir. Bu çalışmalara ek olarak binanın farklı yerleşim düzeninde ısıtma ve soğutma enerjisi giderleri hesaplanarak, bina konumlandırması ve bina aralıklarının enerji giderlerine olan etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, yalıtım + polivinil klorür (PVC) doğrama + çift cam + cam balkon + kırma çatı uygulamasıyla % 48.98 oranında enerji tasarrufu ve % 55,43 oranında karbondioksit salımında azalma tespit etmiştir.

Friess ve arkadaşlar (2012), yaptığı çalışmalarında Dubai'de gerçekleştirdikleri çalışmada 2 katlı bir villada çeşitli dış duvar yalıtım alternatifleri kullanarak konut binasının yıllık enerji performansını incelemişlerdir. Bu çalışma, bu termal köprüleme etkisinin, hem ilk tasarım aşamasında hem de güçlendirme modunda binalar için tipik olarak uygulanan bir dizi yalıtım stratejisinin enerjik performansını modelleyerek (DesignBuilder / EnergyPlus kullanarak

saatlik simülasyon) binanın enerji tüketimi üzerindeki etkisini araştırılıyor. Simülasyon modeli, toplanan tüketim verilerine ve gerçek binanın deneysel sızma ölçümlerine göre kalibre edilir. Simülasyon sonuçları, sadece uygun dış duvar yalıtım stratejileri ile % 30'a varan enerji tasarrufu sağlandığını göstermektedir.

Güğüllü ve Köksal (2019), Ankara iklimi için enerji kullanımını en aza indirgeyecek yapısal malzemeler ve yenilenebilir enerji kaynakları tespit etmek amacıyla, Ankara'da bulunan 500 m² ısıtma alanına sahip müstakil bir tekil aile konutunun ısıtma amaçlı saatlik enerji talep tahmin modeli ESP-r bina enerji simülasyon programı kullanılarak oluşturulmuştur. Saatlik ısıtma tahmin modeli saatlik iklim verisi, binanın dış cephe yapı bileşenleri ve ısı kazanç verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Daha sonra oluşturulan model bir yıl süresince ölçülen günlük ısıtma amaçlı doğalgaz tüketimi verisi ile kalibre edilmiştir. Sonuçlar, pencere iyileştirmesi, dış duvar yalıtım iyileştirmesi ve çatıya yalıtım malzemesi eklenmesi durumunda yıllık yaklaşık % 46 oranında enerji tasarrufu sağlanabileceğini göstermiştir.

Ünsal (2012), farklı iklim bölgeleri için TOKİ C tipi konutlarında kullanıcı konforunu sağlayarak enerji performansının artırılması ve enerji korunumunu sağlayan çözümlerin ortaya konmasını sağlamak amacıyla çözümlerin oluşturulması amaçlamıştır. Ayrıca Türkiye'nin farklı iklim bölgeleri için mevcut durumun enerji performans sonuçlarını karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, soğutma enerjisi yüklerinin İzmir ve Diyarbakır illerinde %1-2 oranında azaldığını, İstanbul ve Ankara illerinde ise yaklaşık %2 oranında arttığını ortaya koymuştur.

Yapılan araştırmalar sonucunda; farklı lokasyonlardaki projeler için değerli çalışmalar incelenmiş, ancak tez kapsamındaki Ankara'da konut projeleri için enerji tüketimi, gömülü enerji ve yapım maliyet analizlerinin bütünleşik olarak ele alındığı çalışmalara mevcut olanaklar doğrultusunda ulaşılamamıştır. Bu nedenle tez çalışmasının literatürde başkent Ankara'ya yönelik fark edilen eksikliği kapatması konusunda önemli olduğu düşünülmektedir.

3. BİNALARDA DIŞ DUVAR VE CEPHE BİLEŞENLERİ

Binaları oluşturan çatı, temel ve cepheler, dış etkilere maruz kalan ve binayı bu etkilerden koruyan tüm elemanlar yapı kabuğu olarak adlandırılabilir. Kabuk dahilindeki bileşenlerden cepheler, dış etkilere maruz kalan, yüzey alanı çatı ve temellere göre daha fazla olan, yapının kimliğine ve ayırt edilebilmesinde önemli etkisi olan elemanlardır. Bu nedenle cephe sistemlerinin seçimi ve uygulanması çok önemlidir.

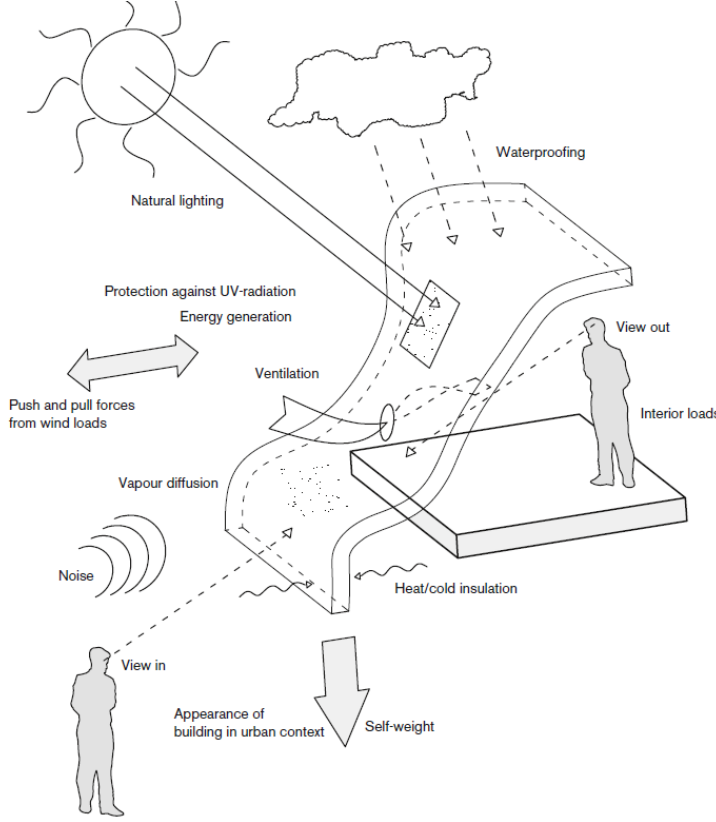
3.1. Cephe kavramı, İşlevi ve Sınıflandırılması

Cephe kavramı sözlük anlamıyla “bir şeyin veya yapının ön tarafta bulunan bölümü, alnaç, yan, yön, taraf” anlamlarına gelmekte ve ‘cephe’ kelimesinin İngilizce karşılığı olan ‘facade’ kelimesi İngilizce’de yüz anlamına gelen ‘face’ kelimesiyle eş anlamlı olan Latince ‘facies’ kelimesinden türeyerek ortaya çıkmıştır (Çıkış, 2007).

Mimari yapı bağlamında ele alındığında ise cephe bina zarfı, bir binanın iç ve dış ortamları arasındaki fiziksel arabirim ve binada meydana gelen enerji dengesinin çoğundan sorumlu yapı sistemi olarak tanımlanmaktadır (Planas, Cuerva ve Alavedra, 2017). Başka bir tanımla cephe mimaride biçim oluşumuna, iç-dış ilişkisinin kurulmasına olanak sağlar. Orhon’a göre yapı kabuğu yapının estetik, konfor ve güvenlik gereksinimlerini sağlayarak yapıyı dış etkilerden koruyan çatı ve cephe elemanlarıdır. Yapı kabuğunun temel görevleri ise; yapıyı form olarak tanımlamak, iç ortam için gerekli görsel, işitsel, ısısal ve iklimsel koşulları sağlamak ve yapının masuniyetini sağlamaktır (Orhon, 2013).

Yapı ile cephe ilişkisi iki şekilde ifade edilmektedir; cephe elemanları yardımı ile güneşin istenmeyen etkilerinden korunmak, cephe elemanları ile yapı için gerekli olan enerjinin güneşten alınmasını sağlamak (Küçüközdemir, 2019). Cepheler, tüm yapının bir parçası olarak işgal ettikleri gerçek alanla sınırlı değildir, aynı zamanda bina içindeki ve çevresindeki boşluğu da etkiler. Cepheye etki eden diğer dış faktörler arasında gürültü, rüzgar, yağmur, ısı, soğuk ve güneş ışınımıdır. Cephenin ısıyı tutabilmesi, yağmur ve nemi kontrol edebilmesi, rüzgar geçirmezliğini sağlaması gerekmektedir. Bütün bu gereklilikler için cephe sistemleri malzeme ve detay sistemleri olarak çeşitlilik göstermektedir (Lang, 2004). Ek olarak görünüm, aydınlatma, havalandırma, kullanıcı konforu, bazı bina

hizmetleri ve muhtemelen yük taşıma cephenin görevleridir (Resim 3.1) (Knaack ve diğ., 2014).



Resim 3.1. Cephe sistemlerinin fonksiyonları (Knaack ve diğ., 2014)

Yapının her elemanı için olduğu gibi cephe de sistematik kompozisyonlara sahip olan mimari elemanların birleşiminden oluşmaktadır (Uşma, 2018). Yapıda cephe elemanları ve sistemleri yapının bulunduğu bölgeye, iklim şartlarına, sosyo-ekonomik yapıya, yapının inşa edildiği dönemin teknolojisine, mimarın tasarımına göre değişiklik göstermektedir. Yapı sektöründeki teknolojik gelişmelerle beraber geleneksel olarak yapılan duvar sistemlerinin yanı sıra metal, cam, alüminyum, seramik, prekast paneller kullanılan cephe sistemleri de kullanılmaya başlanmıştır. Yönetmeliklerin değişimi, malzeme çeşitliliği, uygulama sistemlerinde görülen gelişmelerle beraber cephe sistemleri gelişim göstermektedir.

Duvarlar, yapılarda üstlendikleri görevler ve edindikleri özellikler nedeniyle birden fazla katmandan oluşarak birçok işlevi aynı anda yerine getirmektedirler. Duvar tipleri, sistemleri, malzemeleri yapının inşa edildiği konuma, yapıyı etkileyen dış etmenlere, duvarın görevine ve uygulamalarına göre değişmektedirler. Birden fazla parametre bulunduğu için tek bir

sınıflandırma yapılması mümkün değildir. Bu nedenle parametrelere göre değişen dış duvar sınıflandırmaları mevcuttur (Büyükkardaşlar, 2019).

Yapılarda duvarlar düşey taşıyıcılığı ve düşey bölme görevini üstlenirler. Üstlendikleri işlevlerin çeşitliliği nedeniyle duvar sistemleri sınıflandırılırken tüm yönleriyle ele alınabilen kapsayıcı tek bir sınıflandırma yoktur. Fonksiyonuna göre farklılaşan parametrelerle sınıflandırma yapılır. Duvarlar temelde statik durumlarına, binadaki yerlerine, üretim yöntemine, yüklendiği fonksiyona, kesit detayına (Toydemir, Gürdal ve Tanaçan, 2000), katman sayısına (Türkçü, 1997) göre sınıflandırılabilir.

-Statik durumlarına göre duvarlar ikiye ayrılmaktadır; taşıyıcı duvarlar ve taşıyıcı olmayan(dolgu ve bölücü) duvarlardır.

Taşıyıcı duvarlar; yapının hareketli ve ölü yükleri taşımalarını sağlayan rüzgar ve deprem gibi yatay yüklere karşı direnç uygulayan duvarlardır. Düşeyde gelen yükleri temele ve zemine aktararak yapıların tüm taşıyıcılık görevini üstlenirler. Aynı zamanda gerekli olan yerlerde strüktürel görevi dışında duvarların diğer görevlerini de üstlenebilirler (Türkçü, 1997).

Taşıyıcı olmayan duvarlar; yüklerin diğer taşıyıcı duvarlar tarafından taşındığı yapılarda düşeyde ve yatayda bulunan taşıyıcı elemanlar arasında dolgu olarak kullanılan duvarlardır. Yapılarda mekanları birbirinden ayırma, ısı yalıtım, ses yalıtımı, su nem ve yangına karşı korunum gibi fonksiyonları üstlenirken kendi ağırlıklarını taşıyarak taşıyıcı sisteme de yardımcı olurlar.

-Binadaki konumuna göre duvarlar iç duvar ve dış duvar şeklinde ikiye ayrılmaktadır.

İç duvarlar; yapının içindeki mekanları birbirinden ayıran, dış duvarlara göre daha az etkiye maruz kalan düşey yapı elemanlarıdır. Sistem detayları açısından çözümleri dış duvarlara göre daha kolaydır.

Dış duvarlar; yapılarda iç ortamla dış ortamı ayıran ve bu ortamlar arasında oluşan değişimlerin etkilerine maruz kalan duvarlardır. Yağmur, kar gibi iklimsel koşullarla beraber yatayda oluşan fiziksel kuvvetlere de direnç sağlarlar. Daha fazla işlev üstlendikleri için çözümlenmeleri ve sistemleri daha zordur.

-Duvarların üretim yöntemine göre sınıflandırması yerinde üretilen ve yapı dışında üretilen şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Yerinde üretilen duvarlar iki farklı yöntemle üretilebilmektedir. Birincisi harç gibi yardımcı bir malzeme ile yapı taşları ile yapılan duvarlar iken ikincisi sıvı halde olan bir beton, harç gibi malzemelerin bir kalıba dökülmesiyle yapılmaktadır.

Bina dışında üretilen duvarlar ise yapı alanı dışında fabrikada önceden hazırlanarak üretilen duvarlardır. Prefabrike elemanların düzeyi önyapım sistemine göre değişiklik gösterirken; malzeme, eleman, mekan şeklinde olabilmektedir. Bu duvarların diğer adı da takma veya montaj duvarlardır.

-Duvarların fonksiyonlarına göre fiziksel açıdan öncelik kazanan duvarlar ve mekanik açıdan öncelik kazanan duvarlar şeklinde ikiye ayrılmaktadır.

Fiziksel nitelikleri öncelik kazanan duvarların üstlendikleri niteliklere göre ayrılmaktadırlar. Bu duvarların sınıflandırılması; ısıyı tutma kapasitesi yüksek olan duvarlar, ısıyı barındırma seviyesi yüksek olan ve faz farkı yüksek veya düşük olabilen duvarlar, ses yutuculuk kapasitesi yüksek olan ve sesin geçişine direnci fazla olan duvarlar, yangına karşı direnci fazla olan duvarlar ve suyun geçişine engel olan duvarlar şeklindedir.

Mekanik nitelikleri öncelik kazanan duvarlar ise; istinat duvarları, statik yönden taşıyıcı özelliği bulunan veya bulunmayan duvarlar, su basıncının fazla olduğu yerlerde uygun olan duvarlar ve kasa duvarlarıdır.

-Kesit sistemlerine göre duvarların sınıflandırılması iki sınıfta tanımlanmaktadır; hava tabakalı (soğuk) duvarlar ve hava tabakasız (sıcak) duvarlar.

Hava tabakalı duvarların özelliği duvar sistemini meydana getiren tabakalar arasında düşey bir hava boşluğu tabakası bulunur ve bu tabaka dış ortamla bağlantılıdır.

Hava tabakasız duvarlarda ise duvarın bütünlüğünü bozan hava yastığı yoktur ve tabakalar sırayla birbirlerinin ardından gelirler (Toydemir ve diğerleri, 2000).

-Tabaka (Katman) sayısına göre duvarlar tek tabakalı, iki tabakalı ve ısı yalıtımlı iki tabakalı şeklinde üçe ayrılmaktadır.

Tek tabakalı duvarlar yalın duvarlar olarak adlandırılmaktadır. Bu duvarlarda birbirinin ardınca gelen yapı elemanları veya bileşenlerinin aralarında boşluk bulunmamaktadır. Bu duvarlar da kendi içinde yalın, karma ve kaplamalı şeklinde sınıflandırılırken; yalın duvarlar sıvalı olabilirler.

İki tabakalı duvarlar ise iç ve dış yüzeyde yer alan iki duvarın arasında hava boşluğu bulunan duvarlardır. Aradaki boşluk hava boşluğu olabileceği gibi boşluk ısı yalıtım malzemesi veya başka bir malzeme ile de doldurulabilir.

Isı yalıtımlı iki tabakalı duvarlar yalıtımın yapılması gereken alanlarda kullanılmaktadır. Soğuk iklim bölgelerinde tabakalar halinde ısı yalıtımı uygulanabildiği gibi rutubet, ses ve su için de yalıtım yapılabilir (Türkçü, 1997).

-Yapım türlerine göre duvarlar bloklarla örülen duvarlar, dolgu duvarlar, panel duvarlar şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Bloklarla örülen duvarlar daha çok yığma yapılarda kullanılan duvar sistemleridir. Taş, tuğla, kerpiç, beton blok gibi malzemelerin harç kullanılarak yapıldığı duvar sistemleridir. Cepheye göre taşların biçimleri, boyutları farklılık göstermektedir.

Dolgu duvarlar ise çoğunlukla çimento bazlı üretilen beton, prekast beton, betonarme paneller gibi bileşenlerle yapılan duvarlardır.

Panel duvarlar kullanılacak kaplama malzemelerini duvar yüzüyle aralarında boşluk olacak şekilde kenet sistemi veya ızgara sistemi ile birleştirilmesi ile oluşur. Panel malzemeleri metal, polimer, ahşap, prefabrike olabilir (Toydemir ve diğerleri, 2000).

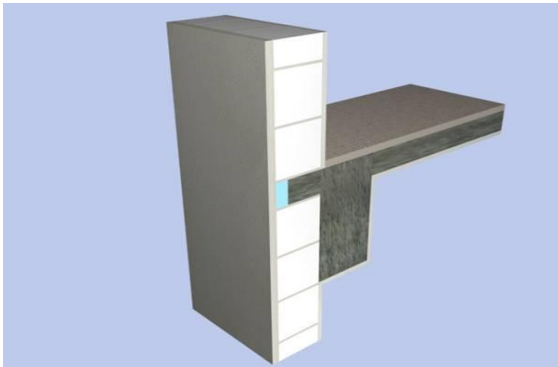
Duvarlar yapımında kullanılan malzemelere göre de sınıflandırılmaktadır. Buna göre; taş, tuğla, kerpiç blok, betonarme perde, gazbeton veya bims blok, alçıpaneller, ahşap, cam, kombin malzemeler duvarlarda kullanılan malzemeleridir.

3.2. Cephe Sistemlerinde Kullanılan Malzemeler

Cephe, ister geleneksel yöntemlerle inşa edilsin, ister giydirme cephe sistemi ile inşa edilsin, birçok yapı bileşeni ve yapı elemanının bir araya gelmesi ile oluşur. Başarılı bir cephe tasarımında, cephe bileşenleri ve yapı elemanlarının iç ortamda kullanıcı konforunu sağlayarak, deprem, yangın ve rüzgâra dayanıklı olması istenir. Ayrıca istenilen işlevselliğe, iyi bir estetiğe sahip olmasının yanı sıra maliyetinin de düşük olması gerekir.

Cephe sistemi, yapı alt sistemlerinden biri olan yapı kabuğunun düşey bileşenini oluşturmaktadır. Cephe sistemi tasarım, kullanım, taşıyıcı sistem ve bina sistemleri ile doğrudan ilişkisi olan ve yalnızca parçası olduğu yapıya ait bileşenleri etkilemekle kalmayıp, bina iç ve dış çevresini de etkileyen önemli bir yapı elemanıdır (Knaack, ve diğ., 2014). Yapı içindeki görsel, ısı, hijyenik, akustik, estetik gibi fiziksel ve psikolojik kullanıcı gereksinimlerinin karşılanmasından sorumlu en önemli yapı elemanlarından biridir. Bu nedenle cephe sistemi için doğru malzeme seçimi, doğru tasarım ve doğru uygulama konuları önem kazanmaktadır. Cephe sistemlerinde dış duvarlar saydam ve opak öğeleri bir arada bulundurmaktadır. Dış duvarlar duvar gövdesi, dış kaplama, iç kaplama, açıklıklar ve yalıtım katmanlarından oluşarak yapının dış ortam ile ilişkisini kurar (Brock, 2005).

Duvar sistemleri dıştan içe doğru dış kaplama katmanı, duvar çekirdek katmanı ve iç kaplama katmanı olacak şekilde üç katmandan oluşmaktadır. Bazı örneklerde bu üç katmanı barındıran tek bir katman olabilirken çekirdek malzemeleri sürekli bileşenlerle veya araları boşluklu süreksiz düşey taşıyıcılardan meydana gelebilirler. Bu noktada dış duvar uygulamalarını üç temel bölümde (*iç kaplama*, *çekirdek (duvar gövdesi)* ve *dış kaplama*) uygulamak sınırlandırma sağlayacaktır (Resim 3.2) (Toydemir ve diğerleri, 2000).



Resim 3.2. Dış duvar bileşenleri

3.2.1. Dış kaplama işlevini yüklenen katman



Yapının en dışında bulunarak görünüşünü, dokusunu ve rengini oluşturan katmandır. Görünüş özellikleri dışında çekirdek katmanını dış etkilerden korumak, yapının ısı dengesinin sağlanması, su ve nemden korunması, dış kuvvetlere karşı dayanım sağlama gibi işlevleri yerine getirmektedir.

Dış kaplama malzemeleri yapının dış yüzeyinde bulunan ve atmosferik etkilere doğrudan maruz kalan yüzeylerdir. Dış kaplama malzemeleri bina cephesine uygulanabilme yönünden beş ayrı grupta ele alınmaktadır. Bunlar;

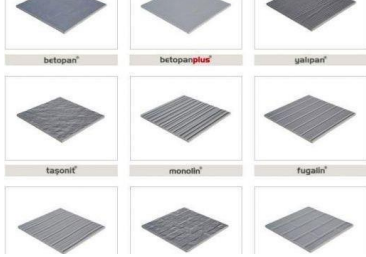
Sıvalar ve boyalar, yapıştırıcı ile tespit edilen plaka halindeki rijit kaplamalar, konstrüksiyon sistemi ile tespit edilen plaka halindeki rijit kaplamalar, prefabrike duvar kaplama ve panelleri, giydirme cephelerdir.

Dış kaplama işlevini yüklenen katman malzemeleri listelenmektedir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Dış kaplama işlevini yüklenen katman malzemeleri

Sıva ve Boya	<p>Sıvalar, yapılarda dış cephe kaplamasında kullanılan bağlayıcı madde, ince agrega ve su maddelerinden oluşan bileşenlerdir. Bağlayıcı malzeme olarak çimento, kireç ve PVA gibi malzemeler kullanılabilirken agrega olarak kum, mermer unu ve kaolen gibi malzemeler kullanılmaktadır. Sıvalar temelde kaba sıva, astar ve ince sıva olmak üzere üç gruba ayrılmaktadırlar (Toydemir ve diğerleri, 2000).</p> <p>Boyalar ise bağlayıcı, pigment ve çözücüden meydana gelen kimyasal ve fiziksel özellikleri içeriğine göre değişen malzemelerdir. Çok sayıda boya çeşidi bulunmakla beraber duvarın üstlendiği işleve uygun olarak uygulanan boya türleri mevcuttur (Gürü ve Yalçın, 2006)</p>	 
--------------	---	---

Çizelge 3.1. (devam) Dış kaplama işlevini yüklenen katman malzemeleri


Yapıştırıcı ile tespit edilen plaka halindeki rijit	<p>Yapıların dış kaplamasında genellikle 30x50 boyutlarında tabakaların sıva yardımı ile çekirdek malzemesine yapıştırılması ile elde edilen sistemlerdir. Diğer kaplamalara oranla fiziksel kuvvete maruz kalması daha az olduğu için kesit kalınlıkları ince olan sistemler sırlı malzeme kullanılarak üretilebilmektedir. Dış cephede suya doğrudan maruz kalmadığında su yalıtımı yapılması gerekmezken plakalarda oluşabilecek genleşmelere karşı plakaları yapıştırılırken kullanılan derz malzemesinin esnekliği sağlaması gerekmektedir. Cam kaplama, seramik kaplama, taş kaplama bu sistemde kullanılan kaplama malzemeleridir (Toydemir ve diğerleri, 2000).</p>	 
Konstrüksiyon sistemi ile tespit	<p>Kaplama malzemelerinin çekirdek katmanına sabitlenen bir konstrüksiyon sistemiyle taşınması ile oluşan sistemlerdir. Konstrüksiyon sistemi monte edilirken duvar ile arasında boşluk bırakılarak kuru olarak yapılır. Izgara sistem veya kenet sistemi ile taşıyıcı kurulur ardından paneller bu sisteme sabitlenir. Doğal veya yapay taş, çimento levha, metal kaplamalar, polimer kaplamalar, ahşap kaplamalar bu sistemde kullanılmaktadır (Toydemir ve diğerleri, 2000).</p>	
Prefabrike duvar kaplama ve	<p>Dış duvarlara bir taşıyıcı sistemle çekirdek katmanıyla arada boşluk bırakılarak veya bırakılmadan sabitlenen sistemlerdir. Önceden hazırlanmış paneller oldukları için yapım aşaması hızlıdır. Kaplama malzemelerinin dış yüzeyleri seramik, cam, doğal taş gibi malzemelerden oluşan levhalardan oluşabilir (Toydemir ve diğerleri, 2000).</p>	
Giydirme Cephe	<p>Giydirme cepheler, iç ve dış ortamları ayırarak yapının dış kaplaması olarak çalışan sistemlerdir. Taşıyıcı sisteme montelenen çerçeve elemanlarına panellerin takılması ile oluşur. Sadece ağırlığını destekleyen, diğer dikey yükleri taşımayan, yük taşımayan bir elemandır (Calin, 2020).</p>	

3.2.2. Duvar çekirdeği işlevini yüklenen katman

Duvar çekirdeği sistemleri duvarın statik durumuna göre farklılık göstermektedirler. Yığma sistemlerde duvar çekirdeği yapının taşınma, korunma, ayırıcı, gibi fonksiyonlarını yüklenirken, iskelet sistemlerde ayırıcı ve koruyucu olarak görev yapmaktadır. Her iki grup için de çekirdek malzemeleri yüzeyi kaplanan ve kaplanmayan şeklinde sınıflandırılarak açıklanmaktadır. Yüzeyi kaplanmayan çekirdek malzemeleri genellikle yığma sistemlerde kullanılırken çekirdek görevinin dışında iç ve dış kaplama görevi de üstlenmektedir. Taşıyıcı özelliği daha yüksek olan ve ağır malzemelerdir. Yüzeyi kaplanan malzemeler ise; moloz taş, harman tuğlası, yatay ve düşey delikli normal ve blok tuğlalar, grobeton bloklar, kireç-kum taşı, perde duvar betonları, beton blok ya da briket, kerpiç bloklar gibi malzemelerdir.

Taşıyıcı olan ve taşıyıcı olmayan duvar sistemlerinde çekirdeğin işlevi farklılık gösterdiğinden kullanılan malzemelerin nitelikleri de farklıdır. Ancak her iki durumda da kullanılan malzemeler koruyucu ve ayırıcı nitelikte olmalıdırlar. Duvar taşıyıcı özellikte, yığma sistem ile inşa edilmişse genellikle karkas sistemlerde kullanılan iç ve dış yüzeylerinde kaplamaya ihtiyaç duyulan malzemelerdir (Toydemir ve diğ., 2000). Duvar çekirdeğini oluşturan malzemeler Çizelge 3.2 de verilmektedir (Çizelge 3.2)


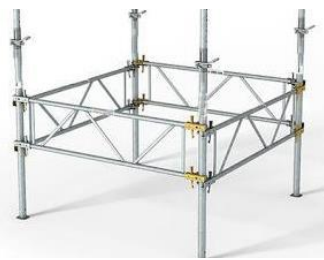
Çizelge 3.2. Duvar çekirdeği işlevini yüklenen katman malzemeleri

Taş Duvar	<p>Kargir malzeme olan taşın harç yardımı ile birleştirilmesi ile oluşan taş duvarlar basınca dayanıklı ve dış etkilere karşı dayanıklı duvarlardır. Doğal veya yapay taşlardan üretilebilen sistemlerde duvarın yapıda üstleneceği göreve göre kullanılan taşın özellikleri değişmektedir (Türkçü, 1997).</p>	
-----------	--	---

Çizelge 3.2. (devam) Duvar çekirdeği işlevini yüklenen katman malzemeleri

Tuğla	Diğer adı kumlu kil olan tuğla malzemesi boyutsal olarak farklı ölçülerde imal edilebilen; su, kum, kiremit tozu, kül veya bunlara benzer hammaddelerin fırınlanması ile elde edilen malzemelerdir. Genellikle çekirdek katmanın dış ve içine kaplama yapılması gerekmektedir (Türkçü, 1997).	
Kireç Taşı	Siliko-kalker tuğlası olarak adlandırılan çekirdek malzemesi sönmüş kireç ve silis kumunun gerekli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Şekil olarak prizmatik üretilir, içi dolu veya boş olabilmektedir (Toydemir ve diğ., 2000).	
Beton Blok	Çimento, çeşitli agregalar, su ve katkı maddelerinin karıştırılması ile üretilen beton malzemesinin kalıplara dökülerek şekil verilmesiyle elde edilen beton blok malzemelerin dış etkilere karşı direnci fazladır. Beton bloklar üretilirken içinde boşlukların bırakılması ile malzemenin ağırlığı azaltılırken aynı zamanda ısı yalıtımı yapması sağlanmaktadır (Türkçü, 1997).	
Gazbeton	Beton üretiminde kullanılan malzemelerin ağır olması yapıların da ağır olmasına neden olmaktadır. Bu duruma çözüm olarak beton karışımına alüminyum tozu karıştırılarak elde edilen malzeme gazbetondur. Öğütülmüş kireç, kuvarsit çimento ve su karışımı belli kıvamda geldikten sonra alüminyum tozunun eklenmesiyle beraber harç kalıplara dökülerek üretilmektedir (Türkçü, 1997).	
Bims	Volkanik kökenli bir hammadde olan pomza taşından elde edilen bims bloklar gözenekli yapıdadırlar. Isı yalıtım değeri yüksek, hafif ve sürdürülebilir bir yapım malzemesidir (Uzun, 2008).	


Çizelge 3.2. (devam) Duvar çekirdeği işlevini yüklenen katman malzemeleri

Ahşap Dikmeli Duvarlar	Ahşap malzemelerin kolon kiriş sistemi ile yapının iskeletini oluşturması ile elde edilen duvar tipleridir. Ahşap dikmeler arasında kalan boşluklar kerpiç, tuğlai gaz beton gibi malzemeler ile doldurulmaktadır. İskelet sisteminin dışına sıva vb. malzemeler sürülerek korunması sağlanmaktadır (Demircan, 2017).	
Metal Dikmeli	Çeşitli ebatlarda ve şekillerde üretilen metal bileşenlerin bir araya getirilmesiyle elde edilen duvarlardır. Civatalama, kaynak, lehimleme gibi yöntemlerle metaller birbirlerine sabitlenmektedirler. Malzeme içeriğinden kaynaklı hafif sistemlerdir (Rosen ve Heineman, 1996).	

3.2.3. İç kaplama işlevini yüklenen katman

Dış duvarlar temelde dıştan içe doğru dış kaplama katmanı, duvar çekirdek katmanı ve iç kaplama katmanından oluşmaktadır. İç kaplama katmanında kullanılacak malzeme duvar uygulamasının yapılacağı yüzeyin fonksiyonuna ve özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. İç kaplama malzemeleri ısı yalıtımı, ses yalıtımı, akustik performans, neme karşı dayanım gibi işlevlerde kullanılmaktadır (Toydemir ve diğ., 2000). Bunların dışında iç ortama sağladığı görsellik işlevi bulunmaktadır. Bu işlevlere göre iç kaplama malzemeleri açıklanmaktadır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. İç kaplama işlevini yüklenen katman malzemeleri

Bağlayıcı madde, su ve agrega karışımında elde edilen sıvalar harcın duvara mala ile uygulanmaktadır. Günümüzde makine ile püskürtme işlemi ile de sıva yapılmaktadır. Asıl kullanım amacı duvarda düz bir yüzey oluşturarak diğer katmanlar için uygun hale getirmektir (Toydemir ve diğ., 2000).	
--	--

Çizelge 3.3. (devam) İç kaplama işlevini yüklenen katman malzemeleri

Boya	Bağlayıcı, pigment ve çözücü maddelerde üretilen boyalar iç kaplama malzemelerinden biridir. İçerdiği çözücü maddeye göre farklı çeşitleri bulunmaktadır. Uygulandığı duvarın işlevine göre farklı özellikte bulunan boyalar aynı zamanda iç ortamda görsel işlevi de yüklenmektedir (Toydemir ve diğ., 2000).	
Kağıt Kaplamalar	Selülöz ve polimer özlü olmak üzere iki farklı grupba ayrılan kağıt kaplamalar pürüzsüzlüğü sağlanan duvarlara yapışkan madde kullanılarak uygulanmaktadır. Rulolar halinde üretilir (Toydemir ve diğ., 2000).	
	Belli ölçülerde panolardan yapılan iç cephe kaplamasına pano kaplama denilmektedir. Duvara monte edilebilmesi için ızgara sistemden elde edilen bir sistem oluşturulmaktadır (Toydemir ve diğ., 2000).	
Lambriiler	Ahşap, metal veya polimer malzemelerden üretilen lambriiler birbirine geçme tekniği ile birleştirilmektedir. Lambri malzemelerin yerleştirilmesi için düşeyde ızgara sistem gereklidir. Izgara aralıkları lambri malzemeye ve boyutlarına göre değişmektedir (Toydemir ve diğ., 2000).	

3.2.4. Duvarlarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri

Binalarda iç ve dış ortamın sıcaklık farkından dolayı ısı kayıpları olmaktadır. Dış duvarlar yaz aylarında ısı kazancının önlenirken kış aylarında ısı kaybını önlemektedir. Projelerde uygulanan ısı yalıtım malzemeleri ve kalınlıkları binanın bulunduğu konuma, iklim bölgesine, binanın fonksiyonuna göre değişiklik göstermektedir. Isı yalıtım malzemeleri farklı bileşenlerden oluşan heterojen karışımlardır. İçeriğini oluşturan kimyasal bileşenler ve yapısı dolayısıyla boşluklu hava içeren hafif malzemelerdir. Isı yalıtım malzemelerinin sahip olması gereken fiziksel kriterler; yeterli basınç dayanımı, yeterli çekme dayanımı, buhar difüzyon direnci yüksek ısı tutuculuk şeklinde sıralanmaktadır (Türkçü, 1997).

Isı yalıtım malzemeleri doğal ısı yalıtım malzemeleri ve yapay ısı yalıtım malzemeleri olarak iki grupta incelenmektedir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Isı yalıtım malzemeleri

Doğal Isı Yalıtım Malzemeleri	<p>Bitkisel veya hayvansal kaynaklı ısı yalıtım malzemeleri; mantar, yumuşak ahşap lif, kamyş, keten, çeşitli bitkiler gibi doğal malzemelerden elde edilen ürünlerdir. Organik olan maddelerin tellenme, ısıl işlem gibi üretim aşamalarından geçirilmesiyle elde edilmektedirler (Toydemir ve diğ., 2000).</p>	
	<p>Cam yünü; silis kumunun 1200 °C -1250 °C'de ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilen malzemeler farklı boyutlarda üretilebilmektedir. Şilte, levha dökme veya boru halinde kullanılabilen malzemeler yapılarda ısı ve ses yalıtımı işlevlerini yerine getirmektedir (Candan, 2007)</p>	
	<p>Taş yünü, bazalt veya diabez taşının 1350°C - 1400°C'de ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile elde edilmektedir. Cam yünü ile benzer özellikleri bulunur (Candan, 2007)</p>	
Yapay Isı Yalıtım Malzemeleri	<p>Ekstrüde polistren levha polistiren hammaddesinden ekstrüzyon yolu ile üretilmektedir. Levha halinde üretilen malzeme farklı boyutlarda olabilirken, homojen kapalı ve su geçirmez bünyededir (Dikici ve Kocagül, 2019)</p>	
	<p>Ekspande Polistren Sert Köpük (EPS-Genleştirilmiş Polistren Köpük) ise polistiren hammaddesinin, su buharı ile temas ettirilmesi ile pentan gazının granüllerinin şişmesi ve birbirlerine yapışması ile üretilmektedir. Levha halinde üretilen malzeme farklı boyutlarda olabilirken, homojen kapalı ve su geçirmez bünyededir (Dikici ve Kocagül, 2019)</p>	

3.2.5. Su ve buhar yalıtımında kullanılan malzemeler

Yapılarda dış cephede su yalıtımı ile yağış sularının yapıdan uygun şekilde uzaklaştırılarak iç mekanlarda nem ve su buharı oluşumu engellenmektedir. Yağışlardan kaynaklı suların yapının dış cephesinde bulunan malzemelerin içerisine nüfuz etmesi zamanla biriken suyun değişen hava şartlarına göre donması veya çözülmesi ile yapının genişmesine ve zarar görmesine neden olabilmektedir. Dış kaplama katmanının malzemesine ve sistemine göre değişen su yalıtımı malzemeleri bulunmaktadır. Rijit su yalıtımları, esnek su yalıtımları ve sıcak uygulanan su yalıtımları şeklinde gruplandırılmaktadırlar (Toydemir ve diğ., 2000) .

4. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Ön tasarım evresinde verilen kararlar doğrultusunda bina maliyeti ve performansı büyük ölçüde belirlenmekte, ancak mimarın üstlendiği tasarım sorumluluğu sadece ön tasarım sürecinde bitmemektedir. Mimar, yapı yaşam döngüsü boyunca kullanıcıya en az düzeyde maliyet çıkaran ve çevreye en az zarar veren bir tasarım yapmaya da özen göstermelidir. Bu nedenle tez kapsamında çok boyutlu değerlendirme sürecinin uygulanması büyük önem arz etmektedir.

Konut binalarında dış duvar detaylarının çok yönlü değerlendirilmesi binanın etkilerinin bina yaşam döngüsü boyunca değerlendirilmesi ile mümkündür. Bu durum, kullanım aşamasında az enerji harcayan ancak gömülü enerjisi ve finansal maliyeti çok yüksek olan ya da finansal maliyeti düşük ancak kullanım enerjisi ve gömülü enerjisi çok yüksek olan yapıların oluşması gibi sonuçlara neden olmaktadır. Bu doğrultuda çalışma kapsamında konut yapılarının ve dış duvarların nihai enerji tüketimindeki payı göz önüne alınarak Türkiye'deki yeni yapılan konut yapılarının dış duvarlarına ilişkin çok boyutlu değerlendirmesi ile detay tiplerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Bu amaç doğrultusunda tez çalışması üç aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada, çok geniş bir yelpazede ele alınabilecek dış duvar detaylarında gerçekçi bir senaryonun işlenmesi istenmiştir. Bunun için ise tasarımı, üretimi ve kullanımında sınırlılıkları olan bir örneklem alanı seçilmiş ve mevcut durum tespiti yapılmıştır. İz sürme tekniği kullanılarak Ankara'da TOKİ tarafından inşa edilen toplu konut projeleri ve bu projelerin dış duvar detaylarındaki malzeme ve sistem değişimi kronolojik olarak ele alınmıştır. TOKİ'nin seçilmesindeki en temel sebep; aynı kurum tarafından aynı bölgede olmaları dolayısıyla aynı iklim koşullarında inşa edilen projelerin zamanla malzeme kararlarının değişimini ortaya koymaktır.

İkinci aşamada mevcut durum tespitinden elde edilen malzeme ve sistem değişimlerinde yer alan değişkenlere göre tip detaylar belirlenerek sayısal analizler yapılmıştır. Bilgisayar destekli olarak yapılan simülasyonlar ile farklı detaylar ile uygulanan referans binanın enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet analizleri ile nicel verileri ortaya konulmuştur. Her kriterin performansı ilgili konu başlığında yorumlanmıştır.

Son aşamada ise farklı birimler ve yönlerde incelenen analizler aynı paydada birleştirilerek çok boyutlu bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmede Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmıştır. Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri belirli sayıda kriter veya alternatifin sıralama, seçme ve sınıflandırmasına izin vermektedir (Ballica, 2020; İlerisoy ve diğ., 2022). Tez kapsamında karar verilmesi beklenen problemde, ÇKKV yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılmış olup hem kriterler hem de incelenen referans çözümlerin (alternatiflerin) değerlendirmeleri yapılmıştır. Değerlendirme süreci için farklı bilim dallarındaki uzmanların görüşleri alınarak, tez kapsamında dikkate alınan kriterlerinin göreceli önemlerinin saptanması (ağırlıklandırılması) gerçekleştirilmiştir. Ardından mevcut durum ışığında oluşturulan tip detaylar doğrultusunda incelenen alternatif grubunun nitel verileri üzerinde de AHP yöntemi uygulanarak kriterlerce sıralanması yapılmıştır.

4.1. Ankara'daki Toplu Konut Projelerinde Cephelerin İncelenmesi

2000'li yılların başından itibaren Ankara'da artan nüfus yoğunluğu ve teknolojik gelişmelerle beraber konut inşaatları sayısında hızlı bir artış başlamış olup günümüze kadar bu artış devam etmektedir. Bu durumu oluşturan nedenlerin başında artan iş gücünün bölgede toplanması gelmektedir. Toplu konut projeleri artan konut ihtiyacına karşılık olarak ortaya çıkmış ve gerek devlet gerekse özel şirketler aracılığı ile toplu konut projeleri yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında toplu konutlara yönelik mevcut durumun tespit edilebilmesi amacıyla konutlar taranmış ve TOKİ tarafından yapılmış toplu konut projeleri içinden cephe sistemleri ele alınarak seçim yapılmıştır. Bunun nedeni konut projelerinin dış duvar detaylarında tek yapı ölçeğinde seçilecek örneklerde birbirinden bağımsız/kopuk bir süreç elde edileceği için örnekler aynı kurum tarafından aynı prensipte yapılan bir yapı grubundan seçilmek istenmesidir. Bu doğrultuda da TOKİ önemli bir kurumdur.

Konut sayısının fazla olması, dış duvar sistemlerinin çeşitliliği, konut üretiminin hızlı ve sürekli olması nedeniyle bölge olarak Ankara seçilmiştir. Ankara ölçeğinde mevcut durum tespiti yapmak amacıyla toplu konut üretimi yapan kurumlarla görüşmeler yapılmış ve gerekli dokümanlar elde edilmiştir. 2000-2020 yılları arasında inşa edilen projelere ait çizimler ve raporlar üzerinden dış duvarlara ait malzeme ve detaylar tespit edilmiştir. Bu

projelerin bulunduğu alanın görselleri, proje ile ilgili genel bilgiler, gözlemsel çalışmalar ile sunulmuştur. Seçilen binalar, yapım yıllarına göre kronolojik olarak sıralanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Ankara ölçeğinde incelenen toplu konut projeleri

Projeler	Kalecik TOKİ	Örencik TOKİ	Yapracık TOKİ	İncek 1.Etap TOKİ	İncek 2.Etap TOKİ
Yapım Yılı	2007	2008	2009	2010	2014
Konut Sayısı	112	756	732	1059	1585
Blokların Kat Adetleri	6	15	4,9,14	14	14,25
Projeler	Mamak TOKİ	Saraycık TOKİ	Kuzeykent TOKİ	Varlık TOKİ	Kızılcahamam TOKİ
Yapım Yılı	2016	2017	2018	2019	2019
Konut Sayısı	519	1182	630	294	95
Blokların Kat Adetleri	11,12,13,14	6, 7, 8	8, 9	6,1 – 3, 5	3,5

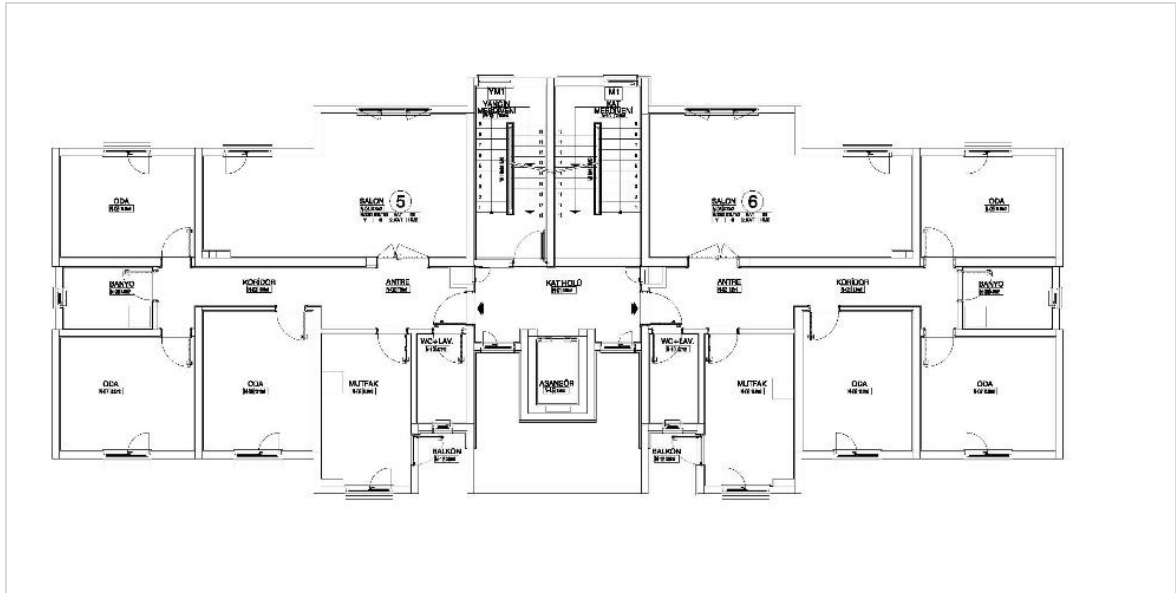
Buradan referansla tezin alan çalışmasının sınırları oluşturulmuştur. Tip detaylar üzerinden yapılacak analizde, kullanım evresi enerji tüketimi Revit üzerinden elde edilen enerji modeli ile tüm enerji hesaplamaların yapılabildiği Green Building Design Studio programı ile hesaplanırken, yaşam döngüsü gömülü CO₂ miktarlarının tespiti aynı şekilde Revit mimari modeli üzerinden analizlerin yapılabildiği OneClickLCA programı ile yapılmıştır. Detaylara ait finansal maliyetler ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları'na dayalı olarak Birim Maliyet Yöntemi hesaplanmaktadır. Sonrasında ise AHP yöntemi ile analizlerden elde edilen veriler değerlendirilmiştir. AHP yöntemi ile karmaşık problemler alternatifler ve kriterler yardımı ile sıralanarak çözülebilmektedir. Bu yöntem her bir değerlendirme kriterini ortak paydada hiyerarşik olarak sıralamak için kullanılmıştır. İlk etapta üç temel değerlendirme kriterinin ağırlıkları uzman görüşleri ile elde edilmiş, ardından 9 tip detayın bu kriterlere göre sıralaması elde edilmiştir.

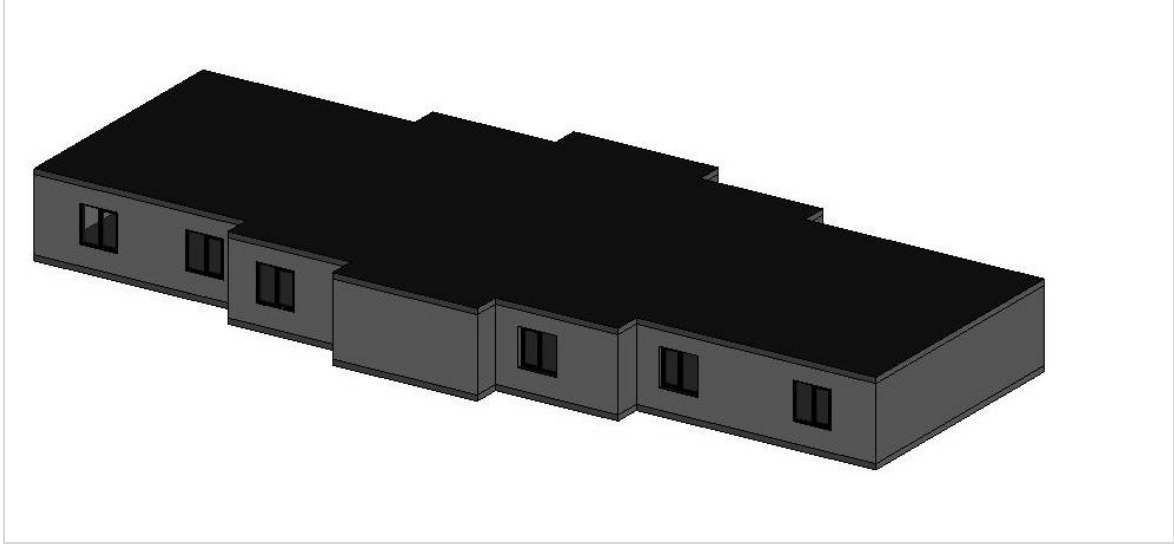
4.1. Modelleme Süreçleri ve Sınırlılıklar

Tezin amacı doğrultusunda sağlıklı kıyaslamalar yapabilmek için nicel verilerin elde edilmesi ve nicel veriler arasında karşılaştırmaların yapılması hedeflenmiştir. Ancak çalışma evreni doğrultusunda ele alınan değişkenler üzerine sınırlılıklar getirilmesi gerekmektedir. Buna göre nicel veri elde edilmesinde aynı şartları sağlayan ve yalnızca değişkenlerin dikkate alınarak analiz yapılması önem teşkil etmektedir.

Bu bölümde tez çalışması sürecinde yapılan modellemeler, bu süreçteki kabuller ve sınırlılıklar ele alınacaktır. Analizleri yapılan yapı kabuğu performans kriterleri enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet parametreleri olarak belirlenmiştir.

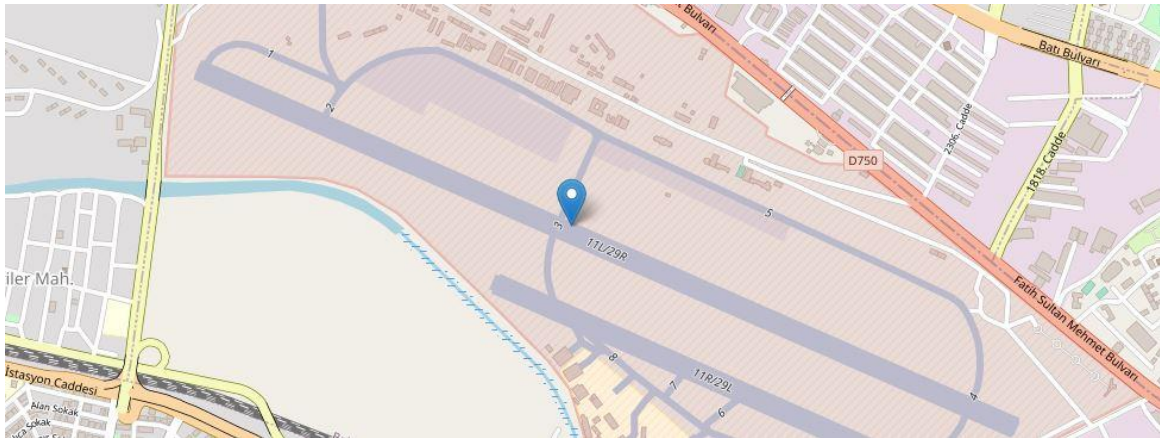
İlk olarak mimari modelleme süreci için kullanılan program için Ankara'daki toplu konut projelerinden 2 dairesel kat planı seçilerek plan düzlemi modellenmesi yapılmıştır. Seçilen bina Etimesgut ilçesinde bulunan Yapracık TOKİ' de yer almaktadır. Projede 2+1, 3+1 ve 4+1 olmak üzere farklı büyüklüklerde konutlar yer almaktadır. Bina her katta iki daireden oluşmakta olup, taban alanı toplam 275 m²'dir.





Şekil 4.1. Referans konut modelinin planı ve üç boyutlu görünümü

Tüm parametrelere uyumlu olması amacıyla referans mimari modelin yapılmasında Autodesk tarafından üretilen YBM programlarından biri olan Revit kullanılmıştır (Demchak ve diğ., 2009). Hem iki boyutlu (2B) hem üç boyutlu (3B) çizim unsurları bulunduran Revit programı ile parametrik işlevi sayesinde proje çizim aşamasında ve sonuç ürününde kontroller yapılabilmekte ve disiplinler arası çalışmalar yapılabilmektedir. Çalışma kapsamında referans alınan yapının örnek kat planı ve model görünüşü Şekil 4.1’de verilmiştir. Çalışmanın hedefi doğrultusunda her bir performans kriteri için hesap yöntemleri belirlenmiş ve hesaplamalar bilgisayar ortamında yapılmıştır.



Şekil 4.2. Referans yapının bulunduğu bölgenin enlem ve boylamı

Yapının tüm genel bilgileri, yapının bulunduğu bölgenin iklimsel verileri (MGM, 2022), yapının işlevine dair bilgiler, kullanılacak malzeme bilgileri ve yapı elemanları işlenmiştir. Analiz aşamalarında kullanılacak olan opsiyonlar her bir tip detay için girdi olarak programa dahil edilmiştir.

İlk olarak binaya ilişkin veri girişlerinde binanın yeri 39.9525 enlem ve 32.6847 boylam olarak haritada gösterilmektedir (Şekil 4.2).

Binanın düz bir yerleşimdedir ve etrafında güneş ışınımına engel olacak herhangi bir unsur bulunmamaktadır. Binanın bulunduğu yerin iklim verileri ele alındığında ise bölgenin karasal iklimde yer aldığı ve kış aylarında sıcaklıkların düşük, yaz aylarında ise yüksek olduğu bilinmekle beraber en sıcak ay temmuz-ağustos, en soğuk ay ise ocak ayıdır (Şekil 4.3). İl ölçeğinde ortalama sıcaklık 11,7 °C yıllık ortalama yağış miktarı 389,1 mm'dir. En yüksek sıcaklık değeri 40,8 °C ve en düşük sıcaklık -24,9 °C olarak alınmıştır (MGM, 2022).

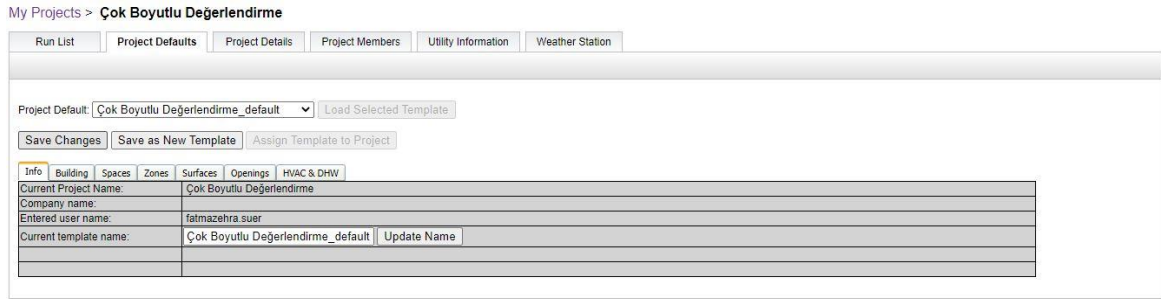
ANKARA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1927 - 2021)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.2	1.7	5.7	11.2	16.1	20.0	23.4	23.4	18.9	13.2	7.3	2.5	12.0
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.2	6.5	11.5	17.4	22.4	26.7	30.3	30.5	26.1	20.0	13.1	6.5	17.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-3.2	-2.3	0.7	5.3	9.7	12.9	15.9	16.0	11.8	7.1	2.5	-0.8	6.3
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.6	3.8	5.1	6.5	8.4	10.0	11.2	10.6	9.1	6.7	4.6	2.5	6.8
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.29	10.53	11.82	10.35	12.24	10.06	3.53	3.59	4.29	7.47	6.76	11.06	103.0
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	40.5	35.3	39.3	42.2	51.3	35.2	14.1	12.5	18.0	27.5	31.5	44.6	392.0
Ölçüm Periyodu (1927 - 2021)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18.4	21.3	27.8	31.6	34.4	37.0	41.0	40.4	39.1	33.3	24.7	20.4	41.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24.9	-24.2	-19.2	-7.2	-1.6	3.8	4.5	5.5	-1.5	-9.8	-17.5	-24.2	-24.9

Şekil 4.3. Ankara iline ait sıcaklık ortalamaları (MGM, 2022)

Bina yönünün etkisi bu çalışmada kapsam dışı bırakılmıştır, yönlenmenin olumsuz etkilerinden kaçınmak için literatürde en ideal yönlenme olarak kabul edilen (Mulyani, Kholidasari ve Wardi, 2017) binanın güney cephesi geniş tutularak, doğu-batı ekseninde doğrusal olarak konumlanmıştır. Böylelikle güneş radyasyonu ve enerjisinden maksimum yararlanması sağlanmıştır. Bununla beraber enerji analizlerinde etkili olabilecek parametrelerden kabuğun saydamlık oranı, pencereler, açıklıklar sabit tutulmuş, gölgeleme elemanı dikkate alınmamıştır.

Analiz aşamasında farklılaşmanın yalnızca taşıyıcı olmayan dış duvar malzemeleri bazında olması amaçlandığı için tüm modellerde kullanılan iç duvarlar, çatı ve döşemeler hesaplamalara katılmamış, kat planı birim olarak ele alınmıştır.

Mimari proje modellendikten sonra her bir performans kriteri için ayrı ayrı modelleme süreçlerinden geçilmiştir. İlk etapta seçilen uygulama detaylarının kullanım evrelerindeki enerji performansları hesaplanmıştır. Enerji tüketim hesaplamaları için Green Building Studio programı kullanılmıştır. Green Building Studio programı; Autodesk tarafından üretilen, web hizmeti olarak kullanılabilen, enerji verimliliği için bina performans simülasyonları yapan bir yazılımdır (GB Studio, 2022) (Şekil 4.4).

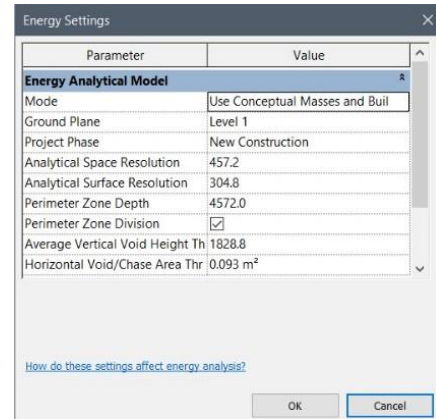
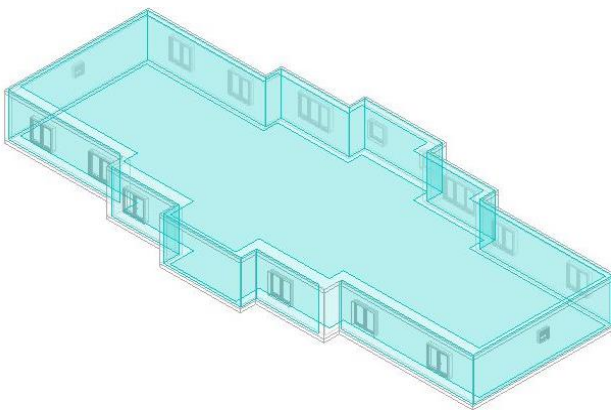


Şekil 4.4. Green Building Studio analiz programı arayüzü

İlk etapta dış duvar uygulamasında malzeme çeşitliliği göz önünde bulundurulmuştur. Enerji analizlerinde kullanılan malzemelerin optik ve termo fiziksel özellikleri, bina enerji performansının belirlenmesindeki en önemli parametrelerden biridir. Analizler sırasında kaplama, yalıtım ve duvar dolgu malzemelerinin ısı iletkenlik değerleri baz alınmaktadır. Literatürde ısı yalıtım malzemelerine yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Tez kapsamında amaç dış duvar detaylarında kaplama malzemeleri ve duvar örgü malzemelerinin değişimini irdelemek olduğu için ısı yalıtım malzemeleri çalışmanın dışında tutularak modelleme sürecinde tüm tip detaylarda aynı malzeme ve aynı kalınlıkta kullanılarak ısı yalıtımı yapılmıştır. Burada kullanılan ısı yalıtım malzemesi ekstrüde polistiren köpük olup, kesit kalınlığı 6 cm'dir. XPS malzemenin ısı iletkenlik değeri (λ) 0,035 (W/mK) iken, ısı iletkenlik direnci (R) 1.714 (m^2K/W) dir. Aynı şekilde her türlü detayda aynı kalınlıkta alçı malzeme kullanılmıştır. Kullanılan sıva malzemesinin kesit kalınlığı 2 cm, ısı iletkenlik değeri (λ) 0,51 (W/mK) ve ısı iletkenlik direnci (R) 0,039 (m^2K/W) dir.

Tez çalışmasının ilk değişkeni olan Duvar çekirdek katmanında tespit edilen malzemeler ele alındığında ise tuğla malzemesinin ısı iletkenlik değeri 0,5400 w/m.K, bims blok malzemesinin ısı iletkenlik değeri 0,7600 w/m.K iken, AAC malzemesinin ısı iletkenlik değeri 0,7400 w/m.K'dir.

Malzemelere ait girdiler programa işlendikten sonra Green Building Studio (GBS) programında analizleri yapılmak üzere enerji modelleri oluşturulmuştur (Şekil 4.5). Yapı 7/24 kullanımda olan konut yapısı olarak belirlenmiş olup ısıtma ve soğutmanın buna göre yapıldığı varsayılmaktadır. Yapının ısıtılması için sıcak su kazanlı, radyatör ısıtmalı sistem kullanılırken, soğutma için su soğutmalı santrifüj soğutma grubu (COP 5.96) sistemi kullanılmaktadır. Konut yapısının havalandırılması için doğal havalandırma kullanılmaktadır. Hesaplamaların yapılacağı mekana ilişkin konum bilgisi programda Ankara, Keçiören olarak tanımlanarak TS 825 standardına göre konutlarda ısıtılacak binanın iç mekan sıcaklığı 19 °C olarak belirlendiğinden “heating” ve “cooling” değerleri 19 °C olarak alınmıştır. Mekanın ısıtılması, soğutulması ve havalandırılması için kullanılan malzemeler belirlenerek, hesaplamalar buna göre yapılmıştır.



Şekil 4.5. Revit enerji modeli ve analiz girdileri

Enerji modelinin tamamlanmasının ardından Revit üzerinden export işlemi yapılmış ve enerji modeli dosyaları GBS programına yüklenmiştir. GBS programı konum üzerinden iklim ve sıcaklık verilerine otomatik olarak ulaşarak enerji analizlerini yapmaktadır. Analiz sonuçları detay isimleriyle beraber Şekil 4.6’de listelenmektedir.

Name	Date	User Name	Floor Area (m ²)	Energy Use Intensity (MJ/m ² /year)	Electric Cost (kWh)	Fuel Cost (MJ)	Total Annual Cost ¹			Total Annual Energy ¹			Carbon Emissions (Mg)	Compare
							Electric	Fuel	Energy	Electric (kWh)	Fuel (MJ)	Carbon Emissions (Mg)		
Project Default Utility Rates														Weather Data: GBS_06M12
Project Default Utility Rates														--
Base Run														
<input type="checkbox"/>	bi rock.xml	2/16/2022 10:09 PM	fatmazahra.suer	275	554.1	TL0.17	TL0.02	TL3.678	TL1.425	TL5.103	22,292	72,235	--	
Base Run														
<input type="checkbox"/>	bi eps.xml	2/16/2022 10:09 PM	fatmazahra.suer	275	613.7	TL0.17	TL0.02	TL3.686	TL1.745	TL5.431	22,338	88,475	--	
Base Run														
<input type="checkbox"/>	ga rock.xml	2/16/2022 10:09 PM	fatmazahra.suer	275	574.6	TL0.17	TL0.02	TL3.684	TL1.533	TL5.217	22,329	77,737	--	
Base Run														
<input type="checkbox"/>	ga eps.xml	2/16/2022 10:04 PM	fatmazahra.suer	275	589.9	TL0.17	TL0.02	TL3.688	TL1.615	TL5.303	22,351	81,864	--	
Base Run														
<input type="checkbox"/>	bri rock.xml	2/16/2022 9:48 PM	fatmazahra.suer	275	603.9	TL0.17	TL0.02	TL3.716	TL1.679	TL5.395	22,523	85,102	--	

Şekil 4.6. GBS enerji analizi sonuçları

İkinci performans kriteri olarak bina dış duvar detaylarının çevresel etki hesaplamaları yapılmıştır. Çevresel etki analizleri için ise Autodesk tarafından üretilen web hizmeti olarak kullanılabilen OneClick LCA Programı kullanılmıştır (Şekil 4.7).


Your license has additional tools available. To take them to use, use Available calculation tools

Main > toplu konut 1 Users (1)

toplu konut 1

General information

Information Requests Attachments Notes

 Licenses One Click LCA Student (International) Business + Carbon Designer EDUCATION - Valid until: 09.08.2022

Address ankara, Turkey

Type Apartment buildings

Gross Floor Area (m²) 381,60

Şekil 4.7. LCA analiz programı arayüzü

OneClick LCA ile Revitte modellenen mimari proje üzerinden analizler yapılmıştır. Analiz yapılması için yapım malzemeleri, yapının toplam m² alanı gibi girdiler Revit modelinden otomatik olarak elde edilirken; yapının fonksiyonu konut, yapının tahmini yaşam ömrü 30 yıl olarak parametrelere işlenmiştir (Şekil 4.8).

toplulu konut 1

Building materials > Construction site operations > Building area

Clear Material Country Data source Type Upstream CO2e Unit Properties Filter: Filter: Filter: Filter: Filter: Filter: Filter: Filter: Save

Fill in the material consumptions by material type. You may fill in all materials lumped together, or on separate rows for example by type of structure. Unless instructed otherwise, use gross amounts (incl. losses). Materials can be added in any section. [Material selection help.](#)

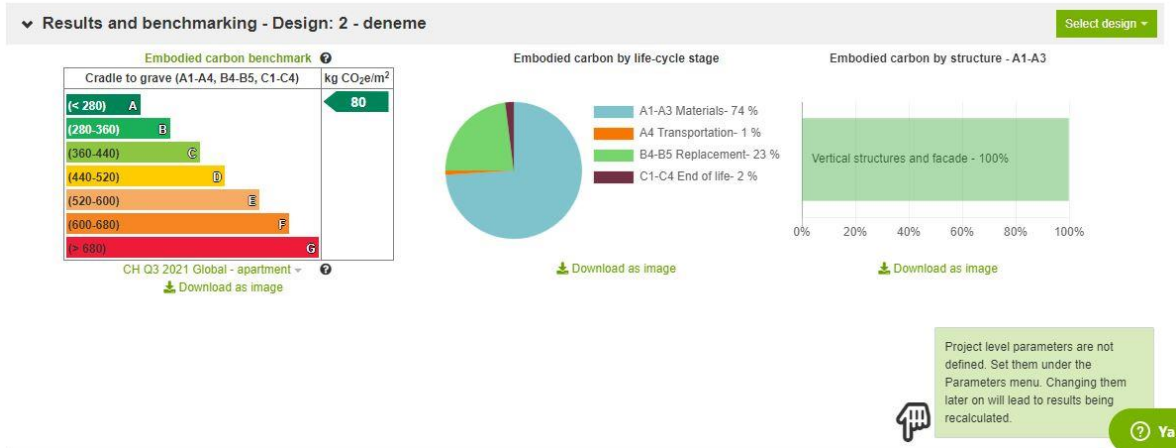
1. Foundations and substructure

Materials in the foundations will never be replaced, no matter assessment period length. For BREEAM UK Mat 1 IMPACT equivalent provide the data for site excavation fuel use here, choose resource Excavation works.

Foundation, sub-surface, basement and retaining walls [+ Move materials](#)

Şekil 4.8. LCA analiz programı girdileri

OneClick LCA programı ile yapılan analizlerde elde edilen çevresel etki parametreleri; CO₂ emisyonu, asitleme değeri, ötrifikasyon değeri, ozon tabakasının incelmeleri ve hammaddelerin birincil enerji kullanımları şeklinde sıralanmaktadır. Ancak yapılan araştırmalarda literatürde sıkça konu olan ve çevreye zararı en büyük olan CO₂ emisyonu ele alınarak değerlerinin hesaplamaları yapılmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. LCA analiz sonuçları

Son kriter olan yapım maliyeti hesabı için ise detayları meydana getiren bütün iş kalemlerinin referans proje üzerinden kat planına ait metraj çıkarılmış, metrajlar elde edildikten sonra da her bir iş kaleminin birim fiyatı ile çarpılarak yaklaşık yapım maliyeti elde edilmiştir. Bu tez çalışmasının kapsamı taşıyıcı olmayan dış duvar sistemlerine ait yaklaşık malzeme maliyeti olduğu için bina maliyeti olarak kaba yapı maliyeti esas alınmıştır. Kullanılacak tesisat malzemeleri, renkler, dokular kapsamında tercihlere bağlı olan ince yapı maliyetleri büyük değişkenlikler gösterebileceği için kapsam dışında bırakılmıştır.

Mimari modellemesi yapılan proje temel alınarak hazırlanmış imalat miktarlarında; uzunluklar metre, alanlar metrekare, hacimler metreküp alınmıştır. Çalışmadaki maliyet hesaplamalarında, da birim maliyet hesaplamaları esas alınarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyat listesi kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

Karar verilen birim fiyatlar doğrultusunda metrajları yapılan 9 adet tip detaya ait modelin dış duvara ait yaklaşık yapım maliyetleri elde edilmiş ve tüm modellerin maliyetine esas metraj ve keşif özet tabloları Ekler bölümünde verilmiştir.

4.3. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), 1970'lerde Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş, çok boyutlu karar vermede kullanılan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımlardan biridir (İlerisoy, Gökğöz ve Soyluk, 2022). Herhangi bir probleme ait kriterlerin değerlendirilmesinde, değişken kriterlere göre alternatifler arasından en ideal olanı seçiminde, alternatif sıralamalarında, ikili karşılaştırmalarda kullanılmak üzere tasarlanmış rasyonel bir yöntemdir.

Genel tanımıyla AHP, kıyas kullanmadan hem tündengelim hem de tümevarımsal düşünmeyi yürütmek için kullanılan doğrusal olmayan bir çerçevedir. AHP bunu bağımlılığa ve geri bildirimine izin vermek ve sayısal ödünleşmeler yaparak sonuca varmak için, birkaç faktörü aynı anda dikkate alarak yapmaktadır (Saaty ve Vargas, 2001).

AHP ile ele alınan problemin temelini karar verme süreci oluşturmaktadır. Karar verme sürecinin ilk adımı karar verme ortamının belirlenmesi ve bu ortamda hangi hedeflere ulaşılması istendiğidir. Karar verme sürecinin diğer aşaması belirlenen amaç doğrultusundan karar sürecinde göz önüne alınan değerleri ve ölçüleri belirlemektir.

AHP ile karar verme süreci belirli temel adımlardan oluşmaktadır. Bu adımlar şu şekildedir:

1. Problemi tanımlama ve aranan bilgi türünü belirleme.
2. Kararın amacı ile karar hiyerarşisini yukarıdan başlayarak yapılandırma, ardından ara düzeyler aracılığıyla geniş bir perspektiften (sonraki unsurların bağlı olduğu kriterler) en düşük seviyeye (bu genellikle bir dizi alternatiftir) hedefler belirleme.

3. Bir dizi ikili karşılaştırma matrisi oluşturma. Her eleman bir üst seviye, hemen altındaki seviyedeki öğeleri karşılaştırmak için kullanılır.

4. Her eleman için tablodaki öncelikleri tartmak için karşılaştırmalardan elde edilen öncelikleri kullanma. Daha sonra her bir eleman için aşağıdaki seviye, ağırlıklı değerlerini toplar ve genel veya global önceliğini elde eder. Bu tartma ve ekleme işlemine, ürünün nihai önceliklerine kadar devam edilir. En alt seviyedeki alternatifler elde edilir (Saaty, 2008).

AHP’de başlangıç adımı; verilmesi gereken karar için faktörlerin ve alt faktörlerin belirlenmesidir. Belirlenen amaç doğrultusunda kararı etkileyen faktörlerin saptanmasında anket çalışması veya uzman kişilerin görüşleri rehber alınabilmektedir (Dağdeviren ve diğ., 2004). Kriterlere karar verilmesinin ardından hiyerarşik bir biçimde potansiyel alternatifler belirlenmektedir. Uzman görüşlerinden çıkarılan hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra kriterlerin kendi aralarında karşılaştırılması için ikili kararlaştırma matrisleri oluşturulur (Palaz ve Kovancı, 2008). Ardından iki ayrı kriteri veya alternatifi kıyaslamak için 9 birimlik AHP önem skalası esas alınarak kriterlerin etki derecesi belirlenir (Ballica, 2020; Saaty ve Kearns, 1985) (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. AHP’de önem skalası

Önem derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önemli	İki faaliyet amaca eşit olarak katkıda bulunur.
3	Diğerine göre çok az önemli olma	Biraz deneyim ve yargı bir aktiviteyi diğerine göre çok az tercih ettirir.
5	Kuvvetli derecede önemli	Biraz deneyim ve yargı bir aktiviteyi diğerine göre kuvvetli bir şekilde tercih ettirir.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir aktivite kuvvetle tercih edilir ve hakimiyeti uygulamada kendini gösterir.
9	Aşırı derecede önemli	Bir aktiviteyi destekleyen kanıtlar bir başkası üzerinde, mümkün olan en yüksek onaylama düzenine sahiptir.
2, 4, 6, 8	İki önem derecesi arasındaki ara değer	Uzlaşma gerektiğinde kullanılır.

Her bir kriter için ikili karşılaştırma ile etki derecesi belirlendikten sonra ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. İkili karşılaştırmada köşegen değerleri aynı kriterlere/alternatiflere ait olduğu için etki dereceleri 1 olmaktadır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. AHP’de matris oluşturma

Kriterler	A1	A2	A3
A1	1	7	3
A2	1/7	1	1/9
A3	1/3	9	1

Etki değerleri elde edildikten sonra sütunlar toplanır ve sütun toplamları her bir sütunun altına ayrı olarak yazılır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. AHP’de sütun toplamları

Kriterler	A1	A2	A3
A1	1	7	3
A2	1/7	1	1/9
A3	1/3	9	1
Toplam	1,47	17	4,11

Toplam değer bulunması adımından sonra ise, her bir kriter değeri bu toplam değere bölünmektedir. Normalizasyon adı verilen bu adımın yapılmasının nedeni her bir kriterin değerini birbiri cinsinden yazabilmektir. Elde edilen bölüm değerleri toplamı 1’e eşit olmaktadır (Ballica, 2020) (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. AHP normalizasyonu

Kriterler	A1	A2	A3
A1	0,68	0,41	0,73
A2	0,10	0,06	0,03
A3	0,23	0,53	0,24
Toplam	1	1	1

Sonraki adımda ise, her bir satırdaki değerlerin ortalaması alınır ve kriterlere/alternatiflere ait önem ağırlığı belirlenir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Kriter önem ağırlıkları

Kriterler	A1	A2	A3	Önem Ağırlıkları
A1	0,68	0,41	0,73	0,61
A2	0,10	0,06	0,03	0,06
A3	0,23	0,53	0,24	0,33
Toplam	1	1	1	1

Yapılan değerlendirmelerde insan faktörü nedeniyle subjektif verinin güvenilirliğinin kontrolü için tutarlılık hesabı yapılması gerekmektedir. Bunun için öncelikle önem ağırlıkları ilk satırla matris çarpımı yapılarak Tüm Öncelikler Matrisi elde edilir (Gökgöz, İlerisoy ve Soyluk, 2020) (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Tüm öncelikler matrisinin elde edilmesi

Kriterler	A1	A2	A3	Önem Ağırlıkları	Tüm Öncelikler Matrisi
A1	0,68	0,41	0,73	0,61	2,03
A2	0,10	0,06	0,03	0,06	0,18
A3	0,23	0,53	0,24	0,33	1,08

Tutarlılık hesabı için birbiri ile ilişkili bir formül grubu kullanılmaktadır. Bunlar (1), (2) ve (3) no'lu formüllerdir.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (1)$$

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (2)$$

Çizelge 4.8. Rassallık indeksi (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Bu formüllere göre elde edilen veriler şu şekildedir:

$$\lambda = (3,35+3,03+3,25) / 3 = 3,21 \quad (1)$$

$$CI = (3,21 - 3) / (3 - 1) = 0,11 \quad (2)$$

$$CR = 0,11 / 0,58 = 0,18 \quad (3)$$

Elde edilen durumda uzman değerlendirme anketi tutarsız sonuçlanmıştır. CR değerinin 0,1'den küçük olduğu durumlar tutarlı kabul edilmektedir. Uzman anketinin tekrarlanması ve tutarlı olana kadar işlemlerin uygulanması gerekmektedir. Belirtilen adımlar tüm kriterler için ve aynı adımlar alternatifler temelinde uygulanacaktır. Bu işlemler yardımıyla her bir kriter ve alternatif için önem ağırlıkları belirlenecek ve alternatiflerin önem ağırlıklarına göre sıralanması sağlanacaktır.

5. ALAN ÇALIŞMASI

Mimari tasarım; yapıların, mekânların belirlenen fonksiyonlara ve parametrelere göre tasarlanmasıdır. Tasarım evresinde alınan kararlar; günün ekonomik koşulları düşünülerek, doğru bilgilere dayandırılarak ve doğru yöntemler kullanılarak alınırsa tasarım başarısı artacaktır. Bu süreçte alınacak kararlarda pek çok farklı unsur bulunmaktadır. Özellikle binaların iç ortamı ile dış ortamını düşey doğrultuda ayıran yapı elemanları olan dış duvarlar ele alındığında dikkat edilecek unsurlar; yapılı çevrede görsel etki yönünden dikkat çekmesini sağlamak, kullanılan malzemelerin yaşam döngüsü özellikleri ile çevresel etkilerini en aza indirmek, iç mekanların karşılamaları beklenen konfor sınırlarını olumsuz etkilemeden enerji tüketimini minimuma indirmek ve yapım maliyeti yönünden ekonomik düzeyde kalmak olarak detaylandırılabilir.

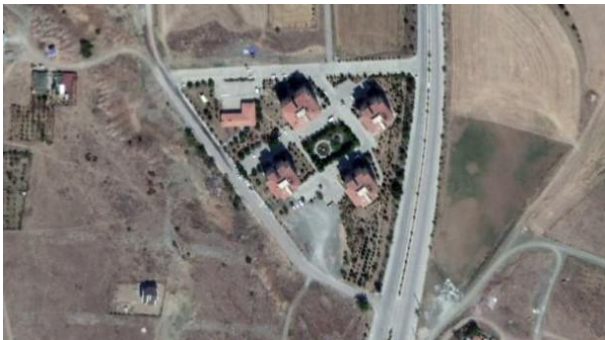
Cepheler binaların yapıyı kullanıcılara ilk olarak algılatan ve yapılı çevre içerisindeki niteliğini belirleyen unsurlarıdır. Uygun cephe tasarımları, yapıda uzun süreli kullanıcı konforu sağlamakla birlikte ekonomik olarak da tasarruf yapılmasını sağlamaktadır. Bununla beraber binaların çevresel etkileri azaltılacak aynı zamanda enerji tasarrufu bağlamında katkı sağlayacaktır. Uygun cephe tasarımı için gerekli parametreler uygun yapı malzeme ve sistemleridir. Mimari tasarım aşamasından başlayarak performans kriterleri göz önünde bulundurularak cephe tasarımı yapılması ile iklim bölgesine uygun, enerji tasarrufu sağlayan, maliyeti düşük cepheler elde edilebilir.

Alan çalışması kapsamında ilk aşamada mevcut durum analizi yapılarak örnek bina verileri üzerinden değerlendirme yapılmıştır. İkinci aşamada; Ankara'daki toplu konut cephelerindeki ve mevcut durumda elde edilen malzeme kararları ile oluşturulan tip detaylar tez çalışmasında araştırılan enerji tüketimi, çevresel etki ve yaklaşık yapı maliyeti parametreleri başlıklarında kendi içinde değerlendirilmiştir. Son adımda ise çok boyutlu değerlendirme kapsamında malzeme farklılıklarına bağlı olarak cephe kararlarının bu parametreler ile bütünlük bir değerlendirmesi yapılarak en optimum çözüm sunan cephe detayı belirlenmiştir.

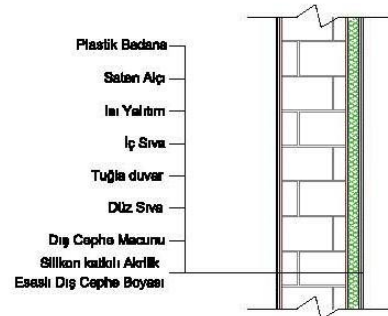
5.1. Mevcut Durumun Değerlendirilmesi

Toplu konutlardaki cephe sistemlerinin değişimini ortaya koymak için mevcut durumda inşa edilmiş olan toplu konut projeleri iz sürme yöntemi ile incelenmiştir. İz sürme tekniği sayıca fazla olmayan durumların incelendiği nitel bir araştırma tekniği iken veri toplama ve örnekleme güvenirliliğini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Özcan, 2018). Mevcut durumun tespit edilmesi amacıyla ilgili yetkililer ile görüşülerek Ankara ili içerisinde TOKİ tarafından 2007-2019 yılları arasında inşa edilmiş 10 toplu konut projesinin uygulama çizimleri, detay projeleri ve mekanik raporlarına ulaşılarak incelenmiştir. Örneklem grubu seçiminde aynı iklim koşullarında inşa edilen projelerin zamanla malzeme kararlarının değişimini ortaya koymak ve bir bölge için uygulanmış çeşitliliği çok boyutlu değerlendirmek hedefiyle aynı kurum tarafından aynı bölgede olan yapılar tercih edilmiştir. Bu bölümde görüşmelerden elde edilen projelere ait bilgiler sırasıyla verilmekte, sonrasında karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılabilmesi için kronolojik bir tablo oluşturulmaktadır.

Kalecik TOKİ (2007); tünel kalıp sistemiyle betonarme karkas 112 adet konut, konvansiyonel kalıp sistemiyle betonarme karkas 1 adet ticaret merkezi inşaatı ile ada içi, genel altyapı ve çevre düzenlemesi işini 2007 tarihinde yaptırmaya başlamıştır. Toplam 4 blok konut yapısı bulunmaktadır (Şekil 5.1a). Cephe özelinde; çekirdek duvar olarak tuğla duvar kullanılmış, dış duvar sistemi boya, dış kaplama malzemesi olarak akrilik esaslı dış cephe boyası kullanılmıştır, iç duvarı plastik boya ile kaplanmıştır, ısı yalıtımı alçıpan ile birlikte uygulanmıştır (Şekil 5.1b).



(a)



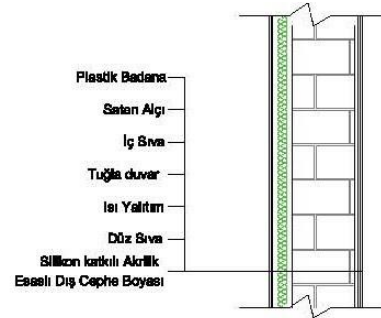
(b)

Şekil 5.1. Kalecik TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli

Gölbaşı Örencik TOKİ (2008);_TOKİ, Gölbaşı Örencik bölgesinde çok sayıda konut, ticaret merkezi, sağlık merkezi, cami içeren toplu konut projesini 2008 yılında tamamlanmıştır. Tünel kalıp sistemiyle betonarme karkas sistemiyle inşa edildi. Proje toplamda dört etaptan oluşmaktadır. 40 adet blok ve 756 konut bulunmaktadır (Şekil 5.2a). Cephe özelinde; çekirdek duvar olarak tuğla duvar kullanılmıştır, dış duvar sistemi boyadır, dış kaplama malzemesi olarak akrilik esaslı dış cephe boyası kullanılmıştır, iç duvarı plastik boya ile kaplanmıştır, ısı yalıtımı üzerine sıva ve boya uygulaması yapılmıştır (Şekil 5.2b).



(a)



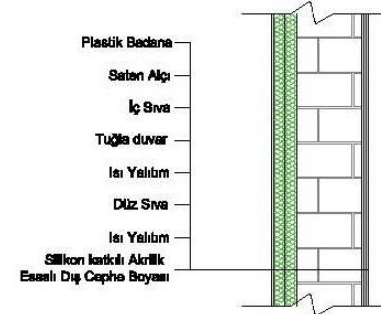
(b)

Şekil 5.2. Gölbaşı Örencik TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli

Yapracık TOKİ (2009);_TOKİ Etimesgut ilçesinde bulunan Yapracık Köyü'nde 13 etaptan oluşan içerisinde okul, park, bahçe, sosyal alanların bulunduğu toplu konut projesi gerçekleştirilmiştir. İlk etabın yapımına 2009 yılında başlanan proje tünel kalıp betonarme sistemiyle inşa edilmiştir. 11 blok ve 732 konut bulunmaktadır (Şekil 5.3a). Cephede; çekirdek duvar tuğla duvar kullanılmıştır, dış duvar sistemi boyadır, dış kaplama malzemesi olarak dış cephe boyası kullanılmıştır, iç duvarı plastik boya ile kaplanmıştır, diğer iki projeden farklı olarak yapracık projesinde iki katman ısı yalıtımı bulunmaktadır (Şekil 5.3b).



(a)



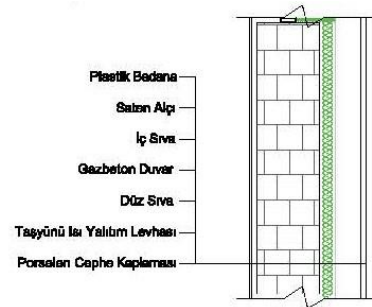
(b)

Şekil 5.3. Yapracık TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli

Gölbaşı İncek TOKİ (2010); TOKİ, Gölbaşı İncek bölgesinde 1059 adet konut ve sosyal tesis içeren toplu konut projesine 2010 yılında başlamıştır. Buna göre tünel kalıp sistemiyle betonarme karkas bin 59 adet konut, konvansiyonel kalıp sistemiyle 1 adet sosyal tesis ve kapalı otopark ile altyapı yaptırılmıştır (Şekil 5.4a). Cephede; çekirdek duvar olarak gazbeton duvar kullanılmıştır, dış duvar sistemi giydirme cephedir, dış kaplama malzemesi olarak porselen cephe kaplaması kullanılmıştır, iç duvarı 2 kat su bazlı boya ile kaplanmıştır, ısı yalıtımını sağlamak amacıyla taşıyıcı ısı yalıtım levha kullanılmıştır (Şekil 5.4b).



(a)



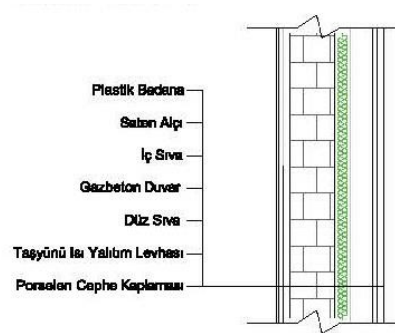
(b)

Şekil 5.4. Gölbaşı İncek TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli

İncek 2.Etap TOKİ (2014); TOKİ tarafından hayata geçirilen “Gölbaşı İncek 2. Etap Projesi”nde 1585 adet konut, 15 otopark, 1 sosyal tesis, 32 derslikli ilköğretim okulu, cami, spor salonu, ticaret merkezi ve 3 adet büfe yer alıyor (Şekil 5.5a). Cephede; çekirdek duvar olarak gazbeton duvar kullanılmıştır, dış duvar sistemi giydirme cephedir, dış kaplama malzemesi olarak porselen cephe kaplaması kullanılmıştır, iç duvarı su bazlı boya ile kaplanmıştır, ısı yalıtımını sağlamak amacıyla taşıyıcı ısı yalıtım kullanılmıştır (Şekil 5.5b).



(a)



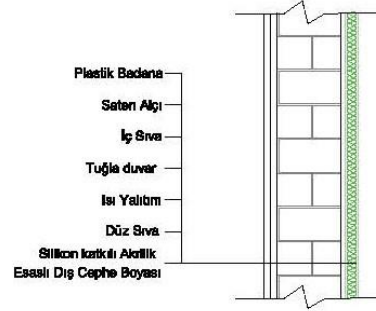
(b)

Şekil 5.5. İncek 2.Etap TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli

Mamak TOKİ (2016);_Ankara İli Mamak İlçesi Anayurt ve Gülseren Mahalleleri Kentsel Dönüşüm ve Gelişim Projesi 5 Etap 519 Adet Konut İnşaatı İle Altyapı ve Çevre Düzenlemesi 2016 yılında başlamıştır (Şekil 5.6a). Cephe özelinde çekirdek duvar olarak tuğla duvar kullanılmıştır, dış duvar sistemi boyadır, dış kaplama malzemesi olarak mantolama üzerine boya kullanılmıştır, iç duvarı plastik boya ile kaplanmıştır, ısı yalıtımı dıştan mantolama ile sağlanmıştır (Şekil 5.6b).



(a)



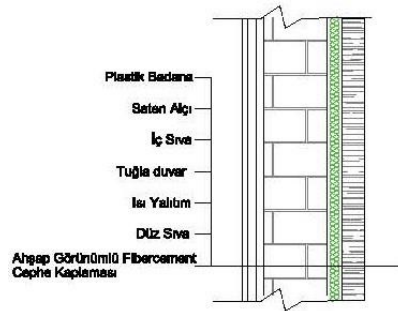
(b)

Şekil 5.6. Mamak TOKİ'ye ait (a) cephe Sistemi, (b) konut görseli

Sincan Saraycık TOKİ (2017);_Ankara Sincan Saraycık Mahallesi 3 Bölge Kentsel Yenileme Projesi kapsamında üretilmekte olan 3+1 nitelikli 1182 adet konut TOKİ tarafından yapılmıştır (Şekil 5.7a). Cephe özelinde; çekirdek duvar olarak tuğla duvar kullanılmıştır, dış duvar sistemi giydirme cephedir, dış kaplama malzemesi olarak ahşap görünümlü fibercement cephe kaplaması kullanılmıştır, iç duvarı 2 kat yarı mat boya ile kaplanmıştır, ısı yalıtımını sağlamak amacıyla taşıyıcı ısı yalıtım levha kullanılmıştır (Şekil 5.7b).



(a)



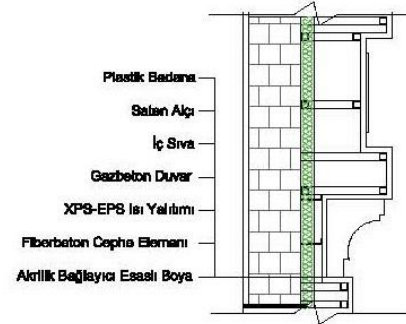
(b)

Şekil 5.7. Sincan Saraycık TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli

Kuzeykent TOKİ (2018);_Ankara Kuzey Kent girişi bölgesinde TOKİ tarafından toplu konut projesi yapılmıştır. Beş bölgeden oluşan projede konutlar, okul, sosyal alan, park, bahçe bulunmaktadır (Şekil 5.8a). Cephede; çekirdek duvar olarak gazbeton duvar kullanılmıştır, dış duvar sistemi giydirme cephe, dış kaplama malzemesi olarak fiberbeton cephe elemanı üzerine akrilik boya kullanılmıştır, iç duvarı seramik katkılu ipekmat iç cephe boyası ile kaplanmıştır, ısı yalıtımı XPS-EPS ısı yalıtım levhaları ile sağlanmıştır (Şekil 5.8b).



(a)



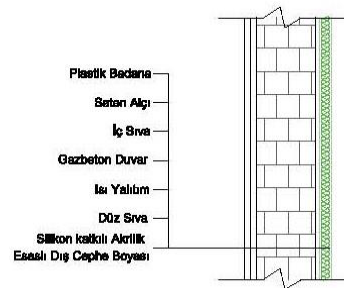
(b)

Şekil 5.8. Kuzeykent TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli

Varlık Mahallesi TOKİ (2019);_Ankara İli Yenimahalle İlçesi Varlık Mahallesi'nde 294 Adet Konut ve 1 Adet Sosyal Tesis içeren toplu konut projesi 2019 yılında yapılmıştır (Şekil 5.9a). Varlık Mahallesi TOKİ projesinde cephede iki farklı uygulama bulunmaktadır; binanın merdiven kısımlarında giydirme cephe uygulanırken, kalan kısmında boya uygulanmıştır. Yaşam alanları için olan kısımda; çekirdek duvar olarak gazbeton duvar kullanılmıştır, dış duvar sistemi boyadır, dış kaplama malzemesi olarak mantolama üzerine boya kullanılmıştır, iç duvarı 2 kat yarı mat plastik boya ile kaplanmıştır (Şekil 5.9b).



(a)



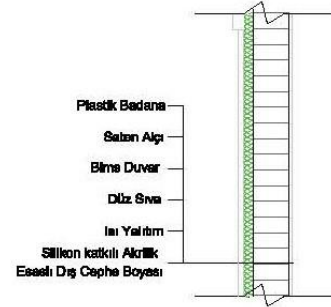
(b)

Şekil 5.9. Varlık Mahallesi TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli

Kızılcahamam TOKİ (2019);_TOKİ Ankara Kızılcahamam ilçesinde 95 konut ve 174 dükkan bulunan toplu konut projesini yapmıştır (Şekil 5.10a). Cephe özelinde; çekirdek duvar olarak bims duvar kullanılmıştır, dış duvar sistemi boyadır, dış kaplama malzemesi olarak silikon akrilik esaslı boya kullanılmıştır, iç duvarı 2 kat yarı mat su bazlı plastik boya ile kaplanmıştır, ısı yalıtımı dıştan mantolama ile sağlanmıştır (Şekil 5.10b).



(a)



(b)

Şekil 5.10. Kızılcahamam TOKİ'ye ait (a) cephe sistemi, (b) konut görseli

Her projeye yönelik dış duvar bilgileri verilmiştir. Ancak genel çerçeveyi görmek ve kronolojik olarak süreci yorumlamak için elde edilen malzeme envanteri tablolaştırılarak verilmiştir (Çizelge 5.1). Öncelikle tüm projelerde taşıyıcı sistem olarak betonarme yapım sistemiyle uygulanan tünel kalıp kullanıldığı görülmektedir. Bu sistemi kullanma sebepleri çok sayıda yaşam biriminin yapım sürecinde işçilik maliyetlerinin düşürülmesi, işin hızlı bitirilmesi, yapısal olarak güvenli tarafta kalmak olup bina bitişlerinde düzgün bir beton yüzey sağlamasıdır. Ancak bu noktada dikkat çeken nokta, tünel kalıp yapım tekniğinde kalıpların sökülebilmesi amacıyla mekanların dış ortamlarla ilişkisi olan mutlak tam bir duvar boş bırakılmakta ve bu yüzey farklı duvar malzemeleri ile kapatılmaktadır.

Mevcut durum taşıyıcı olmayan dış duvarlar için yığma sistem tercih edilmiş olup, çekirdek malzemesi olarak kullanılan yapı malzemeleri tuğla, gazbeton (AAC) ve bims şeklindedir. Çekirdek malzeme kullanımı ele alındığında malzeme kararında kronolojik bir değişim görülmemiştir, her üç malzeme de mimar kararı doğrultusunda her dönem kullanılmıştır. Dış cephe kaplamasında ise kullanılan 3 farklı sistem; dış cephe boyası, porselen cephe kaplaması, fibercement cephe kaplamasıdır. Dış duvar sistemleri kronolojik olarak değerlendirildiğinde ilk dönemlerde yapılan projelerde boya kullanımı fazla iken son yıllarda konstrüktif bağlantısı olan, hava boşluklu soğuk cephe örneği olan giydirme cephe

sistemlerinin yaygınlaştığı görülmüştür. Kaplama malzemelerinde ise giydirme cephe kullanımının artmasına bağlı olarak porselen ve fibercement tercih edilmiştir. Yalıtım malzemeleri incelendiğinde binalarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri EPS/XPS ve mineral esaslı yalıtım malzemeleridir. İç cephelerde kullanılan kaplama malzemeleri iç sıva üzeri boya uygulamasıdır.

Çizelge 5.1. Mevcut toplu konut projelerinin değerlendirme tablosu

Proje	Çekirdek	Dış Duvar Sistemi	Dış Kaplama	İç Duvar	Isı Yalıtımı	Su Yalıtımı
Kalecik TOKİ	Tuğla Duvar	Boya	Akrilik Esaslı Dış Cephe Boyası	Plastik Boya	XPS-EPS Yalıtım Levhası	18.466/1 Su yalıtımı (Zemin)
Gölbaşı Örencik TOKİ	Tuğla Duvar	Boya	Silikon Esaslı Dış Cephe Boyası	Plastik Boya	Taş Yünü	-
Yapracık TOKİ	Tuğla Duvar	Boya	Silikon Esaslı Dış Cephe Boyası	Plastik Boya	XPS-EPS Yalıtım Levhası	İki Kat Su İzolasyonu (18.466/1)
Gölbaşı İncek TOKİ	Gazbeton Duvar	Giydirme Cephe	Porselen Cephe Kaplaması	Yarı Mat Su Bazlı Boya	Taş Yünü	-
İncek 2.Etap TOKİ	Gazbeton Duvar	Giydirme Cephe	Seramik Cephe Kaplaması	Yarı Mat Su Bazlı Boya	Taş Yünü Levha	-
Mamak TOKİ	Tuğla Duvar	Boya	Akrilik Esaslı Dış Cephe Boyası	Akrilik Esaslı İnce Boya	Taş Yünü Levha	-
Sincan Saraycık TOKİ	Tuğla Duvar	Giydirme Cephe	Fibercement Cephe Kaplaması	Yarı Mat Su Bazlı Boya	Taş Yünü	-
Kuzeykent TOKİ	Bims Duvar	Giydirme Cephe	Selüloz Elyaf Takviyeli Dış Cephe Levha	İpekmat İç Cephe Boya	XPS-EPS Yalıtım Levhası	-
Varlık Mahallesi TOKİ	Gazbeton Duvar	Giydirme Cephe	16 mm Boşluklu Çift Cam Silikonlu (%40 Gölgeleme Faktörlü low-E Kaplamalı	Su Bazlı Boya	XPS-EPS Yalıtım Levhası	İki Kat Membran Su Yalıtımı (Y.18.461/005)
Kızılcahamam TOKİ	Bims Duvar	Boya	Akrilik Esaslı Dış Cephe Boyası	Yarı Mat Su Bazlı Boya	Ekspande Polistren Isı Yalıtım Levhası	-

Bu veriler sonrasında, toplu konut projelerinde malzeme seçiminde yönlendirici bir unsurun olup olmama durumu araştırılmıştır. Kurumlarla yapılan görüşmeler, incelenen yönetmeliklerle ve raporlar ışığında resmi bir yönlendirme bulunmamıştır. Bu tespit, Tasarımcı kararı doğrultusunda şekillenen projelerde dış duvar malzeme seçiminin de tasarımcı kararları ile yapıldığını göstermektedir. Bu noktada mevcutta kullanılan malzemelerin performanslarına göre tercih edilmesinin önemini ortaya koymak hedefiyle sayısal modelleme kullanılarak bir karşılaştırma yapılmıştır.

5.2. Tip Detayların Belirlenmesi

Literatürde dış duvar detaylarının yalıtım kalınlıkları, yalıtım malzeme kullanımları, duvar malzemesi değişimi üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Ancak farklı değerlendirme kriterlerinin dahil edildiği çok boyutlu bir değerlendirmenin olmaması ortaya çıkan tip projelerin birbirine göre iyi yada kötü olma durumuna karar vermede zorluk çıkarmaktadır. Karar vericiler, amaçları doğrultusunda seçimlerini belirlemek için birbirleriyle çelişen kriterler altında çeşitli alternatifler arasından seçim yapmak durumunda kalır. Yapı üretiminde duvar detayı açısından en uygun malzeme seçim kararı çok sayıda kriteri bir arada değerlendirmeyi gerektirmektedir. Yapılan inceleme ile aynı iklim bölgelerindeki yapılarda dahi farklılıklar olduğu görülmüştür.

Elde edilen malzeme çeşitliliğinde değerlendirme yapabilmek amacıyla farklı kombinasyonların performansları incelenmek istenmiştir. Tez çalışmasının amacı doğrultusunda karşılaştırmalı analiz yapabilmek için tip detaylar oluşturulmuştur. Mevcut durum tespiti yapıldıktan sonra ortaya çıkan verilere göre ilk farklılaşma duvar çekirdek malzemelerinde görülmektedir. Buna göre tuğla, bims ve gazbeton duvar blokları olmak üzere üç farklı duvar çekirdek malzemesi kullanılmaktadır. Diğer çeşitlilik kaplama malzemelerinde ortaya çıkmaktadır. Dış duvar kaplamaları ele alındığında boya, fibercement cephe kaplaması ve porselen cephe kaplaması mevcut durumda kullanılan üç farklı kaplama malzemeleridir. Bu detayların birleştirilmesiyle beraber analizler sonucunda 9 tip detay cephe sistemi ele alınmaktadır (Çizelge 5.2).

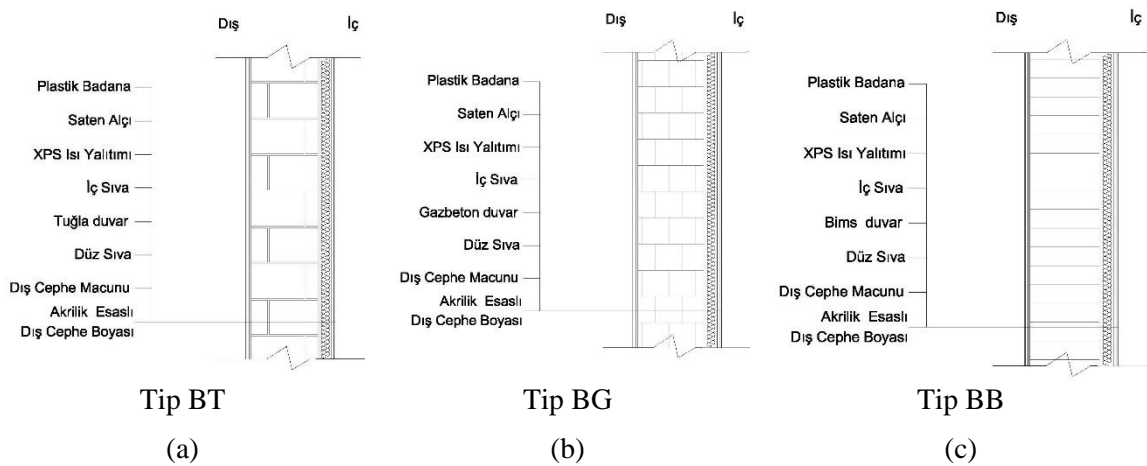
Cephe detayların kodlamasında detayda kullanılan malzemelerin ilk harfleri kullanılmıştır. Bu doğrultuda kaplama malzemesi boya olan detaylar ele alındığında tuğla malzeme kullanılan detayın kodu Tip BT, gazbeton kullanılan Tip BG ve bims blok kullanılan Tip BB

şeklinde kodlanmıştır. Benzer şekilde porselen cephe kaplaması ve fibercement olan tip detaylar da kodlanmıştır. Tip detaylarda ele alınan değişkenler dışında ısı yalıtımı, iç kaplama uygulamaları her detayda sabit alınmıştır.

Çizelge 5.2. Tip detaylarda malzeme kullanımına ait özet tablo

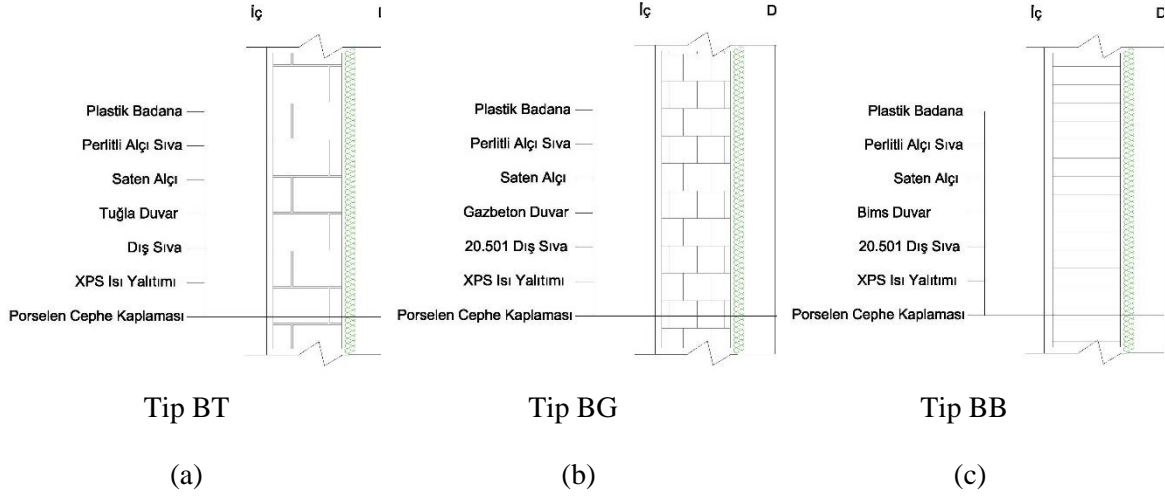
Tip Detay	Tip BT	Tip BG	Tip BB	Tip PT	Tip PG	Tip PB	Tip FT	Tip FG	Tip FB
Dış Kaplama	Boya			Porselen Cephe Kaplaması			Fibercement Cephe Kaplaması		
Çekirdek	Tuğla	Gazbeton	Bims Blok	Tuğla	Gazbeton	Bims Blok	Tuğla	Gazbeton	Bims Blok
İç Kaplama	Plastik Boya								

Bu düzen doğrultusunda cephe kaplaması boya olan tip detaylar şekil 5.11’de görülürken, cephe kaplaması porselen cephe kaplaması olan duvar tipleri şekil 5.12’de ve cephe kaplaması fibercement olan tip detaylar şekil 5.13’te görülmektedir. Dış cephe kaplamalarında boya kullanımı geleneksel yöntem olmakla beraber kronolojik olarak bakıldığında kendine ait konstrüksiyon sistemi ile uygulanan cepheler kullanıldığı için porselen ve fibercement kaplamalar kullanılmıştır.



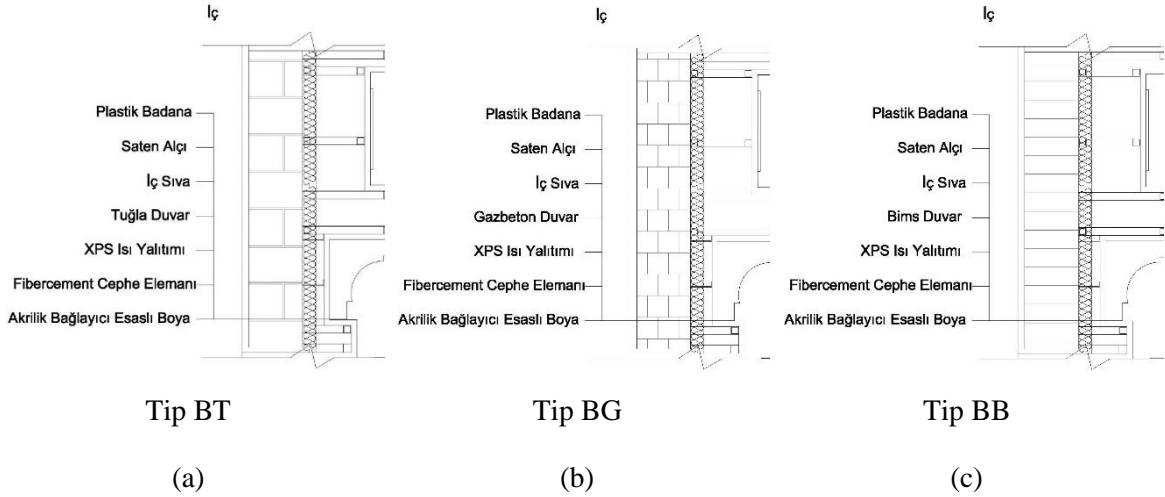
Şekil 5.11. Dış cephe kaplaması boya olan tip detaylar

Dış cephe kaplaması boya olan duvar tiplerinde çekirdek duvar malzemesinin dışına önce sıva sonra macun uygulaması yapılmasının ardından boya yapılmaktadır.



Şekil 5.12. Dış cephe kaplaması porselen cephe kaplaması olan tip detaylar

Dış cephe kaplamasında porselen cephe kaplaması olan uygulamalarda çekirdek duvar malzemesinin dışına ısı yalıtımı ve cephe kaplaması yapılmaktadır.



Şekil 5.13. Dış cephe kaplaması fibercement olan tip detaylar

Fibercement cephe kaplaması kullanılan duvar sistemlerinde çekirdek malzemesinin dışına ısı yalıtımı uygulandıktan sonra cephe kaplaması yapılmaktadır. Projede cephe kaplamasının üzerine boya yapılmaktadır.

Tip detayların belirlenmesinin ardından yapılan alan çalışması sonucunda elde edilen verilere göre belirlenen ve toplu konut yapılarında kullanılan mevcut dış duvar detayları bölümünde ayrıntılı olarak açıklanan detay tiplerine ilişkin çok yönlü karar verme etkinliğinin değerlendirilebilmesi amacıyla, kullanım enerjisi miktarları, CO₂ emisyon miktarları ve finansal maliyetleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar çalışmanın yönteminde açıklanan adımlar ile her bir detay tipi için ayrı ayrı incelenmiş ve sonrasında karşılaştırmalı olarak değerlendirmesi yapılmıştır.

5.3. Tip Detaylar Üzerinden Enerji Analiz Bulguları

Dünya genelinde inşaat sektörünün toplam enerji tüketimindeki oranı giderek artış göstermektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın verilerine göre bu oran ülkemiz bazında toplam enerji tüketiminin yaklaşık %34'lük kısmı inşaat sektörü (konut ve konut dışı sektörler de dahil olmak üzere) nden kaynaklanmaktadır (Bina Sektörü Enerji Verimliliği Teknoloji Atlası, 2021). Bu nedenle sürdürülebilir yapıları bir çevre için yapılan çalışmalar son 10 yılda çok fazla önem kazanmıştır. Enerji etkin bina uygulamaları, sürdürülebilir malzeme ve yapım teknolojileri geliştirilmektedir. Aynı şekilde yapı malzemelerinin kullanım ömrü boyunca tükettikleri enerji, karar vermede önemli bir parametre haline gelmektedir. Enerji verimli malzeme kararı yapı sektöründeki enerji tüketimini azaltmaya yönelik kullanılan önemli yöntemlerden biridir.

Tip detay olarak belirlenen 9 dış duvar çözümü ile yapılan analizler sonucunda açığa çıkan enerji tüketim miktarı ve yıllık yakıt enerjisi miktarları Çizelge 5.3'te verilmektedir. Green Building Design Studio analiz programı ile temelde elde edilen analiz parametreler enerji kullanım yoğunluğu ve yıllık yakıt enerjisi değerleridir. Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI), bir yıllık bina enerji tüketiminin toplam brüt kat alanına bölünmesiyle hesaplanan, işlevi, boyutu ve diğer özellikleri bakımından bir binanın enerji kullanımı olarak belirlenen parametredir. (Yang ve Choi, 2015). Yıllık Yakıt enerjisi, bir yılda tüketilen yakıt enerjisi miktarıdır.

Çizelge 5.3. Enerji analizi sonuçları

	Tip BT	Tip BG	Tip BB	Tip PT	Tip PG	Tip PB	Tip FT	Tip FG	Tip FB
Enerji Kullanım Yoğunluğu (mJ/m ² /Year)	679,9	618,9	623,6	679,9	618,9	623,6	679,9	618,9	623,6
Yıllık Yakıt Enerjisi (MJ)	102,49 5	86,182	87,182	102,49 5	86,182	87,182	102,49 5	86,182	87,182

Elde edilen analiz sonuçlarına göre enerji tüketim miktarları örme duvar tiplerine göre değişiklik gösterirken dış cephe kaplamasına göre değişmemektedir. Tip detaylarda yalıtım malzemeleri ve kalınlıkları sabit tutulduğu için enerji tüketim sıralamalarında örme duvar malzemesi aynı olan tiplerin tüketimleri de aynı mertebede çıkmaktadır. Tez çalışmasında değişen duvar çekirdek malzemesinin aynı bölgede enerji tüketim performansına etkisi değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, enerji kullanım yoğunlukları açısından tuğla duvar kullanılan modellerin değerleri en yüksek, gazbeton kullanan modeller ise en düşük değerlerdir. Örneğin, dış duvarlarda gazbeton kullanıldığında yıllık enerji kullanım yoğunluğu 618,9 mJ/m²/Yıl olurken, bu tüketim miktarı bims blok kullanımıyla % 1 kadar artarak 623,6 mJ/m²/Yıl olmuştur. Tuğla kullanımı ile %9 artışla 679,9 mJ/m²/Yıl'a ulaşmıştır. Malzeme değişiminin yarattığı bu farklılık, yıllık yakıt enerji miktarlarında benzer bir düzende olmakla birlikte, artış oranları farklılık göstermektedir.

Malzeme farklılıklarının yıllık enerji performanslarına etkisini görebilmek için ise her cephe kaplamasındaki gazbeton uygulaması referans kabul edilerek, yüzde artışı hesaplanmıştır. Enerji Kullanım Yoğunluğu, bims kullanılan modellerde ortalama %1, tuğla duvar kullanımında %9 artış göstermektedir. Yıllık yakıt enerjisi için bu artışlar bims duvar için %1 ve tuğla duvar için %19'dur (Çizelge 5.4). Sonuçlara göre gazbeton ve bims kullanımı enerji verimliliği açısından ideal kullanım olmuştur ve yakın mertebelerde enerji tüketimine sebebiyet oluşturmuştur.

Çizelge 5.4. Enerji tüketimleri artış oranları

	Tip BT	Tip BG	Tip BB	Tip PT	Tip PG	Tip PB	Tip FT	Tip FG	Tip FB
Enerji Tüketim Miktarı (mJ/m ² /Year)	109	100 referans	101	109	100 referans	101	109	100 referans	101
Yıllık Yakıt Enerjisi (MJ)	119	100 referans	102	119	100 referans	102	119	100 referans	102

5.5. Tip Detaylar Üzerinden Çevresel Etki Analizi

2019 yılında yayınlanan Binalar ve İnşaatlar için küresel durum raporuna göre inşaat sektörü toplam CO₂ emisyonunun %39'unu oluşturmaktadır. Dünya genelinde düşünüldüğünde bu oran sera etkisinden sorumlu olan toplam CO₂ miktarının %45'lik kısmını kapsamaktadır. Bu oranlara bakıldığı zaman inşaat sektöründe çevresel etki analizlerinin yapılarak malzeme seçimi konusu büyük önem taşımaktadır. Son dönemlerde yapılan araştırmalar inşaat sektöründe uygulanan projelerin CO₂ emisyonlarını azaltarak sıfır enerjili yapılar olmaları yönündedir (Syngros, Balaras ve Koubogiannis, 2017).

Ülkelerin de politika olarak geliştirdiği sıfır enerji hedefinde ise kullanılacak malzeme kararı önemli yer teşkil etmektedir. Yapı malzemelerine yönelik yaşam döngüsü süreçlerinde ele alınması gereken parametreler; yapı ürünlerinin yaşam döngüsü süreçlerinin belirlenmesi, bu süreçlerdeki girdiler ve çevreyi etkileyen çıktılar ve bu etkilerin düzenlenmesi şeklinde sıralanmaktadır (Tuna Taygun, 2005). LCA (Life Cycle Assessment – Yaşam Döngüsü Analizi) ISO 14040/44 standartlarına göre bir ürünün, servisin veya bir prosesin hammaddelerinin elde edilmesinden başlayarak, işleme, üretim, kullanım, yaşam sonu ve bertarafına kadar tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerinin hesaplandığı, kaynak verimliliği ve atık oluşum miktarı dâhil bilgiler veren bir değerlendirme yöntemidir.

Çalışmada hedeflenen dış duvarlara ait gömülü CO₂ miktarlarını hesaplamak için malzemelerin CO₂ miktarları ve beşikten mezara gömülü CO₂ miktarları hesaplanmıştır. Bunun için modellenen proje üzerinden Revit programı ile yapılmaktadır. Revit uzantısı üzerinden kullanılan OneClick LCA programı ile proje araştırması sonucunda ortaya çıkarılan 9 tip detay analiz edilmiştir ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Analizlerde Revit LCA veritabanı içeriği kullanılmıştır.

Çizelge 5.5. Malzemelerin CO₂ emisyonu sonuçları

	Tip BT	Tip BB	Tip BG	Tip PT	Tip PB	Tip PG	Tip FT	Tip FB	Tip FG
Malzemelerin CO ₂ Emisyonu (kg)	24885	11529	14300	27034	11135	13906	69213	52591	55362

Analizler sonucunda tip detaylarda kullanılan malzemelerin üretimi ve yapımı aşamasındaki gömülü CO₂ değerleri verilmektedir (Çizelge 5.5). Elde edilen analiz sonuçlarının değerlendirilmesi için malzemelerin CO₂ emisyonu değerlerine bakıldığında çekirdek malzemelerine göre çevresel etki değerleri minimum çıkan malzeme bims duvar blokları olurken tuğla malzemenin çevresel etki değerleri maksimum çıkmıştır. En düşük çevresel etki değerine sahip olan bims blok referans alındığında gazbeton için CO₂ emisyonu değeri %25 artış gösterirken, tuğla için bu değer %110 artış göstermektedir.

Bir diğer malzeme farklılığı olan kaplama sistemlerinde ise fibercement malzeme kullanımında çevresel etki değerleri yüksek çıkarken porselen cephe kaplamalarında değerler daha az çıkmıştır. Dış kaplama malzemelerinde fibercementin CO₂ emisyonu porselen malzemeye göre %372 fazla iken boya malzemesi için bu değer %3 daha fazladır. Malzemelerin toplam emisyon değerleri içinde ise çekirdek duvarında gazbeton duvar blokları ile dış cephe kaplaması olarak porselen cephe kaplama kullanılan tip PB detayının gömülü CO₂ değerinin 11135 kg değeri minimum olduğu görülürken tuğla çekirdek malzemesi kullanılan dış kaplaması fibercement olan tip FT detayının CO₂ emisyonu %500 artış ile 69213 kg olarak hesaplanmıştır. Veriler doğrultusunda tip PB detayı referans alınarak diğer tip detayların çevresel etkilerindeki artışlar hesaplanmıştır (Çizelge 5.6). Boya dış kaplama malzemesi kullanılarak üretilen tip detaylara bakıldığında tip BB detayı minimum değere sahiptir ve tip BT %120 artış gösterirken, tip BG %25 artış göstermektedir.

Çizelge 5.6. CO₂ emisyonu artış oranları

	Tip BT	Tip BB	Tip BG	Tip PT	Tip PB	Tip PG	Tip FT	Tip FB	Tip FG
Malzemelerin CO ₂ Emisyonu (Construction Materials)	223	103	128	242	100 referans	125	621	472	497

5.6. Tip Detaylar Üzerinden Maliyet Analizi

İnşaat sektörü ülkelerin ekonomik kalkınmaları için büyük öneme sahiptirler. Yapı malzemeleri de inşaat sektöründe büyük bir paya sahiptir. Konut projelerinden kullanılan yapı malzemeleri genellikle çelik, çimento, tuğla, beton, ahşap, cam vb. gibi sıralanmaktadır (Ganiyu, 2016). Son yıllarda inşaat sektöründeki maliyet artışında malzeme fiyatlarındaki artışın büyük bir etkisi bulunmaktadır. Yapı sektöründe ekonomik sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla doğru planlama ile inşaatın ilk zamanlarında malzeme maliyet ilişkisi göz önünde bulundurulmalıdır (Alabi ve Fapohunda, 2013).

Yapı kabuğunun yapılabirlik düzeyini; bölgesel koşullar, yapı malzeme ve bileşenlerinin şantiyeye nakliye kolaylığı, detayların uygulanabilirliği, imalat kolaylığı gibi faktörler belirlemektedir. Bunun yanında, yaklaşık yapı maliyeti karar belirleyici bir kriterdir.

Çalışma kapsamında belirlenen dış duvar detay tipleri üzerinden yaklaşık maliyet analizi yapılmıştır. Hesaplamalara tip detaylara ait çekirdek, iç kaplama, dış kaplama ve yalıtım malzemeleri dahil edilmiştir.

Modellemesi yapılan proje üzerinden m^2 değerleri alınarak birim fiyatları ile çarpılmıştır. Genel toplamı elde etmek için tüm malzemelerin keşifleri hesaplanarak toplanmıştır (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7. Maliyet sonuçlarına ait özet tablo

	Tip BT	Tip BB	Tip BG	Tip PT	Tip PB	Tip PG	Tip FT	Tip FB	Tip FG
Çekirdek Duvar	10.326	1.981	5.510	10.326	1.981	5.510	10.326	1.981	5.510
Kaplama	3.070	3.070	3.070	19.040	19.040	19.040	12.562	12.562	12.562
Toplam Maliyet (TL)	66,757	61,940	58,411	70,517	65,700	62,172	67,588	62,771	59,243

Maliyet hesabı yapıldıktan sonra elde edilen değerlere göre her tip detay özelinde kullanılan malzemelere göre değer değişmektedir. Referans bina üzerinden hesaplama yapıldığı için birim fiyatlar ile orantılı olarak değişimler olduğu gözlenmektedir. Tüm detay tipleri arasında en yüksek maliyet değeri tuğla duvar ile porselen cephe kaplaması olan tip PT

detayına ait olan 70,517 tl olarak ortaya çıkarken, en düşük ve ideal maliyet değeri bims duvar blokları ile boya ile yapılan duvar tip BB detay tipine ait olan 58,411 TL'dir.

Malzeme değişmelerinin maliyet kriterini hangi mertebede değiştirdiğini görmek için ise karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılacak olursa malzeme değişimlerinden kaynaklanan artış oranları her detay tipinde farklılık olduğu görülmektedir. İncelenen sonuçlarda değişken olan parametreler dış cephe kaplaması ve çekirdek malzemesidir. Buna göre dış cephe kaplama malzemeleri verilerine göre porselen cephe kaplama malzemesinin maliyeti en yüksek iken, boya kullanımında maliyet değeri en düşük gelmiştir. Boya kullanılan tiplere göre bakıldığında porselen cephe kaplamasında %12 artış görülürken, fibercement kaplamada %2 artış olduğu görülmektedir.

Diğer parametre olan çekirdek malzemelerin verilerinde ortaya çıkan ise tuğla malzemenin maliyetinin en yüksek iken gazbeton malzeme maliyetinin minimum çıktığıdır. Genel toplama bakıldığında ise tip detay BG referans alınarak yapılan karşılaştırmalara göre tuğla duvar malzemesi ile yapılan ve porselen cephe kaplaması kullanılan tip PT %20'lik artış gösterirken, tip FT detayı için %15 artış göstermektedir. Diğer artış oranları ise tip BT detayı %13, tip PB detayı için %12, tip FB detayı için %7, tip PG detayı için %6, tip BB için %5, tip FG detayı için %1 olarak hesaplanmıştır. Değerlere göre minimum olan değer referans alınarak karşılaştırma yapılmaktadır. Malzeme maliyeti artış miktarları tabloda verilmektedir (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8. Malzeme maliyetleri artış oranları

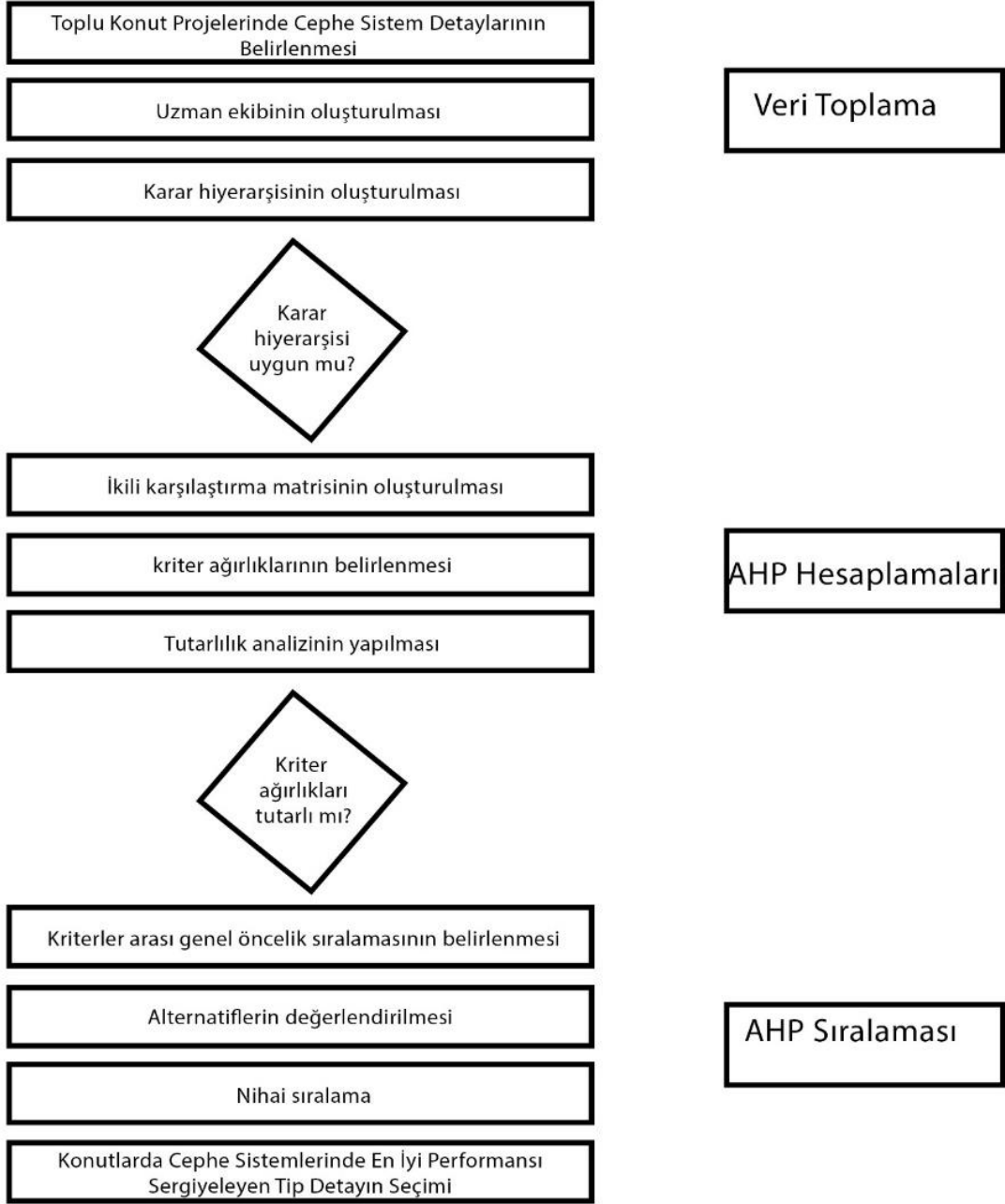
	Tip BT	Tip BB	Tip BG	Tip PT	Tip PB	Tip PG	Tip FT	Tip FB	Tip FG
Toplam Maliyet	113	105	100 referans	125	112	106	115	107	101

6. ÇOK BOYUTLU DEĞERLENDİRME

Tasarım esaslı süreçlerdeki problemler, birden fazla kritere dayalı olan problemler olup kararı etkileyecek olan kriterlerden bazıları birbiriyle çelişebilir. Karar vermede kullanılan matematiksel modeller en uygun kararın verilmesinde önem taşımaktadırlar. Bu süreçte en iyi ve amaca uygun olanı seçmek hedefdir (Tekin, 2008: 18). Belirsizliğin olduğu, çok kriterli ve bu kriterlerin birbirleriyle çeliştiği durumlarda karar almak daha da güç hale gelir. Karar verme süreçlerinde kriterler göz önünde bulundurularak en uygun çözüm bulunması hedeflenirken, kriterlerin aralarında çelişmesi yerine hepsine karşılık veren bir çözüm bulunması asıl amaçtır. Kriterler amacın temel unsurları olarak birbirinden bağımsız ve ölçülebilir olmalıdır (Sarıçalı, 2018).

Tez çalışması kapsamında konut projelerinde dış duvar detaylarında çok boyutlu değerlendirme yapılması hedeflenmektedir. Literatürde dış duvar detaylarına karar verilme sürecinde etken olan enerji tüketimi, özellikle günümüzde güncel problem olan çevresel etkiler ve maliyet ayrı ayrı incelenmiş ve çalışılmıştır. Bayram ve arkadaşları (2016) maliyete yönelik birim fiyat ve yapı yaklaşık maliyeti üzerinden kıyaslamaya yönelik araştırmalar yapmıştır. Benzer şekilde enerji tüketimi ile ilgili gerek yalıtım malzemesi kullanımı (Altun ve arkadaşları, 2020), gerek dış kaplama malzemesi kullanımı (Aydın, 2015), gerek bölgesel etkiler (Gügül ve Köksal, 2019) pek çok çalışmada araştırılmıştır. Benzer şekilde son dönemlerde çevresel etkiler özellikle hükümetlerce belirlenen çevre ve iklim politikaları doğrultusunda gündeme gelen enerji kaynaklarının minimum tüketimi ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmada ise temel hedef ise dış duvar detaylarında literatürde aktif olarak bulunan bu 3 önemli parametrenin tek bir paydada toplanmasıdır.

Literatürde karar verme sürecinde kullanılan farklı metotlar bulunmaktadır. Bu yüzden birbirinden bağımsız ve aynı zamanda ölçülebilir olan üç kriteri ortak paydada değerlendirme konusunda çok boyutlu karar verme tekniklerinden biri olan Analitik Hiyerarşik Süreç metodu seçilmiştir. Seçilen metodla elde edilen tip detaylar, bu üç parametre esas alınarak ortak bir sıralamaya tabi tutulmuştur. Çok boyutlu değerlendirme modelinin adımları Şekil 6.1’de verilmektedir.



Şekil 6.1. Değerlendirme modelinin uygulama adımları

Çok boyutlu değerlendirme çalışması için öncelikle veri toplama aşaması tamamlanmıştır. Veri toplama aşamasında mevcut durum tespiti yapılmasının ardından belirlenen kriterler konusunda tecrübe sahibi uzman ekibi oluşturulmuştur. Veri toplama aşamasının son basamağında ise karar hiyerarşisi oluşturulmuştur. İkinci aşama olarak elde edilen veriler üzerinden karar hiyerarşisinin uygunluğu tespit edilmiştir. Çalışmanın üçüncü aşaması AHP hesaplamalarıdır. Bu kısımda ikili matris oluşturma, uzman görüşlerine göre kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve tutarlılık analizlerinin yapılması adımları tamamlanmıştır. Dördüncü aşamada kriter ağırlıklarının tutarlılıkları tespit edildikten sonra son aşama olan AHP sıralaması tamamlanmıştır. Bu aşamada kriterler için genel öncelik sıralaması belirlendikten sonra alternatiflerin değerlendirilmesi yine aynı yöntemle (AHP ile) yapılmıştır. Alternatiflerin değerlendirilmesi ile nihai sıralama bulunmuştur. Sonuç olarak konularda cephe sistemlerinde en iyi performansı sergileyen tip detayın seçimi ile çalışma tamamlanmıştır.

Çalışmanın kapsamında cephe sistemlerinde çok boyutlu karar verme için kullanılacak AHP yöntemi ile belirlenen kriterler mimarlık alanında uzman kişilere danışılmış ve bu kriterlerin birbirlerine göre önem seviyelerinin değerlendirilmesinde uzman kişi görüşü her biri için ayrı ayrı önemlilik derecesi belirlenerek sıralama yapılmıştır.

Kriterlerin ağırlıklarının bulunması için piyasada enerji, maliyet ve çevresel etki konuları ile ilgili mimar, uzman, akademisyen, proje üreticilerinden oluşan yetkinlikleri bulunan 7 tane uzmana ulaşılmıştır. Her bir uzmanın deneyimleri ve faaliyet alanları farklı olup her biri belirlenen kriterlerle birebir ilişkili kişilerdir (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1. Uzman bilgileri

UZMAN	MESLEKTEKİ YILI	FALİYET ALANI
1.Uzman	29	Akademisyen - Mimar
2.Uzman	14	Akademisyen - Mimar
3.Uzman	14	TOKİ Personeli
4.Uzman	11	TOKİ Personeli

Uzman görüşleri ile ortaya çıkan kriter ağırlıkları Çizelge 6.3'te verilmektedir. Ağırlık tablosundaki değerlere göre enerji kriterinin ağırlığı 0,5761 değeri ile en yüksek çıkarken, maliyet kriterinin ağırlığı 0,2679 değeri ile ikinci ve çevresel etki kriterinin ağırlığı 0,1559 değeri ile en düşük değer çıkmaktadır.

Çizelge 6.3. Kriter ağırlıkları

Ana Kriterler	Yerel Ağırlıklar	Sıralama
Enerji Tüketimi	0,576	1
Çevresel Etki	0,155	3
Maliyet	0,267	2
<i>Toplam/Global Toplam</i>	1	

Analiz aşamalarında elde edilen verilere göre her kriter için ayrı olarak alternatifler değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde AHP metodunda yer alan önem dereceleri belirlenmiştir.

Enerji tüketimi, çevresel etki değerleri ve maliyet değerlerinde minimum olan değer ideal olduğu için tip detaylar içerisinde her bir kriter için değeri en düşük olan tip detaya önem derecesi olarak 9 değeri verilmiştir. Diğer tip detaylar için önem dereceleri en düşük olan tip detay referans alınarak oranlanmıştır. Sonrasında çıkan değerler normalize edilerek ağırlıkları belirlenmiştir (Çizelge 6.4).

Enerji Değerleri; modelleme ile yapılan analizler sonucunda ortaya çıkan değerler önem derecesi skalasına uygun olacak şekilde hesaplanarak yazılmıştır. Analizlerden çıkan verilere göre çekirdek malzeme değişiminde enerji tüketimleri değişirken kaplama malzemesi değişimlerinde enerji tüketimlerinde değişiklik olmamıştır. Buna göre enerji tüketim değeri en fazla olan tip detaylar tuğla çekirdek malzemesi kullanılarak üretilenler iken, bims duvar bloğu ile yapılan tip detayların enerji değerleri minimum olduğu için değeri en yüksektir.

Çevresel Etki Değerleri; yaşam döngüsü değerlendirmesi analizlerinde ortaya çıkan çevresel etki değerleri önem derecesi skalasına uygun olacak şekilde hesaplanarak yazılmıştır. Verilere bakıldığında tuğla malzeme kullanılan detayların çevresel etki değerlerinin diğer iki çekirdek malzemesinde göre fazla olduğu görülürken, dış kaplama malzemelerine

bakıldığında değerlere göre çevresel etki değerleri minimum olarak birinci sırada yer alan tip detay bims duvar malzemesi kullanılarak yapılan ve cephe kaplamasında fibercement kullanılan detayların çevresel etkileri daha düşük çıkmıştır. Çevresel etki değeri en yüksek olan ve sıralamada son sırada yer alan tip detay ise tuğla çekirdek malzemesi kullanılarak yapılan ve porselen cephe kaplaması kullanılan tip detaydır.

Maliyet Değerleri; her bir tip detayın maliyet hesaplaması yapıldıktan sonra değerler önem derecesi skalasına uygun olacak şekilde hesaplanarak yazılmıştır. Tablodaki verilere göre maliyet değeri en düşük olan tip detay bims duvar bloğu kullanılarak üretilen ve fibercement cephe kaplamasının değeri maksimum gelirken, tuğla duvar malzemesi kullanılarak porselen cephe kaplaması yapılan tip 4 detayının değeri en düşüktür.

Çizelge 6.4. 3 Temel kritere göre alternatiflerin ağırlıkları

Alternatifler	ENERJİ	LCA	MALİYET
Tip BT	0,018	0,091	0,041
Tip BB	0,195	0,207	0,123
Tip BG	0,119	0,146	0,269
Tip PT	0,018	0,089	0,018
Tip PB	0,195	0,244	0,050
Tip PG	0,119	0,144	0,117
Tip FT	0,018	0,0171	0,040
Tip FB	0,195	0,029	0,118
Tip FG	0,119	0,028	0,220

Tez çalışması kapsamında uzman görüşlerinden elde edilen kriter ağırlıkları ile analizlerden elde edilen değerlerin önem dereceleri AHP yöntemi ile birleştirilerek tip detayların sıralaması yapılmıştır. Elde edilen alternatif ağırlıkları değerleri uzmanlar tarafından elde edilen kriter ağırlıkları ile eşleştirilerek alternatiflerin hiyerarşik sıralaması bulunmuştur. Bunun için cephe sistemlerinin yapımına, performans kriterlerine, maliyetine, fiziksel

özelliklerine göre kriterler belirlenerek tip detayların çevresel etki, enerji tüketimi ve maliyet analizleri yapılmıştır (Çizelge 6.5).

Çizelge 6.5. Alternatif ağırlıkları ve sıralamaları

	Tip BT	Tip BB	Tip BG	Tip PT	Tip PB	Tip PG	Tip FT	Tip FB	Tip FG
Alternatiflerin Ağırlıkları	0,034	0,170	0,140	0,029	0,162	0,117	0,028	0,162	0,151
Sıralama	7	1	5	8	3	6	9	2	4

Belirlenen kriter ağırlıkları ile tip detaylardan elde edilen sonuçlar birleştirildiğinde elde edilen veriler doğrultusunda çekirdek duvar malzemeleri dikkate alındığında tip detaylardan bims duvar blokları kullanılarak elde edilen tip detayların değerlerinin yüksek olduğu, tuğla duvar malzemesi kullanılarak üretilen tip detayların değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Bims blokların kullanımının uygun olma nedenleri enerji verimli olmasıyla birlikte üretiminde ve kullanımında açığa çıkan çevresel etkilerin az olmasıdır. Bunun dışında birim maliyetlerine bakıldığında bims blok fiyatlarının daha düşük olduğu görülmektedir. Gazbeton duvar malzemesi kullanılarak elde edilen tip detayların değerleri bims kullanılarak elde edilen detaylardan daha yüksek olmakla beraber aradaki fark düşüktür. Gazbeton ve bims blokların enerji verimli malzemeler olması gözenekli yapısından kaynaklanırken, üretimlerinde kullanılan hammaddelerin geri dönüştürülebilir olması ve daha az kaynak kullanılması sebebiyle çevresel etkileri az malzemelerdir (Kuş, Edis ve Özkan, 2008). Bu iki malzemeyle tuğla malzeme karşılaştırıldığında ise tuğla malzemenin üretim sürecinden kaynaklanan çevre kirliliği, küresel ısınma değerleri yüksek olmakla birlikte tuğla kullanılan yapılarda enerji tüketim miktarları yüksek çıkmaktadır (Usta ve Zengin, 2021).

Dış cephe kaplama malzemelerine göre ise fibercement kaplama malzemesinin değerleri yüksek iken boya kullanılarak uygulanan tip detayların değerleri daha düşük çıkmıştır. Burada etkili olan faktörler fibercement malzemenin çevresel etkilerinin fazla olması ve maliyetinin yüksek olmasıdır. Her iki katman ele alınarak bakıldığında ise en ideal olan değer bims duvar bloğu kullanılarak yapılan ve dış kaplamasına boya kullanılan tip BB detayı iken tip FT detayı için bu değer maksimum çıkmıştır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye gelişen teknolojisi ve sanayisiyle, artan nüfusu ve temel ihtiyaçlarıyla ve büyüyen ekonomisiyle enerji ihtiyacı giderek artan bir ülkedir. Konut yapılarının enerji tüketiminde büyük paya sahip olduğu bilinmektedir. Ülkede konut bina stokunun yetersiz, eski ve kısmen niteliksiz olması ve ülkenin deprem kuşakları üzerinde bulunması yeni konut üretim ihtiyacını arttırmakta, bu da dolaylı olarak konut fiyatlarını ve enerji tüketim miktarını etkilemektedir. Kullanılan enerjinin büyük kısmı fosil kaynaklardan elde edilmekte ve elektrik enerjisi üretiminde de yine yüksek miktarda fosil kaynaklar kullanılmaktadır. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlı olması, doğal kaynaklarının sınırlı olması, enerji üretiminde yüksek miktarda CO₂ salımı ve sera gazı emisyonlarının oluşması, yeni konut üretimi ve mevcut yapılarının yenilenmesinin yapım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle konutların çok boyutlu maliyet etkin tasarlanması büyük önem taşımaktadır. Bina tasarımında erken tasarım aşamalarından başlayarak her bir bileşenin enerji verimli olması, çevresel etkilerinin az olması ve ekonomik olması önem teşkil etmektedir.

Bina bileşenleri içinden en önemli konulardan biri de yapı kabuğunu oluşturan dış duvarlar olmuştur. Dış duvar yapılı çevrede en fazla yüzey alanına sahip olan tasarım bileşeni olarak önem teşkil etmektedir. Cephe sistemlerinde değişen malzeme ve teknoloji uygulamalarıyla beraber üretim süreçleri incelenmekte ve değişimler ortaya konmaktadır. Ankara'da devlet ve özel kurumlar aracılığıyla yapılan toplu konut projelerinin kronolojik olarak cephe analizi yapılmış, konut cephelerinde enerji, çevresel etki, maliyet kriterleri tartışılmaktadır. Bu bağlamda projelerde uygulanan cephe sistem detaylarından farklı tipler belirlenerek bu tipler belirlenen kriterlere göre analiz edilmiş ve karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırma esnasında maliyet, enerji tüketimi, çevresel etki parametreleri kullanılarak cephe sistemlerindeki gelişim ortaya konmaktadır.

Yapı sektörü yaşam döngüsü boyunca enerji tüketir. Enerji tüketiminde büyük paya sahip olan binalar göz önüne alındığında ise sıtma ve soğutma, elektrikli ev aletleri, aydınlatma gibi ihtiyaçlarla karşılaşılmaktadır. Enerji tüketiminin azaltılmasında ise bina tasarım kararları ve kullanılan yapı malzemeleri önemli pasif önlemlerdir. Bu noktada bina tasarımında yüzey alanı en büyük olan dış duvar kararların ve değişen malzemelerin binaların enerji tüketimine etkilerini tespit etmek önem teşkil etmektedir.

Yapı sektörünün doğada neden olduğu karbon emisyonları değerleri artış gösterirken kaynaklar tükenmekte ve çevresel tehditler artmaktadır. Bu yüzden yaşam döngüsü değerlendirmesi analizleri ile tasarım sürecinden itibaren yapının ömrü boyunca çevresel etkilerini azaltmak yapı sektörü için önem kazanmıştır.

Sadece barınak ya da sığınılacak yer olmasının ötesinde ülke genelinde ekonomik, sosyal ve siyasal süreçlere yön verebilecek bir yerleşke olan konut üretiminde en temelde tasarım sürecinde alınan kararların etkisi oldukça fazladır. Konut ihtiyacının fazla olduğu ülkemizde konut üretimi, çevresi, planlaması, inşası, fiyat unsuru ile başlı başına değerlendirilmesi gereken bir problem alanıdır. Bu nedenle konut üretiminde maliyet etkinliği konusu önem teşkil etmektedir.

Türkiye’de toplu konut yapılarının dış duvarlarının çok boyutlu değerlendirmesinin yapıldığı bu tez kapsamında, alan çalışması sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda, toplu konut yapılarının dış duvarlarında en çok kullanılan yapım yöntemleri ve yapı malzemeleri tespit edilmiş öncelikli olarak yeni toplu konut yapılarında kullanılan mevcut dış duvar detaylarının tespit edilebilmesi için 10 projenin cephe sistemleri incelenmiş ve incelenen sistemlerden 9 farklı tip detay elde edilmiştir.

Elde edilen mimari proje ve ısı yalıtım projeleri incelendiğinde dış duvarların yapımında örme duvar sisteminin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu sistemle yapılan duvarlarda gövde malzemesi olarak tuğla, bims ya da gaz beton kullanıldığı, ısı yalıtımı için en fazla XPS, EPS ve taş yünü ısı yalıtım malzemelerinin tercih edildiği görülmüştür. Duvar dış kaplama malzemesi olarak en fazla dış sıva ve boya tercih edilirken, bunun yanı sıra porselen kaplamalar ve fibercement kaplamaların kullanıldığı tespit edilmiştir. İç kaplama malzemesi olarak ise genellikle iç sıva, alçı sıva ve boya uygulandığı, nadiren de alçı panel kaplamaların tercih edildiği tespit edilmiştir.

Mevcut durum analizinden sonraki adımda çok boyutlu değerlendirme kapsamında; cephe sistemlerinin yapımına, performans kriterlerine, maliyetine, fiziksel özelliklerine göre maliyet, çevresel etki, enerji tüketimi kriterleri belirlenerek analiz yapılmıştır. Her kriter için alternatif tip detaylar üzerinden ayrı hesaplamalarla elde edilen sonuçların ağırlıkları çıkarılmıştır.

Enerji tüketimi hesaplamalarına göre bims blok malzemesi kullanımı ile uygulanan tip detaylar en yüksek ağırlık değerine sahip iken, tuğla kullanımındaki enerji tüketimi değeri yüksek olduğu için alternatif ağırlığı minimum çıkmıştır. Gazbeton malzeme kullanımında açığa çıkan ağırlık değeri bims bloğa göre düşük olmakla beraber aradaki fark azdır.

Çevresel etki kriterine göre değerlendirilen alternatif detay sonuçlarında çekirdek malzemesi ve dış kaplama malzemesi değişkenlerine göre farklılaşmalar oluşmuştur. Buna göre çekirdek malzemesi ele alındığında bims blok kullanımı en ideal iken tuğla kullanımında çevresel etki değerleri en fazla olduğu için tuğla kullanılan alternatif tip detayların ağırlıkları en düşük çıkmıştır. Dış kaplama malzemesi değişkenlerine göre ise boya ile elde edilen alternatif detayın çevresel etki değerleri minimum iken fibercement kullanımında çevresel etkiler en fazla çıkmıştır.

Maliyet değerlerine göre kıyaslama yapıldığında çekirdek malzemelerinden gazbeton yapı malzemesi ile elde edilen alternatif detayın en ideal olduğu, tuğla kullanımında maliyet değerinin en yüksek çıktığı görülmüştür. Dış kaplama malzemelerinde ise boyanın en ekonomik malzeme olduğu tespit edilmiştir.

Her kriter için ayrı değerlendirmeler yapıldıktan sonra 3 kriter için ortak değerlendirme yapabilmek için uzman görüşleri alınarak kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Analiz aşamasında ortaya çıkan değerler ile uzman görüşlerinden elde edilen ağırlıklar AHP yöntemi kullanılarak birleştirilmiş ve her üç kriteri de içeren tip detay sıralaması elde edilmiştir.

Enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet kriterlerinin çok boyutlu değerlendirmesi sonucuna göre maliyet, çevresel etki ve enerji tüketimi açısından en ideal olan tip detay bims duvar bloğu kullanılarak üretilen ve dış kaplamasında boya malzemesi kullanılan tip detaydır. Katmanlar özelinde duvar çekirdek malzemelerine bakıldığında bims kullanımını ideal çıkarken, dış cephe kaplamalarına göre ise boya malzemesi kullanımı ideal çıkmıştır. Buradan hareketle çalışmadan çıkan sonuçlara göre Ankara ili içerisinde yapılacak toplu konut projelerinin cephe sistemlerinde enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet kriterlerine göre ideal olacak malzeme ve sistem kararı bims duvar bloğu ve boya malzemesi olarak ortaya çıkmaktadır.

Binalarda yapı kabuğunun malzemesi için alınan kararlar kullanıcılar için maksimum konfor şartlarını sağlarken, aynı zamanda enerji ve kaynakların da etkin kullanılması gerekmektedir. Konut sektöründe yapılan iyileştirmeler arasında enerji tüketimini, maliyeti ve gömülü enerjiyi azaltmaya yönelik çalışmalar oldukça önemlidir. Bu çalışma, bir toplu konut projesinde yapı malzemeleri ile enerji verimliliği, çevresel etki ve maliyet konularına katkı sağlamaktadır.

Tez çalışması kapsamında dış duvarlarda kullanılan alternatif yapı malzemeleri enerji tüketimi, çevresel etki ve maliyet kriterleri yönlerinden çok boyutlu olarak değerlendirilmektedir. Bu yöntemin her bir bina bileşeni için kullanılabilirliği söz konusu olduğundan bina yapımında malzeme seçiminde farklı değişkenler doğrultusunda değerlendirmeler yapılabileceği ön görülmektedir. Kullanılabilecek diğer çok kriterli karar verme yöntemleri ile daha kapsamlı benzer çalışmalar gelecek çalışmalara olumlu etkiler yapacaktır. Gelecek çalışmalarda performans kriterleri gibi farklı boyutlar eklenerek veya farklı değerlendirme teknikleri kullanılarak çalışma yapılabilir. Günümüz şartlarında yapı stoğuna katkı sağlayacak deneysel çalışmalar yapılabilir. Bir bölge belirlenerek o bölgedeki tüm malzemelere yönelik araştırmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Aksel, H. ve Eren, Ö. (2014). *Life Cycle Assessment (LCA) in Buildings and Environmental Assessment of Structural Steel's End of Life Options*. Proceedings of the 4TH International Conference Advanced Construction, Lithuania, 9-10.
- Akyazıcı, B. (2019). *Teknolojinin Konut Mekan Tasarımına Etkisi ve Akıllı Evler; İstanbul Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Işık Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Alabi, B. ve Fapohunda, J. (2013). Effects of Increase in the Cost of Building Materials on the Delivery of Affordable Housing in South Africa. *Sustainability*. 13(4), 1772.
- Altun, M., Akgül, M. ve Akçamete, A. (2020). Effect of envelope insulation on building heating energy requirement, cost and carbon footprint from a life-cycle perspective. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(1), 147-163.
- Annageldiyev, D. (2019). *Toplu Konut Cephelelerindeki Değişimin Görsel Etki Açısından Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Attia, S. (2018). *Net Zero Energy Buildings (NZEB) Concepts, Frameworks and Roadmap for Project Analysis and Implementation*. Butterworth-Heinemann, 155-187.
- Avan, Ç., Yıldız, H. ve Avan, E. (2021) Tuğla, Bims ve Gazbetonun Isıl Verimlilik ve Maliyet Açısından Karşılaştırılması. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 4(2), 59-63.
- Aydın, B. (2015). *Toplu Konutlarda Cephe Kaplamaları Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aydın, M., Ş. (2020). *Bina Bilgi Modellemesi Yoluyla Dış Duvar Enerji Performans Değerlendirmesi: Erzincan'da Bir Konut Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzincan.
- Ballıca, Y. (2020). *Savunma Sanayi Projelerinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi Kullanılarak Önceliklendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Bayram, S., Öcal, E., Laptalı Oral, E. ve Atış, D. (2016). Yapım Maliyeti Tahmininde Birim Fiyat Yöntemi – Yapı Yaklaşık Maliyetleri Kıyaslaması. *Politeknik Dergisi*, 19(2), 175-183.
- Belany, P., Hrabovsky, P. ve Kolkova, Z. (2021). Combination of lighting retrofit and life cycle cost analysis for energy efficiency improvement in buildings. *Energy Reports*, 7, 2470-2483.
- Brock, L. (2005). *Designing the Exterior Wall. An Architectural Guide to the Vertical Envelope*. New Jersey: John Wiley & Sons, 260-270.
- Brookes, A. (1998). *Cladding of Buildings*. (3. Baskı) London: Taylor & Francis, 141-173.

- Candan, N. (2007). *Isı Yalıtım Sistemleri Ve Özelliklerinin Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Cengizkan, A. (2000). Kültür Nesnesi Olarak Konut ve Politik Aktörlerin Arka Bahçesi Olarak Konut Üretimi. *XXI Mimarlık Kültürü Dergisi, Mimarlık 345*, 25-27.
- Chena, J., Qiu, Q., Han, B. ve Y., Lau, D. (2019) Piezoelectric materials for sustainable building structures: Fundamentals and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 14-25.
- Ching, F. Ve Adams, C. (2013). *Çizimlerle Bina Yapım Rehberi*. (T. S. Tağmat Çev.). İstanbul : Yem Yayınları, 300-305.
- Çıkkış, T. (2007). *The Evolution And Change Of Building Facades: A Research For Developing Alternative Composite Surface Materials*. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Teknoloji Üniversitesi, İzmir.
- Dağdeviren, M., Akay, D. ve Kurt, M. (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), 131-138.
- Demchak, G., Dzambazova, T. ve Krygiel, E. (2009). *Introducing Revit architecture 2009: BIM for beginners*. John Wiley and Sons, 24-26.
- Deniz, Ö. ve Ekinçi, S. (2018). A Decision-Making Process for Selecting Building Envelope Assemblies. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 15(3), 549-555.
- Diker, B. ve Yazıcıoğlu, F. (2020). A research on straw bale and traditional external wall systems: Energy and cost-efficiency analysis. *ITU*, 17(1), 95-103.
- Dikici, A. ve Kocagül, M. (2019). Isı Yalıtımında Kullanılan Eps, Xps Ve Taş Yünü İzolasyon Malzemelerinin Deneysel Olarak Karşılaştırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilgisi Dergisi*, 31(1), 129-136.
- Ertürk, M., Keçebaş, A., Daşdemir, A. ve Kurt, H. (2016). *Isıtma Ve Soğutma Uygulamalarında Optimum Yalıtım Kalınlığı Ve Enerji Tasarrufu Analizi*. 10th International Clean Energy Symposium, İstanbul, 496-506.
- Friess, W.A., Rakhshan, K., Hendawi, T.A. ve Tajerzadeh, S. (2012). Wall insulation measures for residential villas in Dubai: A case study in energy efficiency, *Energy and Buildings*, 44, 26-32.
- Ganiyu, B. (2016). *Strategy to Enhance Sustainability in Affordable Housing Construction in South Africa*. Doktora Tezi, Cape Peninsula University of Technology, Cape Town.
- Gökgöz, B., İlerisoy, Z. ve Soyluk, A. (2020). Acil Durum Toplanma Alanlarının AHP Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 19, 935-945.
- Giuda, G., Giana, P., Maserati, G., Seghezzi, E. ve Villa, V. (2019). *A Bim-Based Approach To Façade Cladding Optimization: Geometrical, Economic And Production Control In A Dfma Perspective*. 2019 European Conference on Computing in Construction Chania, Crete, Greece, 324-330.

- Güğü, G.N. ve Köksal, M.A. (2019). Economic evaluation of the methods used to reduce energy consumption of a single detached house. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34(1). 215-234.
- Gümü, Y. (2011). *İstanbul'da Bir Toplu Konut Örneğinde Isıtma ve Soğutma Enerjisi Etkinliğinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Uygulama Çalışması*. Yüksek Lisans Tezi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gürü, M. ve Yalçın, H. (2006). *Malzeme Bilgisi*. Ankara: Palme Yayıncılık, 263.
- Hess-Kosa, K. (2017). *Building materials : product emission and combustion health hazards*. Boca Raton, Florida: CRC Press, 205-228.
- Holt, S. (2016). *Life-cycle analysis of a cement manufacturing plant co-firing hazardous waste in the USA*. Yüksek Lisans Tezi, University of South Carolina, Güney Karolina.
- Huang, Y. ve Niu, J. (2016). Optimal building envelope design based on simulated performance: History, current status and new potentials. *Energy and Buildings*, 117, 387–398.
- Huntzinger, D., N. ve Eatmon, N., T. (2009) A life-cycle assessment of Portland cement manufacturing: comparing the traditional process with alternative Technologies. *Journal of Cleaner Production*, 17(7), 668-675.
- İnternet: Ahşap Karkas. (2022). Web: <https://www.ahsapkarkas.com/faaliyet-alanlari/ahsap-karkas-yapilar/> Son Erişim Tarihi: 03.06.2022.
- İnternet: Akustik Panel. (2022). Web: <https://www.sesyalitimmalzemesi.com/akustik-panel-kaplama.html> Son Erişim Tarihi: 03.06.2022.
- İnternet: Ance Kaplama. (2022). Web: <https://www.ancealuminyum.com/urunler/seramik-kaplama-cephe-sistemleri> Son Erişim Tarihi: 05.06.2022.
- İnternet: Atacama Taşı. (2022). Web: <https://tasduvarpanelleri.com/atacama-kultur-tasimarron/> Son Erişim Tarihi: 05.06.2022.
- İnternet: Aygün, M. ve Kuş, H. (2022). Web: https://web.itu.edu.tr/~kushu/ders%20notu/ders_notu_TR_2.htm Son Erişim Tarihi: 07.06.2022.
- İnternet: Bims. (2022). Web: <http://www.cavusoglubims.com.tr/tr/urunlerimiz/5/gecmeli-bims-blok.html> Son Erişim Tarihi: 18.05.2022.
- İnternet: Biltaş Yapı. (2022). Web: <http://www.biltasyapi.com.tr/dis-cephe-seramik-kaplama/> Son Erişim Tarihi: 14.06.2022.
- İnternet: Bina Sektörü Enerji Verimliliği Teknoloji Atlası. (2021). Web: https://webdosya.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/icerikler/atlas_ocak_small-540.pdf Son Erişim Tarihi: 20.05.2022.
- İnternet: Binalar ve İnşaat için Küresel İttifak. (2019). Uluslararası Enerji Ajansı ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı. Web: <https://www.arkitera.com/haber/globalabc-2021-kuresel-durum-raporu/> Son Erişim Tarihi: 30.04.2022.

- İnternet: Calin., A. (2022), Web: https://academia.edu/39876500/Curtain_Wall_Systems Son Erişim Tarihi: 30.04.2022.
- İnternet: Demircan, E. (2017). Ahşap Malzeme ve Ahşap İskelet Sistemi. Web: https://www.academia.edu/41819041/Ah%C5%9Fap_Malzeme_ve_Ah%C5%9Fap_%C4%B0skelet_Sistemi Son Erişim Tarihi: 15.05.2022
- İnternet: Döşeme Dikmeleri. (2022). Web: <http://kahramansacmetal.com/urunler/doseme-dikmeleri/> Son Erişim Tarihi:15.05.2022.
- İnternet: Duvar Kağıdı. (2022). Web: <https://www.ozenduvarkagidi.com.tr/indigo-duvar-kagidi-34> Son Erişim Tarihi: 18.06.2022.
- İnternet: Elif Prefabrik. (2022). Web: <https://www.elifprefabrik.com/prefabrik-duvar-sistemleri/> Son Erişim Tarihi: 18.06.2022.
- İnternet: ETKB. (2016). *Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımının Türkiye Ortamı Ve Koşullarına Uyarlama Raporu*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Web: [https://webdosya.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/ustmenu/ustmenu837 .pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/meslekihizmetler/ustmenu/ustmenu837.pdf) Son Erişim Tarihi: 11.04.2022.
- İnternet: Filli Boya Dış Cephe Renk Kartelası. (2022). Web: <https://www.boyaciustasiyim.com/filli-boya-dis-cephe-renk-kartelası-2021/>.html Son Erişim Tarihi: 18.06.2022.
- İnternet: FSM E Board. (2022). Web: https://fsmistanbul.com/files/tr/e-board/E-Board_Teknik.pdf Son Erişim Tarihi: 16.06.2022.
- İnternet: Gazbeton. (2022). Web: <https://www.aykutozdemir.com.tr/insaat/gazbeton.html> Son Erişim Tarihi: 16.06.2022.
- İnternet: İglo Katalog. Web: <http://www.iglo.com.tr/gecmisten-gunumuze-dis-cephe-kaplamalarinin-gelisimi/> Son Erişim Tarihi: 16.06.2022.
- İnternet: İmex Dekorasyon. (2022). Web: <http://www.imexdekorasyon.com/ic-ve-dis-boya/hizmetlerimiz/hazir-siva/> Son Erişim Tarihi: 17.06.2022.
- İnternet: Koster. (2022). Web: <https://koster.com.tr/dekor-siva/> Son Erişim Tarihi: 14.06.2022.
- İnternet: Küçüközdemir, G. (2019). *Cephe Kimliğine, Mimari Tasarımın Bir Parçası Olarak Güneşin Etkisi*. Web: http://catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri_19.pdf Son Erişim Tarihi: 05.03.2022.
- İnternet: MGM. (2022). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. İklimsel Veriler. Web: <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx> Son Erişim Tarihi: 13.06.2022.
- İnternet: Orhon, A. V. (2013). *Akıllı Yapı Kabukları*. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. Web: <http://mmoteskon.org/wp-content/uploads/2014/09/2013-96.pdf> Son Erişim Tarihi: 12.05.2022.

- İnternet: Özden, P. *Sosyal Politika Bağlamında Türkiye’de Sosyal Konut Kavramına Bir Bakış*. Web: <https://www.academia.edu/> Son Erişim Tarihi: 22.04.2022.
- İnternet: Toki. (2022). Web: Toki.gov.tr Son Erişim Tarihi: 13.05.2022.
- İnternet: Ukhaş. (2022). Web: <http://www.ukhas.com.tr/silikon-giydirme-cephe-sistemleri.html> Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.
- İnternet: Üç Gri Beton Blok. (2022). Web: <https://www.pngwing.com/tr/free-png-bsnvh> Son Erişim Tarihi: 15.06.2022.
- İnternet: Yade Alüminyum. (2022). Web: <http://www.yadealuminyum.com/cephe-sistemleri/dis-cephe-seramik-kaplama/> Son Erişim Tarihi: 14.06.2022.
- İnternet: Yapı Kataloğu. (2022). Web: https://www.yapikatalogu.com/kaba-yapi/tugla/kudret-tugla-hafif-yigma-tugla_26863 Son Erişim Tarihi: 11.05.2022.
- İlerisoy, Z. (2014) *Betonarme Konut Projelerinde “Form-Yükseklik-Maliyet” İrdelemesi Ve Optimal Formun Belirlenmesi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- İlerisoy, Z., Gökgöz, B. ve Soyluk, A. (2022). Selection of Emergency Shelter Areas Using Multi-Criteria Decision-Making Techniques: An Assessment of the Case of Erciş-Van, Turkey. *Periodica Polytechnica Architecture*, 53(1), 23–34.
- Jenua, S., Deviatkin, I., Hentunen, A., Myllysilta, M., Viik, S. ve Pihlatie, M. (2020). Reducing the climate change impacts of lithium-ion batteries by their cautious management through integration of stress factors and life cycle assessment. *Journal of Energy Storage*, 27, 1-15.
- Jin, H.ve Ling, W. (2015). External wall structure of green rural houses in Daqing, China, based on life cycle and ecological footprint theories. *Frontiers for Architectural Research*, 4(3), 212-219.
- Knaack, U., Klein, T., Bilow, M. ve Auer, T. (2014). *Facade Principle of Construction*. Germany: Birkhäuser Verlag GmbH, 14-16.
- Kuş, H., Edis, E. ve Özkan, E. (2008). *Comparative Environmental Assessment Of Masonry Wall Units Regarding Manufacturing Process*. Conference: The World Sustainable Building Conference (SB08), Melbourne, 278-289.
- Lang, H., K. (2004). *Facade Construction Manual*. Germany. Steffi Lenzen, Dipl.-Ing. Architect, 8-9.
- Marvan, M. (2020). The effect of wall material on energy cost reduction in building, *Case Studies in Thermal Engineering*, Volume 17. 100573.
- Masia, R., Festaa, V., Giuseppe, S. ve Vanolib, P. (2021). Environmentally friendly opaque ventilated façade for wall retrofit: One year of in-field analysis in Mediterranean climate. *Solar Energy*, 228, 495-515.

- Morsali, S. (2016). Emissions from Portland Cement Production Using Life Cycle Assessment Inventory and Method. *Environmental and Energy Economics*, 1(1), 1-8.
- Mulyani, R., Kholidasari, İ. ve Wardi. (2017). The Impact Of Building Orientation On Energy Use: A Case Study In Bung Hatta University, Indonesia. *International Journal of Real Estate Studies*, 11(1), 43-48.
- Nashed. F. (1996). *Time Saver Details For Exterior Wall Design*. New York: McGraw-Hill.
- Özcan, N. (2018). Nitel Araştırma Yöntemlerinden İz Sürme (Tracer) ve Kan Transfüzyonu Sürecinde Bir Uygulama Örneği. *Sağlık Hizmetleri ve Eğitimi Dergisi*, 2 (2), 58-65.
- Özmaden, M. (2020). *Konut Yapılarının Maliyet Tahmininde Kullanılan Yöntemlerin Performans Analizi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özsoy, A. (2011). Toplu Konut Uygulamalarının Gelişimi-Bir Değerlendirme. *Eko Yapı Dergisi*, 3, 42-46.
- Palaz, H. ve Kovancı, A. (2008). Türk Deniz Kuvvetleri Denizaltılarının Seçiminin AHP ile Değerlendirilmesi. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 3(3), 53-60.
- Planas, C., Cuerva, E. ve Alavedra, P. (2018). Effects of the type of facade on the energy performance of office buildings representative of the city of Barcelona. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 3325-3334.
- Rahla, K.M., Mateus, R. ve Bragança, L. (2021). Selection Criteria for Building Materials and Components in Line with the Circular Economy Principles in the Built Environment-A Review of Current Trends. *Infrastructure*, 6(4), 49.
- Rosen, H. ve Heineman, T. (1996). *Architectural Materials for Construction*. New York: McGraw-Hill, 320-325.
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Saaty, T. ve Kearns, K. (2011). *Analytical planning the organization of systems*. Pergamon Press, 55-62.
- Saaty, T. ve Vargas, L. (2001). *Models, Methods, Concepts & Applications of the An*, Springer Science+Business Media, LLC, 23-40.
- Sarıçalı, G. (2018). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Emira-M Ve Copras Yöntemlerinin Mermer İşletmesinde Makine Seçim Sürecine Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Shin, B. ve Kim, S. (2022). CO₂ emission and construction cost reduction effect in cases of recycled aggregate utilized for nonstructural building materials in South Korea. *Journal of Cleaner Production*, 360, 131962.
- Sung, D. (2016). A New Look at Building Facades as Infrastructure. *Engineering*, 2(1), 63-68.

- Syngros, G., Balaras, C. ve Koubogiannis, G. (2017). Embodied CO2 Emissions in Building Construction Materials of Hellenic Dwellings. *Procedia Environmental Sciences*, 38, 500-508.
- Toydemir, N., Gürdal E. ve Tanaçan L. (2000). *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*. İstanbul: Literatür Yayıncılık. 220-240.
- Tuna Taygun, G. (2005). *Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Bir Model Önerisi*. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taygun G. T. ve Balanlı A (2005). Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Yapı Ürünü-Çevre Etkileşimi. *Megaron*, 1(1), 40-50.
- Türkçü, H. Ç. (2010). *Yapım İlkeler-Malzemeler-Yöntemler-Çözümler*. İstanbul: Birsen Yayınevi, 106-130.
- Uslusoy Şenyurt, S. (2018). *Ofis Yapıları İçin Yapı Kabuğu Tasarım Parametrelerinin Enerji Tüketimine Etkisini Belirlemede Kullanılabilecek Bir Yaklaşım*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Uşma, G. (2018). Geleneksel Van Evlerinin Cephe Özellikleri ve Tipolojisi Üzerine Bir İnceleme. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(1), 1-16.
- Ünsal, B. (2012). *Bir Toki Konut Örneğinde Isıtma ve Soğutma Enerji Yüklerinin Farklı İklim Bölgelerine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldırım, H. (2012). *TOKİ'nin Sosyal Konut ve Lüks Konut Projelerinin Değerlendirilmesi: Ankara Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, Y. ve Yılmaz, Ç. (2019). Life cycle cost optimization of building facade: A social housing case. *Indoor and Built Environment*, 30(2), 215-228.
- Yüksek, İ. (2015). The Evaluation of Building Materials in Terms of Energy Efficiency. *Periodica Polytechnica, Civil Engineering*, 59(1), 45-58.

EKLER

Ek-1. Çizelgeler

Çizelge 1.1. Dış Cephe Kaplaması Boya Olan Tip Detayların Metraj-Keşif Özeti Tablosu

Tip Detay Kesitleri	Yapı elemanları	Yapı Elemanı Poz	Kalınlığı L (m)	Malzeme Kullanılan Alan	Birimi	Metraj	Birim Maliyeti	Malzeme Maliyeti
Tip BT	Silikon Esaslı Su Bazlı Dış Cephe Boyası	10,300,1012		199,4 m2	kg	199,4	15,40	3070,76
	Sentetik Boya Macunu	10,300,1204	0,02	199,4 m2	kg	199,4	10,00	1994,00
	Dış Cephe Sıvası	15,275,1101	0,02	199,4 m2	m2	199,4	56,86	11337,88
	Yatay Delikli TSE-EN 711-1 Tuğla	15,220,1201	0,2	125,8 m2	m2	125,8	82,09	10326,92
	İç Sıva	15,275,1102	0,02	199,4 m2	m2	199,4	51,23	10215,26
	6 cm EPS Yalıtım	15,335,1104	0,6	199,4 m2	m2	199,4	88,78	17702,73
	İç Cephe Sıvası	15,275,1102	0,02	199,4 m2	m2	199,4	51,23	10215,26
	Su Bazlı Yarı Mat İç Cephe Boyası	10,300,1003		199,4 m2	kg	199,4	9,50	1894,30
							Toplam	66757,12
Tip BG	Silikon Esaslı Su Bazlı Dış Cephe Boyası	10,300,1012		199,4 m2	kg	199,4	15,40	3070,76
	Sentetik Boya Macunu	10,300,1204	0,02	199,4 m2	kg	199,4	10,00	1994,00
	Dış Cephe Sıvası	15,275,1101	0,02	199,4 m2	m2	199,4	56,86	11337,88
	20 cm kalınlıkta teçhizatsız Gazbeton	10,130,2511	0,2	125,8 m2	m2	125,8	43,80	5510,04
	İç Sıva	15,275,1102	0,02	199,4 m2	m2	199,4	51,23	10215,26
	6 cm EPS Yalıtım	15,335,1104	0,6	199,4 m2	m2	199,4	88,78	17702,73
	İç Cephe Sıvası	15,275,1102	0,02	199,4 m2	m2	199,4	51,23	10215,26
	Su Bazlı Yarı Mat İç Cephe Boyası	10,300,1003		199,4 m2	kg	199,4	9,50	1894,30
							Toplam	61940,24
Tip BB	Silikon Esaslı Su Bazlı Dış Cephe Boyası	10,300,1012		199,4 m2	kg	199,4	15,40	3070,76
	Sentetik Boya Macunu	10,300,1204	0,02	199,4 m2	kg	199,4	10,00	1994,00
	Dış Cephe Sıvası	15,275,1101	0,02	199,4 m2	m2	199,4	56,86	11337,88
	19 cm kalınlıkta BİMS Duvar Bloğu	10,130,2906	0,19	125,8 m2	m2	125,8	15,75	1981,35
	İç Sıva	15,275,1102	0,02	199,4 m2	m2	199,4	51,23	10215,26
	6 cm EPS Yalıtım	15,335,1104	0,6	199,4 m2	m2	199,4	88,78	17702,73
	İç Cephe Sıvası	15,275,1102	0,02	199,4 m2	m2	199,4	51,23	10215,26
	Su Bazlı Yarı Mat İç Cephe Boyası	10,300,1003		199,4 m2	kg	199,4	9,50	1894,30
							Toplam	58411,55

Ek-1. (devamı) Çizelgeler

Çizelge 1.2. Dış Cephe Kaplaması Porselen Cephe Kaplaması Olan Tip Detayların Metraj-Keşif Özet Tablosu

Tip Detay Kesitleri	Yapı elemanları	Yapı Elemanı Poz	Kalınlığı L (m)	Malzeme Kullanılan Alan	Birimi	Metraj	Birim Maliyeti	Malzeme Maliyeti
Tip PT	Porselen Cephe Kaplaması	15,385,1030		199,4 m2	m2	199,4	95,49	19040,71
	6 cm EPS Yalıtım	11,335,1104	0,6	199,4 m2	m2	199,4	88,78	17702,73
	Dış Cephe Sıvası	15,275,1101	0,02	199,4 m2	m2	199,4	56,86	11337,88
	Yatay Delikli TSE-EN 711-1 Tuğla	10,130,2004	0,2	125,8 m2	m2	125,8	82,09	10326,92
	İç Cephe Sıvası	15,275,1102	0,02	199,4 m2	m2	199,4	51,23	10215,26
	Su Bazlı Yarı Mat İç Cephe Boyası	10,300,1003		199,4 m2	kg	199,4	9,50	1894,30
							Toplam	70517,81
Tip PG	Porselen Cephe Kaplaması	15,385,1030		199,4 m2	m2	199,4	95,49	19040,71
	6 cm EPS Yalıtım	11,335,1104	0,6	199,4 m2	m2	199,4	88,78	17702,73
	Dış Cephe Sıvası	15,275,1101	0,02	199,4 m2	m2	199,4	56,86	11337,88
	20 cm kalınlıkta teçhizatsız Gazbeton	10,130,2511	0,2	125,8 m2	m2	125,8	43,80	5510,04
	İç Cephe Sıvası	15,275,1102	0,02	199,4 m2	m2	199,4	51,23	10215,26
	Su Bazlı Yarı Mat İç Cephe Boyası	10,300,1003		199,4 m2	kg	199,4	9,50	1894,30
							Toplam	65700,92
Tip PB	Porselen Cephe Kaplaması	15,385,1030		199,4 m2	m2	199,4	95,49	19040,71
	6 cm EPS Yalıtım	11,335,1104	0,6	199,4 m2	m2	199,4	88,78	17702,73
	Dış Cephe Sıvası	15,275,1101	0,02	199,4 m2	m2	199,4	56,86	11337,88
	19 cm kalınlıkta BİMS Duvar Bloğu	10,130,2906	0,19	125,8 m2	m2	125,8	15,75	1981,35
	İç Cephe Sıvası	15,275,1102	0,02	199,4 m2	m2	199,4	51,23	10215,26
	Su Bazlı Yarı Mat İç Cephe Boyası	10,300,1003		199,4 m2	kg	199,4	9,50	1894,30
							Toplam	62172,23

Ek-1. (devamı) Çizelgeler

Çizelge 1.3. Dış Cephe Kaplaması Fibercement Cephe Kaplaması Olan Tip Detayların Metraj-Keşif Özet Tablosu

Tip Detay Kesitleri	Yapı elemanları	Yapı Elemanı Poz	Kalınlığı L (m)	Malzeme Kullanılan Alan	Birimi	Metraj	Birim Maliyeti	Malzeme Maliyeti
Tip FT	Akrilik Esaslı Boya	10,300,1011		199,4 m2	kg	199,4	17,80	3549,32
	Fibercement Cephe Kaplaması	10,240,8108	0,02	199,4 m2	m2	199,4	63,00	12562,20
	6 cm EPS Yalıtım	11,335,1104	0,6	199,4 m2	m2	199,4	88,78	17702,73
	Dış Cephe Sıvası	15,275,1101	0,02	199,4 m2	m2	199,4	56,86	11337,88
	Yatay Delikli TSE-EN 711-1 Tuğla	10,130,2004	0,2	125,8 m2	m2	125,8	82,09	10326,92
	İç Cephe Sıvası	15,275,1102	0,02	199,4 m2	m2	199,4	51,23	10215,26
	Su Bazlı Yarı Mat İç Cephe Boyası	10,300,1003		199,4 m2	kg	199,4	9,50	1894,30
							Toplam	67588,62
Tip FG	Akrilik Esaslı Boya	10,300,1011		199,4 m2	kg	199,4	17,80	3549,32
	Fibercement Cephe Kaplaması	10,240,8108	0,02	199,4 m2	m2	199,4	63,00	12562,20
	6 cm EPS Yalıtım	11,335,1104	0,6	199,4 m2	m2	199,4	88,78	17702,73
	Dış Cephe Sıvası	15,275,1101	0,02	199,4 m2	m2	199,4	56,86	11337,88
	20 cm kalınlıkta teçhizatsız Gazbeton	10,130,2511	0,2	125,8 m2	m2	125,8	43,80	5510,04
	İç Cephe Sıvası	15,275,1102	0,02	199,4 m2	m2	199,4	51,23	10215,26
	Su Bazlı Yarı Mat İç Cephe Boyası	10,300,1003		199,4 m2	kg	199,4	9,50	1894,30
							Toplam	62771,74
Tip FB	Akrilik Esaslı Boya	10,300,1011		199,4 m2	kg	199,4	17,80	3549,32
	Fibercement Cephe Kaplaması	10,240,8108	0,02	199,4 m2	m2	199,4	63,00	12562,20
	6 cm EPS Yalıtım	11,335,1104	0,6	199,4 m2	m2	199,4	88,78	17702,73
	Dış Cephe Sıvası	15,275,1101	0,02	199,4 m2	m2	199,4	56,86	11337,88
	19 cm kalınlıkta BİMS Duvar Bloğu	10,130,2906	0,2	125,8 m2	m2	125,8	15,75	1981,35
	İç Cephe Sıvası	15,275,1102	0,02	199,4 m2	m2	199,4	51,23	10215,26
	Su Bazlı Yarı Mat İç Cephe Boyası	10,300,1003		199,4 m2	kg	199,4	9,50	1894,30
							Toplam	59243,05

Ek-1. (devamı) Çizelgeler

Çizelge 1.4. Tip BT Detayına Ait Çevresel Etki Sonuç Tablosu

TİP BT							
Section	Result category	Global warming kg CO ₂ /sub>e	Acidification kg SO ₂ /sub>e	Eutrophication kg PO ₄ /sub>e	Ozone depletion potential kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ
A1-A3	Construction Materials	24885,12	65,01	14,5	0,00029	7,17	266065,9
A4	Transportation to site	235,42	1,07	0,23	0,000046	0,014	6687,17
A4	Transportation to site	235,42	1,07	0,23	0,000046	0,014	6687,17
A4-leg2	Transportation to site - leg 2						
A5	Construction/installation process						
B1-B5	Maintenance and material replacement						
B6	Energy use						
B7	Water use						
C1-C4	End of life	893,67	2,97	0,7	0,00016	0,095	21647,04
C1-C4	Deconstruction	893,67	2,97	0,7	0,00016	0,095	21647,04
D	External impacts (not included in totals)	-1418,19	-2,72	-0,8	-2,2E-05	-0,15	-14334,8
A5m - benefit	Construction site - material use - benefit						
A5-benefit	Construction site - material wastage - benefit	0	0	0	0	0	0
D	Installed Materials - benefit	-1418,19	-2,72	-0,8	-2,2E-05	-0,15	-14334,8
D2	Exported energy (not included in totals)						

Ek-1. (devamı) Çizelgeler

Çizelge 1.5. Tip BB Detayına Ait Çevresel Etki Sonuç Tablosu

TİP BB							
Section	Result category	Global warming kg CO ₂ /sub>e	Acidification kg SO ₂ /sub>e	Eutrophication kg PO ₄ /sub>e	Ozone depletion potential kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ
A1-A3	Construction Materials	11529,72	34,66	7,93	0,00042	2,6	94669,45
A4	Transportation to site	166,16	0,75	0,16	0,000033	0,01	4713,95
A4	Transportation to site	166,16	0,75	0,16	0,000033	0,01	4713,95
A4-leg2	Transportation to site - leg 2						
A5	Construction/installation process						
B1-B5	Maintenance and material replacement						
B6	Energy use						
B7	Water use						
C1-C4	End of life	438,73	1,64	0,37	0,000071	0,075	10366,57
C1-C4	Deconstruction	438,73	1,64	0,37	0,000071	0,075	10366,57
D	External impacts (not included in totals)	-979,71	-1,98	-0,65	-2,1E-05	-0,11	-6732,09
A5m-benefit	Construction site - material use - benefit						
A5-benefit	Construction site - material wastage - benefit	0	0	0	0	0	0
D	Installed Materials - benefit	-979,71	-1,98	-0,65	-2,1E-05	-0,11	-6732,09
D2	Exported energy (not included in totals)						

Ek-1. (devamı) Çizelgeler

Çizelge 1.6. Tip BG Detayına Ait Çevresel Etki Sonuç Tablosu

Tip BG							
Section	Result category	Global warming kg CO ₂ /sub>2</sub>e	Acidification kg SO ₂ /sub>2</sub>e	Eutrophication kg PO ₄ /sub>4</sub>e	Ozone depletion potential kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ
A1-A3	Construction Materials	14300,57	38,71	9,32	0,00058	5,02	133890,7
A4	Transportation to site	167,78	0,76	0,16	0,000033	0,01	4760,05
A4	Transportation to site	167,78	0,76	0,16	0,000033	0,01	4760,05
A4-leg2	Transportation to site - leg 2						
A5	Construction/installation process						
B1-B5	Maintenance and material replacement						
B6	Energy use						
B7	Water use						
C1-C4	End of life	440,65	1,66	0,37	0,000071	0,077	10406,67
C1-C4	Deconstruction	440,65	1,66	0,37	0,000071	0,077	10406,67
D	External impacts (not included in totals)	-849,44	-1,77	-0,61	-2,1E-05	-0,1	-4354,83
A5m-benefit	Construction site - material use - benefit						
A5-benefit	Construction site - material wastage - benefit	0	0	0	0	0	0
D	Installed Materials - benefit	-849,44	-1,77	-0,61	-2,1E-05	-0,1	-4354,83
D2	Exported energy (not included in totals)						

Ek-1. (devamı) Çizelgeler

Çizelge 1.7. Tip PT Detayına Ait Çevresel Etki Sonuç Tablosu

Tip PT							
Section	Result category	Global warming kg CO ₂ /sub>e	Acidification kg SO ₂ /sub>e	Eutrophication kg PO ₄ /sub>e	Ozone depletion potential kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ
A1-A3	Construction Materials	27034,42	68,88	15,19	0,00026	7,73	302007,4
A4	Transportation to site	245,29	1,12	0,24	0,000048	0,014	6976,89
A4	Transportation to site	245,29	1,12	0,24	0,000048	0,014	6976,89
A4-leg2	Transportation to site - leg 2						
A5	Construction/installation process						
B1-B5	Maintenance and material replacement						
B6	Energy use						
B7	Water use						
C1-C4	End of life	951,79	3,17	0,74	0,00017	0,1	23033,77
C1-C4	Deconstruction	951,79	3,17	0,74	0,00017	0,1	23033,77
D	External impacts (not included in totals)	-1475,38	-2,8	-0,81	-2,1E-05	-0,15	-15769,2
A5m-benefit	Construction site - material use - benefit						
A5-benefit	Construction site - material wastage - benefit	0	0	0	0	0	0
D	Installed Materials - benefit	-1475,38	-2,8	-0,81	-2,1E-05	-0,15	-15769,2
D2	Exported energy (not included in totals)						

Ek-1. (devamı) Çizelgeler

Çizelge 1.8. Tip PB Detayına Ait Çevresel Etki Sonuç Tablosu

Tip PB							
Section	Result category	Global warming kg CO ₂ /sub>2</sub>	Acidification kg SO ₂ /sub>2</sub>	Eutrophication kg PO ₄ /sub>4</sub>	Ozone depletion potential kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ
A1-A3	Construction Materials	11135,72	32,19	7,08	0,00038	2,28	95033,51
A4	Transportation to site	157,08	0,72	0,16	0,000031	0,0091	4465,99
A4	Transportation to site	157,08	0,72	0,16	0,000031	0,0091	4465,99
A4-leg2	Transportation to site - leg 2						
A5	Construction/installation process						
B1-B5	Maintenance and material replacement						
B6	Energy use						
B7	Water use						
C1-C4	End of life	439,64	1,65	0,37	0,000071	0,076	10386,48
C1-C4	Deconstruction	439,64	1,65	0,37	0,000071	0,076	10386,48
D	External impacts (not included in totals)	-991,17	-2	-0,66	-2,1E-05	-0,11	-6933,3
A5m-benefit	Construction site - material use - benefit						
A5-benefit	Construction site - material wastage - benefit	0	0	0	0	0	0
D	Installed Materials - benefit	-991,17	-2	-0,66	-2,1E-05	-0,11	-6933,3
D2	Exported energy (not included in totals)						

Ek-1. (devamı) Çizelgeler

Çizelge 1.9. Tip PG Detayına Ait Çevresel Etki Sonuç Tablosu

Tip PG							
Section	Result category	Global warming kg CO ₂ /sub>e	Acidification kg SO ₂ /sub>e	Eutrophication kg PO ₄ /sub>e	Ozone depletion potential kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ
A1-A3	Construction Materials	13906,57	36,24	8,47	0,00054	4,7	134254,7
A4	Transportation to site	158,7	0,73	0,16	0,000031	0,0092	4512,08
A4	Transportation to site	158,7	0,73	0,16	0,000031	0,0092	4512,08
A4-leg2	Transportation to site - leg 2						
A5	Construction/installation process						
B1-B5	Maintenance and material replacement						
B6	Energy use						
B7	Water use						
C1-C4	End of life	441,56	1,66	0,37	0,000071	0,077	10426,58
C1-C4	Deconstruction	441,56	1,66	0,37	0,000071	0,077	10426,58
D	External impacts (not included in totals)	-860,89	-1,79	-0,61	-2,1E-05	-0,1	-4556,04
A5m-benefit	Construction site - material use - benefit						
A5-benefit	Construction site - material wastage - benefit	0	0	0	0	0	0
D	Installed Materials - benefit	-860,89	-1,79	-0,61	-2,1E-05	-0,1	-4556,04
D2	Exported energy (not included in totals)						

Ek-1. (devamı) Çizelgeler

Çizelge 1.10. Tip FT Detayına Ait Çevresel Etki Sonuç Tablosu

Tip FT							
Section	Result category	Global warming kg CO ₂ /sub>e	Acidification kg SO ₂ /sub>e	Eutrophication kg PO ₄ /sub>e	Ozone depletion potential kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ
A1-A3	Construction Materials	69213,73	380,65	145,27	0,0038	25,65	992826,1
A4	Transportation to site	745,24	3,13	0,67	0,00014	0,057	20913,41
A4	Transportation to site	745,24	3,13	0,67	0,00014	0,057	20913,41
A4-leg2	Transportation to site - leg 2						
A5	Construction/installation process						
B1-B5	Maintenance and material replacement						
B6	Energy use						
B7	Water use						
C1-C4	End of life	1089,8	4,02	0,87	0,00017	0,19	25093,14
C1-C4	Deconstruction	1089,8	4,02	0,87	0,00017	0,19	25093,14
D	External impacts (not included in totals)	-1475,38	-2,8	-0,81	-2,1E-05	-0,15	-15769,2
A5m-benefit	Construction site - material use - benefit						
A5-benefit	Construction site - material wastage - benefit	0	0	0	0	0	0
D	Installed Materials - benefit	-1475,38	-2,8	-0,81	-2,1E-05	-0,15	-15769,2
D2	Exported energy (not included in totals)						

Ek-1. (devamı) Çizelgeler

Çizelge 1.11. Tip FB Detayına Ait Çevresel Etki Sonuç Tablosu

Tip FB							
Section	Result category	Global warming kg CO ₂ /sub>2</sub>e	Acidification kg SO ₂ /sub>2</sub>e	Eutrophication kg PO ₄ /sub>4</sub>e	Ozone depletion potential kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ
A1-A3	Construction Materials	52591,65	338,77	135,01	0,0039	19,9	773913,9
A4	Transportation to site	648,3	2,69	0,58	0,00013	0,051	18158,9
A4	Transportation to site	648,3	2,69	0,58	0,00013	0,051	18158,9
A4-leg2	Transportation to site - leg 2						
A5	Construction/installation process						
B1-B5	Maintenance and material replacement						
B6	Energy use						
B7	Water use						
C1-C4	End of life	574,95	2,48	0,49	0,000071	0,16	12405,42
C1-C4	Deconstruction	574,95	2,48	0,49	0,000071	0,16	12405,42
D	External impacts (not included in totals)	-991,17	-2	-0,66	-2,1E-05	-0,11	-6933,3
A5m-benefit	Construction site - material use - benefit						
A5-benefit	Construction site - material wastage - benefit	0	0	0	0	0	0
D	Installed Materials - benefit	-991,17	-2	-0,66	-2,1E-05	-0,11	-6933,3
D2	Exported energy (not included in totals)						

Ek-1. (devamı) Çizelgeler

Çizelge 1.12. Tip FG Detayına Ait Çevresel Etki Sonuç Tablosu

Tip FG							
Section	Result category	Global warming kg CO ₂ /sub>e	Acidification kg SO ₂ /sub>e	Eutrophication kg PO ₄ /sub>e	Ozone depletion potential kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ
A1-A3	Construction Materials	55362,5	342,82	136,4	0,004	22,31	813135,2
A4	Transportation to site	649,92	2,7	0,58	0,00013	0,051	18204,99
A4	Transportation to site	649,92	2,7	0,58	0,00013	0,051	18204,99
A4-leg2	Transportation to site - leg 2						
A5	Construction/installation process						
B1-B5	Maintenance and material replacement						
B6	Energy use						
B7	Water use						
C1-C4	End of life	576,87	2,5	0,5	0,000071	0,16	12445,52
C1-C4	Deconstruction	576,87	2,5	0,5	0,000071	0,16	12445,52
D	External impacts (not included in totals)	-860,89	-1,79	-0,61	-2,1E-05	-0,1	-4556,04
A5m-benefit	Construction site - material use - benefit						
A5-benefit	Construction site - material wastage - benefit	0	0	0	0	0	0
D	Installed Materials - benefit	-860,89	-1,79	-0,61	-2,1E-05	-0,1	-4556,04
D2	Exported energy (not included in totals)						



GAZİ GELECEKTİR..