T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DIŞ CEPHE BİTİRME SİSTEMLERİNDE ISI YALITIMININ SICAKLIK VE NEM PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

SELNTA CHASAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YRD. DOÇ. DR. ESMA MIHLAYANLAR
EDİRNE, 2013

DIŞ CEPHE BİTİRME SİSTEMLERİNDE ISI YALITIMININ SICAKLIK VE NEM PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

SELNTA CHASAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK ANA BİLİM DALI

2013

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Prof. Dr. Burcu ÖZGÜVEN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca (tarafımızca) okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mimarlık Anabilim Dalında bir Yüksek lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad): İmza

Prof. Dr. Sabit OYMAEL

Yrd. Doç. Dr. Doğan ERYENER

Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR

Tarih: 28 / 05 / 2013

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

28 / 05 / 2013
Selnta Chasan

Yüksek Lisans Tezi
Dış Cephe Bitirme Sistemlerinde Isı Yalıtımının Sıcaklık ve Nem Performansına Etkisinin İncelenmesi
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

ÖZET

Enerji tüketiminin en fazla gözlendiği alanlardan biri binalardır. Bina cepheleri, binanın enerji etkinliğinin arttırılmasında önemli bir görev üstlenmektedir. Bu durum, enerji etkin cephe sistem ve malzemelerinin geliştirilmesine neden olmaktadır.

Bu tezin giriş bölümünde; araştırmanın amacı, önemi, kapsam ve yöntemi yer almaktadır. İkinci bölümde farklı uygulama şekillerine göre dış cephe sistemleri incelenmiştir. Üçüncü bölümde ise, dış cephe sistemlerinin iç ortam konfor koşullarını sağlamada taşıması gereken özelliklerden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde, dış cephe kompozit sistemlerinde ETICS standartları ve ETAG 004 belgesi araştırılmıştır. Beşinci bölümde, Edirne ili meteorolojik verileri kullanılarak, oluşturulan duvar sistemlerinin iklimsel koşullar karşısındaki performansları WUFI®2D-3 bilgisayar programı kullanılarak tespit edilmiştir.

Bu çalışmada Türkiye'de yaygın olarak kullanılan kagir dolgu malzemeleri (tuğla, gazbeton, bimsblok) kullanılarak oluşturulan duvar sistemlerinde dışarıdan yalıtım uygulamasında dolgu malzemesi ve yalıtım malzemesi (EPS, XPS, MW) değiştirildiğinde sıcaklık, nem ve su içeriğinin nasıl değiştiği araştırılmıştır.

Dışarıdan yalıtımlı duvar kesitlerinde sıcaklık değerlerinde yalıtımsız duruma göre oldukça iyileşme görülmektedir. Dolgu duvar malzemeleri değiştiğinde küçük değişiklikler meydana geldiği, yalıtım malzemeleri değiştiğinde sıcaklık değerlerinde çok küçük değişiklikler olduğu belirlenmiştir. Yalıtım malzemeleri değiştiğinde nem değerlerinde farklılıklar vardır en düşük nem değerleri MW'de görülmektedir, dolgu duvar malzemeleri değiştiğinde ise değerler birbirine daha yakındır. Dolgu duvar malzemeleri değiştiğinde su içeriği miktarları arasında farklar bulunmaktadır. Tuğla en düşük değerlerde sonra gazbeton gelmektedir. Bimsblokta ise su miktarının tuğla duvara göre 2 kat fazla olduğu görülmektedir.

Yıl : 2013
Sayfa Sayısı : 92
Anahtar Kelimeler : Dış Cephe Sistemleri, Enerji Verimliliği, Avrupa Standartları, Wufi 2D, Nem Performansı

Thesis for the Master's Degree
A Study of The Influence of Thermal Insulation in External Facade Finishing Systems on Temperature and Humidity Performance
Trakya University Institute of Science
Department of Architecture

ABSTRACT

Buildings are one of the areas with the highest consumption of energy. Building facades take a substantial role in the increase of energy efficiency. This is the reason for the development of energy-active facades, systems and materials.

In the introductory section of this thesis the aim of the researcher, its importance, extent and the method are stated. In the second section according to different application methods outdoor facade systems are investigated. In the third section the features of external facade systems, which are required for the interior conditions of comfort are mentioned. In the fourth section the ETAG 004 document and the ETICS standards for external facade composite systems are analyzed.In the fifth section , using the meteorological data of the Province of Edirne, the performance of the created wall systems under climatic conditions are determined by applying the computer program WUFI®2D-3.

In this thesis changes in temperature, humiditiy and water content are analysed when filling and insulation material (EPS, XPS, MW) are exchanged in the thermal insulation of external wall systems which consist of Turkey's most common masonry filling material (brick, aerated concrete, pumice stone).

In comparison to uninsulated ones sections with external wall insulation show much better temperature values. Small differences can be seen when the wall filling material is changed, only very small differences can be measured when the insulation material is changed. When changing the insulation material there are differences in the humidity values, MW has the lowest humidity values. There are no differences in the humidity values when changing the wall filling material. Brick has got the lowest values followed by aerated concrete. The amount of water in pumice stone was twice as high as in brick.

Year : 2013
Number of Pages : 92
Key Words : External Facade Systems, Energy Efficiency, European Standards, Wufi 2D, Humidity Performance

TEŞEKKÜR

Öncelikle bana gösterdiği anlayış, sabır ve değerli eleştirileri için, bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren, tez danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Esma Mıhlayanlar'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmama katkılarından dolayı sayın Yrd. Doç. Dr. Filiz Umaroğullarına, yüksek lisans eğitimim boyunca emekleri geçen tüm öğretim görevlilerime saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Öğrenim hayatım boyunca maddi manevi her konuda her zaman yanımda olan aileme, eşime ve dostlarıma bana gösterdikleri destek ve sevgi için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET……..…….……..i
ABSTRACT……..……ii
TEŞEKKÜR…….…….....iii
İÇİNDEKİLER…….…...iv
SİMGELER DİZİNİ……vi
KISALTMALAR DİZİNİ……..……..... vii
TABLOLAR DİZİNİ……...……..... viii
ŞEKİLLER DİZİNİ ……..…….. ix

1. BÖLÜM GİRİŞ……..……..……..……..…...1
1.1. Araştırmanın Amacı……..…….…....2
1.2. Araştırmanın Önemi.…….....….3
1.3. Araştırmanın Kapsam Ve Yöntemi…….....3
1.4. Literatür Taraması…….....4

2. BÖLÜM DIŞ CEPHELER……...……..……8
2.1. Kagir cepheler……..……...……8
2.2. Giydirme cepheler…….....……..……14
2.3. Çift kabuk cepheler ……..……...…17

3. BÖLÜM DIŞ CEPHE SİSTEMLERİNİN TAŞIMASI GEREKEN ÖZELLİKLER……..25
3.1.Isı.....25
3.2. Nem.....26
3.3. Sıcaklık.....28
3.4. Su.....28
3.5. Rüzgar.....29
3.6. Yangın……...…….....31
3.7. Ses.....32

4. BÖLÜM AVRUPA NORMLARINDA UYGULANAN DIŞ CEPHE BİTİRME SİSTEMLERİ ……..…….34

4.1. Yapı Malzemeleri ve CE İşareti…….……...34

4.2. ETICS Harici Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri (External Thermal Insulation Composite Systems)……...……38

4.2.1. TS EN 13499 (Yapılarda Kullanılan - Polistren (EPS) Esaslı Haricî Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri)……..……..…..39

4.2.2. TS EN 13500 (Yapılarda Kullanılan - Mineral Yün Esaslı Haricî Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri).....…….……...……42

4.2.3. ETAG 004 (Avrupa Teknik Onayı Ortak Esasları 004)…….....45

5. BÖLÜM DIŞ DUVARLARIN SICAKLIK, SU VE NEM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ.....48

5.1. WUFİ-ORNL/IBP Bilgisayar Modeli ……..……49

5.2. Oluşturulan Kesitlerin Sıcaklık, Su ve Nem Performansı.……..…..…50

6. BÖLÜM SONUÇLAR VE ÖNERİLER ……..……..84

KAYNAKLAR……..87

ÖZGEÇMİŞ……..….92

SİMGELER DİZİNİ

q: Yüzeye yayılı rüzgar basıncı veya emme (kN/m^2)

w: Eşdeğer statik basınç veya emme (kN/m^2)

C_p: Yapı yüzeyinin konumuna bağlı katsayı

V: Rüzgar hızı (m/s)

dB : Desibel

L_T: Örnek zamandaki gürültü düzeyleri, dBA

λ : Isıl iletkenlik Katsayısı (W/mK)

μ : Su Buharı Difüzyon Direnç Faktörü

c: Özgül ısı kapasitesi (J/kg.K)

γ : Yoğunluk (kg/m^3)

d: Kalınlık (cm)

KISALTMALAR DİZİNİ

CE (Conformité Européenne) : Avrupa'ya Uygunluk

AB : Avrupa Birliği

DTM : Dış Ticaret Müsteşarlığı

TÜRKAK : Türk Akreditasyon Kurumu

CEN (European Commitee for Standardization) : Avrupa Standardizasyon Komitesi

ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems) : Dış Cephe Isı Yalıtım Kompozit Sistemleri

ETA (European Technical Approvals) : Avrupa Teknik Onayı

EOTA (European Organisation for Technical Approvals) : Avrupa Teknik Onay Organizasyonu

ETAG (European Technical Approvals Guidelines) : Avrupa Teknik Onayı Ortak Esasları

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

EPS (Expanded Polystyren Foam) : Genleştirilmiş Polistren Köpük

XPS (Extruded Polystyren Foam): Haddeden Çekilmiş Polistren Köpük

TS : Türk Standartları

MW (Mineral wool) : Mineral Yün

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Kagir Yığma Duvarlarda Taşıyıcı Malzeme ve Bileşenler…….....9
Tablo 3.1. Bina Yüksekliği ile Değişen Rüzgar Hızı ve Basınç-Emme…….30
Tablo 4.1. EPS Isı Yalıtım Levhalarının Sağlaması Gereken Özellikler……41
Tablo 4.2. ETICS Sistemlerinin Darbe Dayanımı Seviyeleri…….....41
Tablo 4.3. ETICS Sistemlerinin Batma Dayanımı Seviyeleri……..……41
Tablo 4.4. ETICS Sıvası Üstüne Yapışma Dayanımı Seviyeleri……42
Tablo 4.5. MW Isı Yalıtım Levhaların Sağlaması Gereken Özellikler…...…..……43
Tablo 4.6. ETICS Sıvası Üstüne Yapışma Dayanımı Seviyeleri……44
Tablo 5.1. Duvar Kesitlerinde Kullanılan Malzemelerin Fiziksel Özellikleri..…….....51
Tablo 5.2. Yalıtımsız ve Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde Sıcaklık Değerleri..80
Tablo 5.3. Yalıtımsız ve Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde Nem Değerleri…...81
Tablo 5.4. Yalıtımsız ve Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde Su İçeriği Değerleri……..…...82

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Doğal Taş Duvar……..……....9
Şekil 2.2. Tuğla Bloklar ve Duvarlar…….....…….…….10
Şekil 2.3. Beton Briket……..…….…….11
Şekil 2.4. Gazbeton Duvar Bloğu……..……..11
Şekil 2.5. 3 Sıra Boşluklu Bimsblok Bloğu……..…….……..12
Şekil 2.6. Dekoratif Görünümlü Beton Bloklar……...……...12
Şekil 2.7. Kireç Kumtaşı Duvar Blokları…….……....13
Şekil 2.8. Kerpiç Bloklar ve Duvarlarda Kullanımı……...…13
Şekil 2.9. Mermer Kaplamalı Giydirme Cephe Detayı……...……...…….14
Şekil 2.10. Giydirme Cephe Çubuk Sistem Uygulaması……...…..…..15
Şekil 2.11. Giydirme Cephe Panel Sistem Uygulaması……..16
Şekil 2.12. Giydirme Cephe Yarı Panel Sistem Uygulaması...…….……..17
Şekil 2.13. Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin Çalışma İlkesi …….……18
Şekil 2.14. Doğal Havalandırmalı Çift Kabuk Cephe Örneği ……....19
Şekil 2.15. Mekanik Havalandırılan Cephe Örneği…..…….……...…...20
Şekil 2.16. Doğal ve Mekanik Havalandırmalı Çift Kabuk Cephe Sistemi……21
Şekil 2.17. Kat Yüksekliliğinde Çift Kabuk Cephe Sistemi……...…21
Şekil 2.18. Bina Yüksekliğinde Çift Kabuk Cephe Sistemi……22
Şekil 2.19. Bina Yüksekliğindeki Cephelerde Yangın Yayılımı…….23
Şekil 2.20. Kutu Pencere Tipi Çift Kabuk Cephe Sistem Kuruluşu……24
Şekil 2.21. Şaft Tipi Cephe Sistemindeki Hava Akımı…….……..……24
Şekil 2.22. Şaft Tipi Cephe Sisteminin Plan ve Kesit Düzlemindeki Çalışma Prensibi.24
Şekil 3.1. Duvarda Neme Bağlı Oluşan Bozulmalar……...….27
Şekil 3.2. Sıcaklığa Bağlı Dış Yüzeyde Oluşan Bozulmalar…….……...…….28
Şekil 3.3. Rüzgar Hızının Yükseklik ile Değişimi……..29
Şekil 3.4. Tek ve Çift Tabakalı Duvarlarda ses Yalıtımı Karşılaştırması…...…….....33
Şekil 4.1. Yapı Malzemelerinde CE Belgesi……...36
Şekil 4.2. Avrupa Ülkelerinde ve Türkiye'deki Onaylanmış Kuruluş Sayıları……...37
Şekil 4.3. Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri……...……...……...38
Şekil 4.4. Avrupa Ülkelerinde ve Türkiye'de ETAG 004 Belgesi Oranları……..……45

Şekil 4.5. ETAG 004 Belgesinin Yıllara Göre Dağılım Oranları…….....46
Şekil 4.6. ETAG 004 Higrotermal Testi……46
Şekil 4.7. ETAG 004 Belgesi Alan Isı Yalıtım sistemleri Oranları……..……...….47
Şekil 5.1. WUFİ-ORNL/IBP Çalışma Şeması……..50
Şekil 5.2. Tuğla, Gazbeton, Bimsblok, Yalıtımsız Duvar Kesiti……...52
Şekil 5.3. Tuğla, Gazbeton, Bimsblok, Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesiti……52
Şekil 5.4. Yalıtımsız Tuğla Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi……...……...….53
Şekil 5.5. Yalıtımsız Gazbeton Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi ……...……..54
Şekil 5.6. Yalıtımsız Bimsblok Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi ……...……..…….……...…….55
Şekil 5.7. Yalıtımsız Duvar Kesitleri Sıcaklık Değişimi……...…….57
Şekil 5.8. Yalıtımsız Duvar Kesitleri Nem Değişimi…….57
Şekil 5.9. Yalıtımsız Duvar Kesitleri Su İçeriği Değişimi……...…….……..57
Şekil 5.10. Dışarıdan Yalıtımlı (EPS) Tuğla Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi ……...…….59
Şekil 5.11. Dışarıdan Yalıtımlı (XPS) Tuğla Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi ……...……..60
Şekil 5.12. Dışarıdan Yalıtımlı (MW) Tuğla Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi …..……...…61
Şekil 5.13. Dışarıdan Yalıtımlı Tuğla Duvar Kesitinde Sıcaklık Değişimi……....…..63
Şekil 5.14. Dışarıdan Yalıtımlı Tuğla Duvar Kesitinde Nem Değişimi…….....63
Şekil 5.15. Dışarıdan Yalıtımlı Tuğla Duvar Kesitinde Su İçeriği Değişimi……..……63
Şekil 5.16. Dışarıdan Yalıtımlı (EPS) Gazbeton Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi ……..…..65
Şekil 5.17. Dışarıdan Yalıtımlı (XPS) Gazbeton Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi …….……...…66
Şekil 5.18. Dışarıdan Yalıtımlı (MW) Gazbeton Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi ……..…….67
Şekil 5.19. Dışarıdan Yalıtımlı Gazbeton Duvar Kesitinde Sıcaklık Değişimi…….....69
Şekil 5.20. Dışarıdan Yalıtımlı Gazbeton Duvar Kesiti Nem Değişimi……..…….....69

Şekil 5.21. Dışarıdan Yalıtımlı Gazbeton Duvar Kesiti Su İçeriği Değişimi……...…..69
Şekil 5.22. Dışarıdan Yalıtımlı (EPS) Bimsblok Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi ……...…71
Şekil 5.23. Dışarıdan Yalıtımlı (XPS) Bimsblok Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi …….……...…72
Şekil 5.24. Dışarıdan Yalıtımlı (MW) Bimsblok Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi …….……..73
Şekil 5.25. Dışarıdan Yalıtımlı Bimsblok Duvar Kesitinde Sıcaklık Değişimi……....75
Şekil 5.26. Dışarıdan Yalıtımlı Bimsblok Duvar Kesitinde Nem Değişimi……...…..75
Şekil 5.27. Dışarıdan Yalıtımlı Bimsblok Duvar Kesitinde Su İçeriği Değişimi……..75
Şekil 5.28. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (EPS) Kullanıldığında Sıcaklık Değişimi……...77
Şekil 5.29. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (EPS) Kullanıldığında Nem Değişimi……...……77
Şekil 5.30. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (EPS) Kullanıldığında Su İçeriği Değişimi……...……...…….77
Şekil 5.31. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (XPS) Kullanıldığında Sıcaklık Değişimi…….……..78
Şekil 5.32. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (XPS) Kullanıldığında Nem Değişimi……...……78
Şekil 5.33. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (XPS) Kullanıldığında Su İçeriği Değişimi…..…….……78
Şekil 5.34. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (MW) Kullanıldığında Sıcaklık Değişimi…….……...……79
Şekil 5.35. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (MW) Kullanıldığında Nem Değişimi…….……..79
Şekil 5.36. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (MW) Kullanıldığında Su Değişimi……..……79

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Bina kabuğundan, yağış, sıcaklık, rüzgâr, nem, ses gibi dış etkenlerden binayı koruması ve bina içindeki konfor koşullarını sağlaması beklenmektedir. Değişen iklim koşullarının etkisinde kalan bina kabuğunun farklı işlevleri karşılaması gerekmekte ve bu sebeple bina kabuğunun büyük bir bölümünü oluşturan cepheler de önem kazanmaktadır. Bina cephesi, iç ve dış ortam arasında ayırıcı görevi gören, iç ortam konforunu sağlayan ve dış mekan ile de ilişki kuran önemli bir yapı öğesidir [1].

Türkiye'de enerji kaynaklarının yetersiz olmasından dolayı tükettiğimiz enerjinin büyük bir bölümü ithal edilmekte ve enerji bakımından diğer ülkelere daha da bağımlı hale gelinmektedir. Binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarı ise toplam tüketilen enerjinin oldukça büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Binalara ait işletme maliyetlerinin büyük bir bölümünü ısıtma sisteminin enerji maliyetleri oluşturmaktadır. Isıtma sistemine ait enerji maliyetlerini azaltmak, bina kabuğunda yapılacak doğru ısı yalıtımı uygulamalarıyla kontrol altına alınabilmektedir.

Bina cephesi, binanın enerji etkinliğinin arttırılmasında önemli bir görev almaktadır. Bu durum, enerji etkin cephe, sistem ve malzemelerinin geliştirilmesine de neden olmaktadır.

Yapıların dış dünya ile etkileşimi sağlayan cephelerde, malzemenin tarihsel gelişimine bakıldığında, günümüze kadar birbirlerinden tamamen farklı süreçler görülmektedir. Tarih öncesi dönemde mimarlıkta bir cephe oluşturma sorununun olmadığı görülmektedir. Ancak 'ilkel' olarak tanımlanan bazı günümüz yerli toplulukları özellikle yapı yüzeylerinde bezemeler yaparak resimsel teknikler kullandıkları görülmektedir. Eski çağlardan beri yapı yüzeylerine etki verecek nitelikte biçimlendirme kaygısı yaşanmıştır[2].

18. yüzyıl sonundaki endüstrileşme, aydınlanma hareketinin bir sonucudur. Her alanda olduğu gibi mimarlıkta da, toplumsal ve bireysel değerleri değiştirerek etkisini göstermiştir. Ayrıca endüstrileşme sonucu ortaya çıkan geniş açıklıklı; fabrika, gar, sergi salonu gibi yeni yapı türlerinin üretimini de mevcut sistemlerle karşılamak zor olduğundan yeni yapım sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur. Tüm bu ihtiyaçlar, yeni yapı malzemelerinin ve yeni yapı sistemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır [3].

Tarih öncesinden ilk çağa kadar, yapı malzemeleri genellikle şekillendirilmeden doğal haliyle kullanılmıştır. Klasik çağ ve 19. Yüzyıl'a gelindiğinde ise malzemenin şekillendirilmesi yoluna gidilerek kemer, kubbe, tonoz gibi çeşitli strüktür ve formlar oluşturulmuştur. 19. yüzyıldan günümüze kadar gelen ve halen devam eden dönemde ise malzemeler, gelişen teknolojik olanaklar ile tasarımda istenilen kullanım yerine göre önceden planlanıp ve hatta kendi içyapısında değişiklikler yapılarak uygulanmaya devam etmektedir [4].

Malzeme teknolojisinin gelişimiyle birlikte sanayi devriminden önceki geleneksel cephe tipleri yerine, günün koşullarına göre kendini sürekli yenileyen yeni cephe tipleri karşımıza çıkmaktadır. Değişen iklim koşulları karşısında cephelerden daha fazla işlev beklenmekte ve günümüzde enerji etkin cephe tasarımları önem kazanmaktadır.

1.1. Araştırmanın Amacı

Tarihsel gelişim süreci içinde mimaride enerji ve çevre bilinçli tasarımın giderek önem kazanması ile birlikte dış cephe oluşumları da büyük değişim göstermiştir. Cepheler iç ve dış ortam arasında yer alan ayırıcı bir bölme olarak mekân içinde yaşayanları dış etkilerden korumak işlevini üstlenmektedir. Bina tasarımında olduğu gibi dış cephe tasarımında da iklim koşulları dikkate alınmış, ısıtma gereksinimlerini ve ısı kayıplarını azaltacak, doğal havalandırmayı sağlayacak ve gün ışığından maksimum oranda faydalanılan sistemler tercih edilmiştir. Cephe sistemlerinin yağış, sıcaklık değişimi, rüzgâr, nem gibi dış iklim şartlarına yüksek ısıl performansları, mukavemet, boyutsal kararlılık, doğal havalandırma ve günışığından yararlanma, ses yalıtımı ve akustik özellikler, yangından koruma, iç ortam konfor şartlarını sağlamak gibi özellikleri taşıması gerekmektedir. Bu çalışmada dış cephe bitirme sistemlerinin sağlaması gereken sıcaklık ve nem performanslarının, araştırılmasının yapılması amaçlanmıştır.

1.2. Araştırmanın Önemi

Binalarda enerji verimliliği konusunun güncel olması sebebiyle, bu konuda birçok çalışma bulunmaktadır. Avrupa standartlarında uygulanan dış cephe bitirme sistemleri hakkında yayınlar sınırlı sayıdadır. Bu çalışma hem Avrupa standartlarındaki dış cephe bitirme sistemleri hem de dış cephe sistemlerinin taşıması gereken özelliklerden sıcaklık, su ve nem performanslarının sayısal değerlerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Bilimsel çalışmalarda tercih edilen bilgisayar programlarımdan biri olan WUFI®2D-3 simülasyon programı bir duvar sisteminin istenen iklim bölgesinde istenen zaman aralığında sıcaklık, su ve nem performansını gösterebilmektedir. Bu programın sonuçları dikkate alınarak uygun duvar ve malzeme seçimi yapılabilmektedir. Bu sayede tasarımcı bu programı kullanarak tasarımın erken aşamalarında duvar sisteminin nem performansını tespit edip deneye gerek kalmadan zamandan ve maliyetten tasarruf edilebilmektedir.

1.3. Araştırmanın Kapsam ve Yöntemi

Araştırma kapsamında dış cephe sistemleri ile ilgili literatür taraması yapılmış, mevcut çalışmalar değerlendirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, bina kabuğunu oluşturan dış duvar elemanlarının Edirne ili meteorolojik verileri kullanılarak, sıcaklık, su içeriği, nem içeriği ve nemlenme durumu incelenmiştir. Son yıllarda bilimsel çalışmalarda güvenilir metodlardan biri olarak düşünülen WUFI®2D-3, simülasyon programı kullanılarak varsayılan duvar sistemlerinin iklimsel koşullar karşısında gösterecekleri performansı belirlenmiştir.

1.4. Literatür Taraması

Alyanak Kaya [5], yüksek lisans tezinde mimarların dış duvar malzemesi seçim sürecinde hangi kriterleri göz önünde bulundurduğu ve ısı yalıtımına ne kadar önem verdiğini araştırmak ve malzeme seçimine yönelik öneriler vermektedir. Antalya'da mimari tasarım ve uygulama yapan 20 mimara anket uygulanarak, en çok tercih edilen dolgu duvar malzemelerinin ve yalıtım malzemelerinin özellikleri incelenerek malzemelerin avantaj ve dezavantajları tespit edilmiştir. En uygun duvar sistemini tespit edebilmek için TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları' na göre 1. Derece-Gün Bölgesi' nde bulunan Antalya'da tuğla, bimsblok ve gazbeton kullanılması durumunda ısıl konfor koşullarını sağlayan dış duvar sistemleri ve optimum yalıtım malzemesi kalınlıkları belirlenmiştir. Ayrıca oluşturulan dış duvar sistemlerinin maliyet analizleri yapılarak, dış duvar sisteminde 1. Derece-Gün Bölgesi' nde kullanılması uygun olan kesit belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda uygulama yapan mimarların malzemeler ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmadıkları tesbit edilmiştir. Analizler sonucunda gazbeton ve bimsbloğun tuğladan daha üstün özelliklere sahip olduğu, sistemlerin maliyet analizinde ise bimsblok ile oluşturulan sistemlerin, gazbetonla oluşturulan sistemlerden daha ekonomik olduğu çalışmada belirlenmiştir.

Deniz, Gür, ve Ekinci [6], "Kagir yığma duvarlarda taşıyıcı malzeme ve bileşenler" adlı bildirilerinde, kagir dış duvarların taşıyıcı katmanında kullanılan farklı malzeme ve bileşenlerin tanıtımı, söz konusu malzeme ve bileşenlerin özellikleri, bunlarla üretilen duvarların yapım yöntemleri özetlenmiştir. Zaman içinde sürekli geliştirilen bileşen ve tekniklerle birlikte, kagir duvarın, günümüzde olduğu gibi gelecekte de mimarlık alanında önemini sürdüreceği çalışmada vurgulamıştır.

Koçu [7], çalışmasında Konya Çavuş kasabası yakınındaki binalarda kullanılan kerpiç malzemenin üretimi, yapımı ve kullanım süreçleri incelenmiş, sistem özellikleri ve sorunları belirlenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen kerpiç duvar kesitlerinin TS 825 (Binalarda Isı Yalıtım Kuralları)'nda belirtilen ısı yalıtım şartlarını yakaladığı, yoğuşma ile ilgili problem olmadığı hesaplarla belirlenmiştir. Kerpicin binaların enerji verimliliğini sağladığı, tespit edilmiştir. Binanın çatı ve cephelerinde su ve nem ile ilgili

sorunlarının ise çözülebileceği belirtilmiştir. Geleneksel mimarinin, kültürün ve sanatın sürdürülebilirliği için kerpiç binaların önemi vurgulamıştır.

Aknesil'in [8], "Bileşik cidar ses geçirmezliğinde cam elemanların önemi ve konut dış cephe malzemelerinden örnekler" adlı makalesinde, Türkiye'de çoğunlukla tercih edilen ya da kullanılma olasılığı bulunan dış cephe malzemeleri incelenmiştir. Bunlarla ilgili kesit detayları ve ses geçiş kayıplarını veren tablolar oluşturulmuştur. Burada verilen ses geçiş kaybı değerleri, kesit detayının oluşturulması sırasındaki işçiliğe bağlı olarak farklılık gösterebildiği gibi, öngörülen malzemelerin yoğunluğuna bağlı olarak da değişebilmektedir. Bildiride önemle vurgulanmak istenen ve formüllerle ortaya konmak istenen temel konu ise, bir bileşik cidarın toplam ses geçirmezliğinde, ses geçirmezliği düşük olan cam yüzeylerin sonucu doğrudan etkilemesidir. Bunun yanısıra, tamamen cam yüzeylerin güçlendirilmesi ile ses geçirmezliğin arttırılabilildiği sonucu çalışmada vurgulanmıştır.

Gürdal ve Acun'un [9], "Dış duvarların tasarımında ısı ve rutubet etkisi" adlı çalışmalarında dört duvar bileşimi incelenmiş, kesitlerde ısı ve buhar akımları ile yoğuşma olasılıkları teorik olarak araştırılmıştır. Enerji tasarrufu açısından, tüm yapı elemanlarında, yüksek ısıl direnç istenmektedir. Yapıda büyük oranda yer alan duvarların da bu özelliği taşıması beklenmektedir. Bu sağlanamazsa fazla enerji tüketimi, ısıl konforsuzluk gibi kullanıcıları da olumsuz etkileyecek koşullar ortaya çıkacaktır. Bu durumun yapı bünyesinde su buharının yoğuşmasına neden olacağı belirtilmektedir. Bu durum :

- Kesiti oluşturan malzemelerin ısıl iletkenliğinin artmasına ve daha fazla enerji kaybına neden olmaktadır.
- Kesiti oluşturan malzemelerde çürüme, bozulma ve ayrışmalara neden olmaktadır.
- Islanan malzemelerde daha fazla ısı akımı daha fazla yoğuşmaya sebep olduğu gibi iç ortamda daha düşük yüzey sıcaklıkları oluşacaktır.
- Kesit, yoğuşma sonucu oluşacak sudan etkilenmeyecek malzemeden yapılmış olsa bile, kuruma mevsiminde, su buharının kesiti zorlaması ile kabarmalar ortaya çıkmaktadır.

Pehlevan, Yaşar ve Maçka'nın [10], "Higrotermal performans açısından duvar konstrüksiyonu tasarımında bilgisayar modellerinin kullanımı" adlı bildirilerinde WUFİ-ORNL/IBP ve MOIST bilgisayar modelleri karşılaştırılmıştır. Dört katlı havalandırmasız yalıtımlı ahşap çerçeve boşluklu hafif bir duvar konstrüksiyonu seçilmiş Wufi ve Moıst bilgisayar modelleri kullanılmıştır. Bu çalışmada ayrıca Türkiye'de henüz kullanımı yaygınlaşmamış bilgisayar modelleri hakkında da bilgiler verilmiştir. Veri tabanında oldukça fazla malzeme bulunan Wufi bilgisayar programının grafikler ve görsel yönden daha anlaşılır ve başarılı bulunduğu belirtilmiştir.

Umaroğulları'nın [11], doktora tez çalışmasında sekiz farklı betonarme yapı kabuğu kesiti incelenmiştir. Kesitler beş iklim bölgesine göre ayrı ayrı değerlendirilerek WUFİ ORNL/IBP programıyla sayısal değerlendirmeler yapılmış, deneylerle karşılaştırılmıştır. Programla yapılan sonuçlarla deney sonuçlarının yakın ve paralel grafikler ortaya koyduğu görülmüştür. Betonarme yapı kabuğu kesitleri içerisindeki sıcaklık ve bağıl nem değerleri açısından yalıtımın dışta ve dışa yakın bölgelerde kullanıldığı durumların en olumlu, içte ve içe yakın bölgelerde kullanıldığı durumların ise en olumsuz sonuçları verdiği görülmüştür.

Umaroğulları, Zorer Gedik ve Mıhlayanlar'ın [12], "Periyodik rejimde yalıtımlı ve yalıtımsız betonarme duvarlarda yoğuşma denetimi" adlı makalelerinde Edirne ili için kış dönemi koşullarında bina kabuğunu oluşturan betonarme duvar elemanlarının ısı ve nem geçişi Wufi programı ile hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda yoğuşma olmaması için en ideal durumun dışarıdan yalıtımlı durum olduğu belirlenmiştir. İçeriden yalıtımlı kesitin bazı durumlarda yalıtımsız kesitten bile daha olumsuz sonuçlar verdiği tesbit edilmiştir.

GÜR Volkan'ın [1], "Yapı kabuklarının geleceği- değişkenlik ve adaptasyon ihtiyacı" adlı bildirilerinde, yapı kabuğundaki teknolojik ilerlemeler üzerinde durularak, yapı kabuğunun şartlara göre değişebilir olabiceği vurgulanmıştır. Kabuğun güneş ışınları, ışık, ısı, hava ve ses gibi çevresel etkilere göre değişeceği belirtilmiştir. Verilen uygulama örnekleri ile yapı kabuğunda değişkenlik kavramının anlaşılması amaçlanmıştır. Gelecekte yapı kabuklarının, sürekli değişen çevresel etmenlere,

kullanıcı istek ve ihtiyaçlarına göre daha iyi adapte olabilen, teknolojik ilerlemeyi belirgin şekilde yansıtan ve enerji üretiminde günümüzdekine oranla daha fazla payı olan sistemler olacağı vurgulanmaktadır.

BEGEÇ ve SAVAŞIR'ın [13], "Akıllı giydirme cephe sistemlerinin havalandırma şekillerinin incelenmesi" adlı bilidirilerinde, tek ve çift tabakalı akıllı giydirme cephe sistemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Çift tabakalı giydirme cephe sistemlerinde bina yüksekliğinde yapılan havalandırma sistemlerinin dış yüzeyinde açıklık istenmeyen cepheler için uygun olduğu belirtilmiştir. Yüksek değerde ses yalıtımının istenildiği yerlerde küçük boyutlardaki dışa açılımları ile şaft tipi cephe sistemlerinin uygulanabileceği belirtilmiştir. Ayrıca kat yüksekliğinde sistemlerin de, montajının kolay olması, ses yalıtımının yüksek olması, cephe tabakaları arasındaki boşluğun her katta kesintiye uğraması nedeniyle ekstra yangın önlemi gerektirmemesi, doğal havalandırma açısından kullanımı en uygun sistem olması avantajları ile en etkili ve en yaygın kullanım alanı olan sistem olduğu vurgulanmıştır.

Bu çalışmada Türkiye'de dış cephe bitirme sistemlerinde yaygın olarak kullanılan kagir dolgu malzemeleri (tuğla, gazbeton, bimsblok) kullanılarak oluşturulan duvar sistemlerinde dışarıdan yalıtım uygulamasında dolgu malzemesi ve yalıtım malzemesi (EPS, XPS, MW) değiştirildiğildiğinde sıcaklık, nem ve su içeriğinin nasıl değiştiği araştırılmıştır.

BÖLÜM 2

DIŞ CEPHELER

Dış cepheler farklı uygulama şekillerine göre oluşturulabilmektedir.

Uygulama Şekillerine Göre Cepheler,

- Kâgir cepheler
- Giydirme cepheler
- Çift kabuk cepheler

olarak 3 grupta incelenecektir.

2.1. Kâgir Cepheler

Kagir yığma duvar, fonksiyonları birbirinden farklı olan ve belirli kurallara göre düzenlenen çeşitli katmanlardan (bileşenlerden veya bileşen kombinasyonlarından) oluşmaktadır. Kâgir duvarlar kendisinden istenilen özellikleri taşıyabilmesi için amacına uygun biçimde tasarlanmalıdır. Bir kâgir yığma dış duvar sisteminde yer alan ana katmanlar, fonksiyonları açısından genel olarak şu şekilde gruplandırılabilir: [6]

- Taşıyıcı/Strüktürel Katmanlar (gövde, çekirdek)
- Kaplama Katmanları (dış ve iç kaplamalar)
- Çevresel Kontrol Katmanları (su, hava, buhar, ısı, ses, ışık, vb. kontrolü)

Taşıyıcı/strüktürel gövde katmanında kullanılan malzeme ve bileşenler yönünden duvarları şu alt başlıklar altında gruplandırmak mümkündür:

-Doğal Taş Duvarlar

-Pişmiş Toprak (kil) Tuğla Duvarlar

-Beton Blok (beton briket, gazbeton blok, dekoratif yüzlü beton blok) Duvarlar

-Kireç Kumtaşı (kalsiyum silikat) Tuğla Duvarlar

-Kerpiç Duvarlar

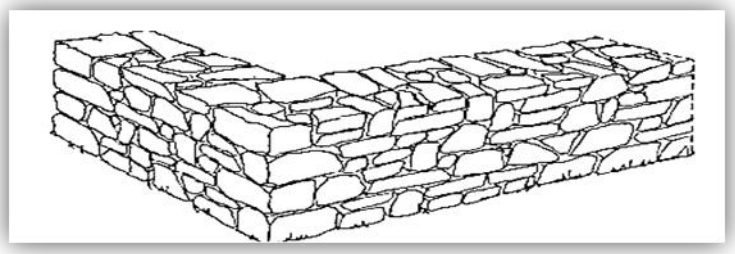
Kagir duvarların taşıyıcı bileşenlerinin hammaddelerine bağlı bazı özellikleri Tablo 2.1 de verilmektedir.

Tablo 2.1. Kagir Yığma Duvarlarda Taşıyıcı Malzeme ve Bileşenler [6]

Kagir duvar türleri	Olumlu özellikler	Olumsuz özellikler
Doğal taş duvarlar	Dayanıklılığı, basınç dayanımı	Ağırlığı, doğal malzeme olduğundan her yerde bulunmaması
Tuğla duvarlar	Üretimde yaygınlık ve çeşitlilik	Bileşen boyutuna göre fazla harç gerektirmesi ve ağır olması, duvar yapım süresi
Beton duvarlar	Ağırlıklarının ve derz kalınlığının bileşenin boyutuna göre az olması	Yaygınlığının tuğlaya göre az olması
Kireç kumtaşı tuğla duvarlar	Hafifliği, işlenme kolaylığı,derz kalınlığının az olması	Basınç dayanımının yüksek olmaması
Kerpiç duvarlar	Üretiminin kolay olması, az enerji gerektirmesi	Suya dayanıksızlığı, bakım gerektirmesi, basınç dayanımının zayıflığı

- **Doğal taş duvarlar**

Duvar yapımında kullanılan en eski malzemelerden biri doğal taştır. Kolay elde edilebilme mekanik dayanım, sertlik ve işlenebilirlik avantajları arasındadır. Taşın dayanımı strüktürel yapısı ve sertliği ile ilişkilidir. Özellikle basınç dayanımı bakımından avantajlı olan taşın gerilme dayanımı zayıf olduğundan gerilme bölgelerinde bu kuvveti karşılayabilecek malzeme ya da bileşenlerin kullanılmasını gerekmektedir. Bünyesindeki silis oranı arttıkça taşın sertliği artmakta ve işlenebilirliği azalmaktadır. Boşluk oranı olarak ifade edilen porozite, su emme miktarını, donma ve çözülme döngüsüne karşı koyma özelliğini de etkilemektedir. [6] (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Doğal Taş Duvar

- **Pişmiş toprak (kil) tuğla duvarlar**

Kilden yapılan, kalıplara dökülüp kurutulduktan sonra, harman ocağı veya fırınlarda pişirilen yapı bileşenine tuğla denir (Şekil 2.2). Tuğlanın ilk uygarlıklardan beri yapı bileşeni olarak kullanıldığı bilinmektedir. Yüksek basınç dayanımı ve dayanıklılığı, üstün yangın ve hava direnci, ısı ve ses yalıtımı gibi performans özellikleri ve estetik görünümüyle tercih edilen bir yapı bileşenidir. 20. yüzyılda gerçekleştirilen birçok uygulamada, çelik ve beton, tuğlanın yerini almasına rağmen, tuğla, yine de yapıların taşıyıcı duvarları ve cephe bileşenleri veya bu yeni malzemelerin taşıyıcı sistemi oluşturduğu yapılarda dolgu malzemesi olarak da kullanılmıştır. Günümüzde ise tuğla duvarlar, geliştirilmiş bileşen ve tekniklerle birlikte, birçok yapıda tercih edilmektedir [6].

Tuğla iyi pişmiş, düzgün kalıplanmış çatlaksız boşluksuz homojen ince daneli ve yoğun olmalıdır 1,5 m yükseklikten bırakıldığında ikiden fazla parçaya ayrılmaması, 12 saat su içerisinde bırakıldığında ağırlığının % 20 sinden fazla su emmemesi gerekir [14]. Sanayi Devrimi ile standart hale getirilen tuğla sadece taşıyıcı ve bölücü olarak değil aynı zamanda cephede kaplama malzemesi olarak da kullanılmaktadır [3].



Şekil 2.2. Tuğla Bloklar ve Duvarlar

- **Beton blok duvarlar**

Duvar yapımında kullanılmak üzere hazırlanan çimento esaslı beton bloklar, çeşitli boyutlarda ve özelliklerde üretilen bileşenlerdir. Beton briketler (hafif agregalı beton bloklar), Gazbeton bloklar, Bimsblok, Dekoratif görünümlü beton bloklar, isimleri altında ayrılmaktadırlar [6].

- **Beton briket duvarlar**

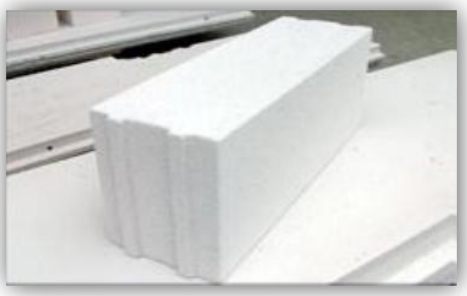
Beton briketler, kum çakıl cüruf bims tuğla ve kiremit kırıklarının çimento ve suyla karıştırılıp özel kalıplarda kalıplanması ve sıkıştırılması yöntemiyle üretilirler (Şekil 2.3) [14]. Bu tür beton bloklar bünyesindeki agreganın özelliğinden dolayı hafiftir. Agrega olarak; kömür ve kok cürufları, hafif doğal agregalar (süngertaşı, tüfler, vb.), fırınlanmış kil, yüksek ısı derecesinde hacmi genişletilmiş ve aniden soğutulmuş mineral agregalar (vermiculit, perlit, vb.) kullanılmaktadır [6].



Şekil 2.3. Beton Briket

- **Gazbeton duvarlar**

Gazbeton, daha hafif beton elemanlar üretmek için karışıma tüf, sünger taşı, perlit gibi doğal hafif agregalar katılan, gözenek yaratacak katkı maddesi olarak alüminyum tozu ile hacmi arttırılan yapı malzemesidir. Bu yüzden gazbeton hafif beton kökenli bir malzemedir (Şekil 2.4). Gazbeton blokların olumlu özellikleri; boyutları tuğladan büyük olduğu halde daha hafiftir. İşçiliği kolaydır, kolaylıkla testere yardımıyla kesilebilir. Boyut hassasiyeti (düzgünlüğü), diğer blok yapı malzemelerine oranla yüksektir. Tutkallı birleştirilmesi, düzgün derz oluşumunu kolaylaştırır ve düşeydeki sapmaları azaltarak sıva işçiliğinden ve sıva miktarından tasarruf sağlar. Gözenekli ve hafif olduğundan ısıl iletkenliği düşük bir yapı malzemesidir [15].



Şekil 2.4. Gazbeton Duvar Bloğu

- **Bimsblok duvarlar**

Pomza (bims taşı) kullanılarak üretilen beton birimlere "bimsblok" adı verilmektedir. Pomzadan imal edilen yapı malzemelerinin en önemlisi ve en yaygın kullanımı bimsbloktur [5] (Şekil 2.5). Bloğu hafifletmek amacıyla içinde sıra boşluklar bulunmaktadır.



Şekil 2.5. 3 Sıra Boşluklu Bimsblok Bloğu

- **Dekoratif görünümlü beton bloklar**

Dekoratif görünümlü beton bloklar, yüzeyleri kaplanmadan görünür biçimde kullanılan brüt beton yüzeyli, boşluklu beton bileşenlerden oluşan, uygun kalıp ve beton dökümü ile çeşitli renkte ve dokuda elde edilebilirler (Şekil 2.6). Dekoratif görünümlü beton blokların yüzeyleri genellikle kaplanmadan kullanılabilecek nitelikte estetiğe ve dayanıklılığa sahip olduğu için, bu blokların dış duvar yüzeyleri ayrı bir dış kaplama gerektirmeden uygulanabilmektedir [6].



Şekil 2.6. Dekoratif Görünümlü Beton Bloklar

- **Kireç kumtaşı duvarlar**

Kireç kumtaşı tuğla, kum ve kirecin belirli oranlarda karıştırılmasından sonra, makinelerde basınç ve titreşim yoluyla sıkıştırılıp şekillendirilmesi ve basınçlı buhar altında sertleştirilmesi, gerektiğinde koruyucu ve renklendirici maddeler katılması ile üretilir (Şekil 2.7). Genellikle radyasyon yansıtıcı özelliği nedeniyle beyaz renkte olması tercih edilir. Kireç kumtaşında silis miktarı az olduğundan taşın kesilmesi, delinmesi gibi işlemler kolay yapılabilmektedir [6].



Şekil 2.7. Kireç Kumtaşı Duvar Blokları

- **Kerpiç duvarlar**

Kerpiç, mimarlık tarihinin eski dönemlerinden beri, yaygın olarak kullanılan yapı bileşenlerindendir. Güneşte kurutularak üretilen kerpiç, doğal sağlıklı bir malzeme olması nedeniyle günümüzde sürdürülebilir bir yapı malzemesi olarak görülmektedir. Toprak esaslı olan kerpiçin ana maddesi kum ve kildir, içine saman vb gibi malzemeler karıştırarak malzeme dayanımı arttırılabilir [15]. Kil alçı ile karıştırılarakta kerpiç üretmek mümkündür. Bu tür kerpiçlere "alker" adı verilmektedir. Şekil 2.8' de kerpiç üretimi ve duvarda kullanılması görülmektedir.

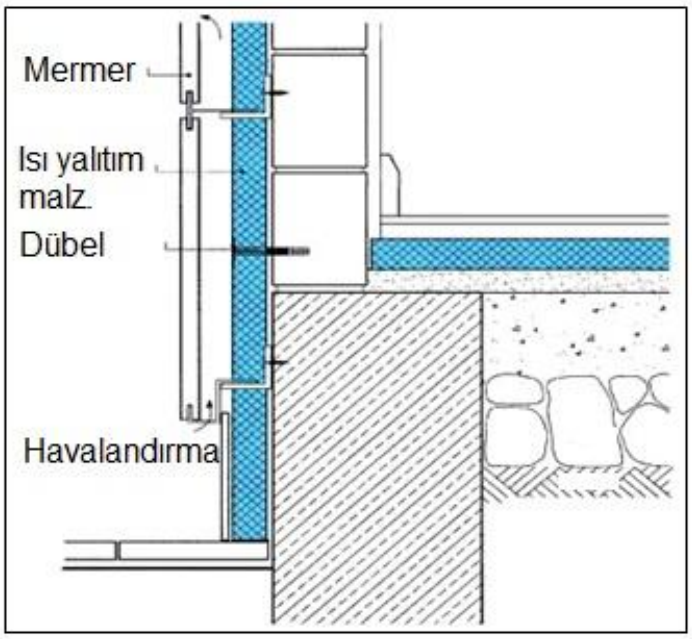


Şekil 2.8. Kerpiç Bloklar ve Duvarlarda Kullanımı

2.2. Giydirme Cepheler

Giydirme cephe; modüler olarak tasarlanan; kendi ağırlığını ve rüzgar yükünü taşıyıcı sisteme ayarlanabilir bağlantılar aracılığıyla ileten; ince ve hafif, saydam, yarı saydam veya mat yüzeylerin birleşmesinden meydana gelen bir dış kabuk sistemidir [15].

19. yüzyıldan itibaren örneklerine rastlanan ve 2. Dünya savaşı sonrasında gelişmeye başlayan giydirme cephelerin, öncelikle Amerikada ilk örneklerine rastlanmış daha sonra tüm dünyaya yayılmıştır. Giydirme cepheler, sürekli kendini yenileyen kullanıcılarına daha iyi çözümler sunan, fonksiyonel ve estetik olması bakımından günümüzde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Şekil 2.9' da basit bir giydirme cephe oluşturulma prensibi görülmektedir. Giydirme cepheler, estetik gürünüm ve cephede kullanılan malzemelere bağlı olarak yapı fiziği sorunlarına çözüm getirmek amacıyla yapılırlar. Tasarlandığı amaca hizmet edecek şekilde inşa edilirse hem dış konfor, can güvenliği, estetik, hem de iç konfor açısından oldukça başarılı sonuçlar vermektedirler.



Şekil 2.9. Mermer Kaplamalı Giydirme Cephe Detayı

Giydirme Cepheler yapı bilgisi bakımından 2 farklı şekilde sınıflandırılır. Sınıflandırmada giydirme cephenin ağırlığı dikkate alınmaktadır. Buna göre ağırlığı 100 kg/m^2'den büyük olanlara 'Ağır Asma Giydirme Cephe', 100 kg/m^2'den küçük olanlar 'Hafif Asma Giydirme Cephe' adı verilmektedir [3].

- **Ağır Asma Giydirme Cepheler**

Giydirme cephelerin ağırlıklarına göre yapılan sınıflandırmasından hareketle ağır asma giydirme cepheler; ağırlıkları 100 kg/m^2'den fazla olan ve genelde beton esaslı ön üretimle gerçekleştirilen (prekast) duvar panellerinden oluşan duvarlardır. Betonarmenin dışında cam elyaflı donatılı beton ya da plastikten veya metal malzemelerden üretilmiş paneller de yapılmaktadır [3].

- **Hafif Asma Giydirme Cepheler**

Yapı hareketlerini tolore edebilecek şekilde, parçalı ve şantiyede montajı yapılabilen, yapıya 100 kg/m^2 den az yük getiren sistemlerdir. Hafif olmaları, nakliye ve montajının kolay olması gibi sebeplerle özellikle yüksek yapılarda daha çok tercih edilmektedir. Bu sistemin ağır asma giydirme cephelere göre daha çok derze sahip olmaları olumsuz özelliklerindendir [3].

Hafif asma giydirme cephe sistemleri iskelet sistemine göre çubuk, panel ve yarı panel olmak üzere 3 gruba ayrılırlar.

- **Çubuk Sistemler**

Çubuk sistemlerde, yapının cephesine modüler bir şekilde çubuklar asılmaktadır. Daha sonra yatay çubuklar monte edilmektedir (Şekil 2.10). Bu sistemde paneller içten veya dıştan takılabilmektedir [3].



Şekil 2.10. Giydirme Cephe Çubuk Sistem Uygulaması [17]

Maliyeti diğer giydirme cephe sistemlerine göre daha düşüktür, montaj ve nakliye kolaylığı, şantiye koşulları açısından gerekli yerlerde açıklık bırakılması gibi avantajları nedeniyle ülkemizde yaygınlıkla kullanım alanı bulmaktadır [3].

Her profil montajının yapı cephesinde yerinde yapılmasından dolayı, montaj esnasında hava koşullarından etkilenmeye açıktır. Yüksek kotlarda tam kontrollü çalışma zorluğu, montajda özel itina gösterilmesini gerektirmektedir. Ayrıca, yatay ve düşey hareketlere karşı uyumu zayıf olması nedeniylede yüksek yapılar için önerilmemektedir [18].

- **Panel Sistemler**

Bu sistemde giydirme cepheler, genellikle bir kat yüksekliğinde ve bir modül genişliğinde fabrikada üretilir ve şantiyeye getirilip yerinde monte edilir (Şekil 2.11)[3].



Şekil 2.11. Giydirme Cephe Panel Sistem Uygulaması [17]

Fabrikada üretildiğinden dolayı kalite kontrolleri kolaylıkla yapılan bu sistem, yapının yatay ve düşey hareketlerine tam uyum sağlamaktadır, bu yüzden meydana gelecek olan genleşmeden dolayı gürültü oluşmamaktadır. Ayrıca, fabrika koşullarında hazırlanan panellerin yerine yerleştirilmesi işlemi daha az işçilikle daha hızlı bir şekilde gerçekleşebildiği için, zamandan ve maliyetten tasarruf edilmektedir.

Sistemin dezavantajları olarak, büyük boyutlu panellerin sağlıklı depolanma zorluğu ve nakliyede karşılaşılan güçlükler olarak sayılabilir [3].

- **Yarı Panel Sistemler**

Paneller kat bazında yatay şerit halinde hazırlanır. Şekil 2.12' de görüldüğü gibi kat boyunda büyük bir panel gibidir. Fabrikada üretilip şantiyeye getirilir, ve monte edilir, camlar şantiyede içten veya dıştan takılır [19].



Şekil 2.12. Giydirme Cephe Yarı Panel Sistem Uygulaması [17]

Bu sistemde dikey ve yatay profiller kat bazında bağlandıklarından dolayı, kattan kata monte edilen sürekli bir eleman özelliği kazanmaktadır. Bunun sonucu olarak yapıda oluşan genleşmeler her kata yansıtılmamaktadır. Böylece cephede oluşan genleşme gürültüsü olmamaktadır [20].

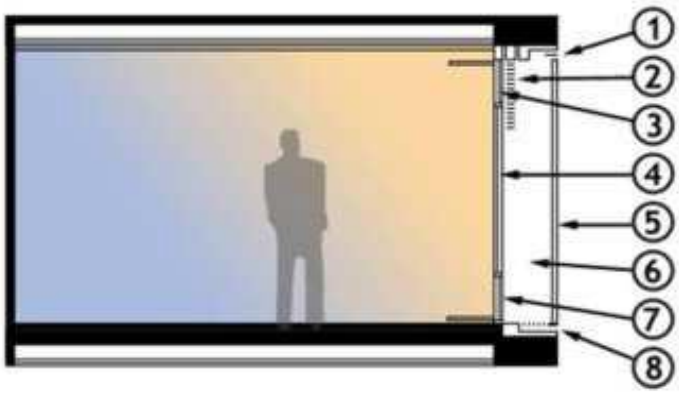
İleri teknoloji ile üretilmiş alüminyum kompozit paneller, giydirme cephe kaplamalarında, özellikle son yıllarda, modern mimaride kullanılan ve çok tercih edilen bir yapı elemanı olarak karşımıza çıkmaktadır [21].

2.3. Çift kabuk Cepheler

Çift tabakalı cephenin her çeşidinde katmanlar arasında bir tampon bölge oluşturulmaktadır, güneşten korunma elemanları vb. gibi elemanlar bu bölgeye yerleştirilmektedir. Bu elemanlar rüzgâr, yağmur, kar gibi dış etkenlere maruz olmadığından, bina dışına yerleştirilen elemanlara oranla daha ekonomik olup cephenin iç yüzeyinden kontrol edilebilmektedir. Kabuklar arasındaki boşluk sayesinde bakım ve onarımı kolaylıkla yapılabilmektedir. Enerji korunumu ve iklimsel avantajlarının yanı sıra bu tür cepheler binaya estetik görünüm ve hafiflik kazandırmaktadır. Çevre mühendislerinin tahminlerine göre, çift tabakalı cephelerin belli türlerinde %30'dan %50'ye kadar enerji tasarrufu sağlanabilmektedir [22].

Sıcak ve soğuk iklimlerdeki yapılar için ise, çift tabakalı cephenin görevi ısı yalıtımı açısından ön plana çıkmaktadır. Bu cepheler soğuk iklimlerde ısı kaybını, sıcak iklimlerde ise ısı kazancını engellemektedir. Ayrıca özellikle rüzgâr etkisinin çok fazla olduğu yüksek yapılarda doğal havalandırmaya olanak tanımaları da en büyük avantajlarındandır [23].

Şekil 2.13' te çift tabakalı cephe kuruluşunun çalışma ilkesi basitçe gösterilmektedir .



Şekil 2.13. Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin Çalışma İlkesi [24]

Yapılardaki dış kabuk dışarıdan gelen gürültüyü engelleme görevi de yapmaktadır. Çift kabuktaki dış kabuğun sesi engellemesinden dolayı ara boşluktaki gürültü seviyesi düşüktür. iç kabuktaki pencerelerin açılması durumunda dahi gürültü seviyesi düşük olduğu için iç mekanlarda konfor şartları sağlanmaktadır [25].

Çift kabuk cephe sistemleri, iç ve dış ortam arasında tampon bölge görevi yapan havalandırma bosluğunun, havalandırma sistemine ve bölümlendirme tipine göre sınıflandırılmaktadır. Havalandırma sistemine göre; doğal, mekanik ve hibrid havalandırmalı olmak üzere üçe ayrılmakta, bölümlendirme tipine göre ise; bina yüksekliğinde, kat yüksekliğinde, kutu pencere tipi ve saft tipi çift kabuk sistemleri olmak üzere dörde ayrılmaktadır [24].

- **Doğal Havalandırmalı Çift Kabuk Cephe Sistemleri**

Yüzeyleri arasında geniş bir hava boşluğu olan ve bu boşluk sayesinde doğal havalandırmaya olanak sağlayan cephe sistemleridir. Doğal havalandırma yoğunluk farklılıkları yani baca etkisi sonucu gerçekleşmekte ve iç ortam hava kalitesinde önemli rol oynamaktadır. Bu tip cephelerde iç ortama açılan pencerelerde açılabilir kanatlar bulunmaktadır. Dıştaki cam kabuk ise ya tamamen sağır bırakılmakta ya da havanın kontrollü bir şekilde boşluğa alınmasını sağlayan kanallar bırakılmaktadır. Havalandırma için bırakılan bu kanallar kışın kapatılarak boşluk ısı yalıtımı görevini üstlenmekte, yazın ise özellikle geceleri açık bırakılarak bina pasif olarak soğutulabilmektedir. Böylece kışın ısı kayıpları, yazın ise soğutma yükü azaltılabilmektedir (Şekil 2.14.) [24].

Dolayısıyla çift tabakalı cephe sistemlerinde amaç, kabukta iki tabaka arasında dolaşan havanın kontrollü bir şekilde dışarı atılması ve iklim şartlarına göre ısıtma ve soğutmaya yardımcı olup enerji tasarrufuna katkı sağlamasıdır.



Şekil 2.14. Doğal Havalandırmalı Çift Kabuk Cephe Örneği [26]

- **Mekanik Havalandırmalı Çift Kabuk Cephe Sistemleri**

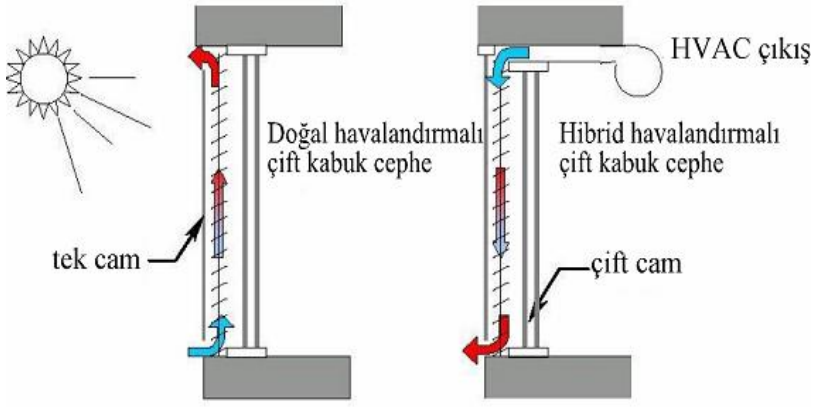
Mekanik havalandırmalı cephelerde genellikle döşeme altında veya üstünde yer alan bir havalandırma sistemiyle boşluk içindeki havanın giriş ve çıkışı sağlanarak temiz havanın dağılımının yapılması gerekmektedir. Bu tür bir cephenin özelliği, iç güneş kontrol elemanı ile birlikte, cephe arkasına eklenen tek camlı katman ile oluşturulmuş bir hava boşluğundan oluşmasıdır. Hava, mekanik sistemler yardımıyla havalandırma boşluğuna alınır. Boşluktaki hava diğer katlara doğru yükselirken boşluk içindeki ısı da hava ile birlikte dışarı atılmış olur. Mekanik sistemlerle gerçekleştirilen uygulamalarda ek enerji yükü olmaktadır. Ayrıca tasarımda gereken tesisat sistemleri için mekan kaybıda olacaktır. Mekanik havalandırmalı sistemler, doğal havalandırmalı sistemlere göre daha fazla gürültü kontrolü sağlamaktadırlar **(**Şekil 2.15) [26].



Şekil 2.15. Mekanik Havalandırılan Cephe Örneği, İngiltere [25].

- **Hibrid Çift Kabuk Cephe Sistemleri**

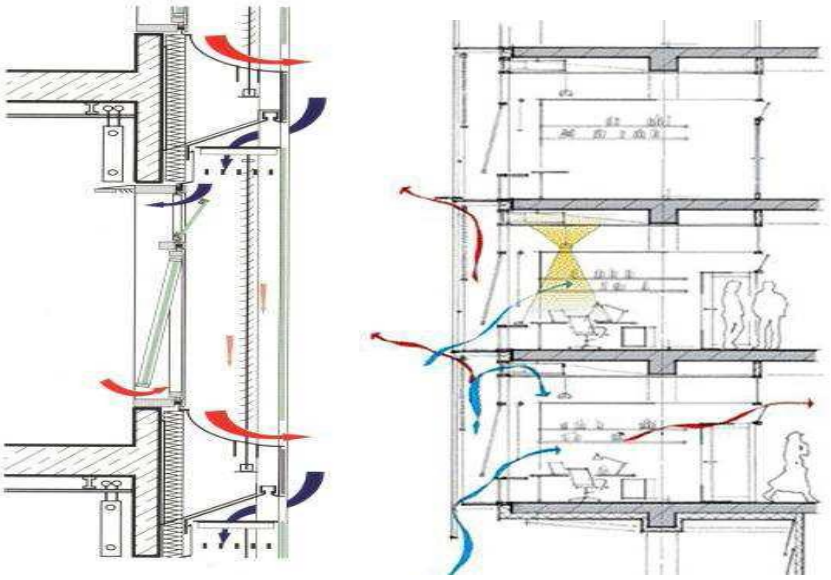
Hem doğal hem de mekanik havalandırmanın bir arada kullanıldığı sistemlerdir. Doğal havalandırmanın yetersiz ve etkisiz kaldığı durumlarda mekanik havalandırma kullanılmaktadır. Mesela dış ortam sıcaklığının yüksek olması durumunda baca etkisiyle havalandırma yapılamaz ve mekanik havalandırmaya ihtiyaç duyulur. Sıcaklığın düştüğü gece saatlerinde ise doğal havalandırma yapılabilmektedir (Şekil 2.16.) [24].



Şekil 2.16. Doğal ve Mekanik Havalandırmalı Çift Kabuk Cephe Sistemi [26]

- **Kat Yüksekliğinde Çift Kabuk Cephe Sistemleri**

Çift kabuklu cephelerin en çok kullanılan çeşitlerinden biridir. Her kata taze hava alma ve kirli havayı verme kanalları yerleştirilir ve her kattaki boşluklar birbirinin üzerine gelecek şekilde düzenlenir. Koridor cephelerin yapımında, her katta gerekli olan bir dizi havalandırma boşlukları ve bölücülerinden dolayı kesintisiz çift kabuklu cepheden daha karmaşık yapıdadır. (Şekil 2.17) [27]. Oldukça karmaşık bir sisteme sahip olmasına rağmen hava giriş çıkışları her katta ayrı çalıştığı için daha etkin havalandırma kontrolü sağlanmaktadır.



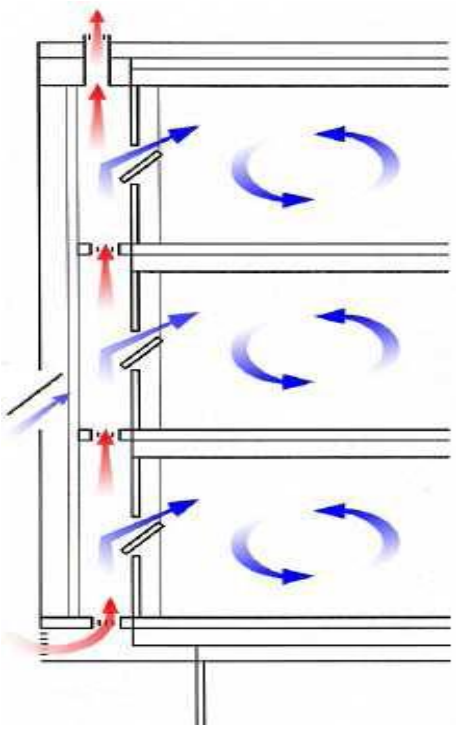
Şekil 2.17. Kat Yüksekliğinde Çift Kabuk Cephe Sistemi [27]

Sistemin olumlu ve olumsuz yönleri:

- Her kat kendi havalandırmasını yaptığı için daha iyi havalandırma sağlanır.
- Güneş kontrol elemenları tampon bölgeye yerleştirilebilir ve bakımları kolay olur.
- Katlar arasında ve cepheden olan ses yalıtımı için iyi sonuçlar verir. Fakat aynı katta bulunan mekanlar arasında sesin yayılması dezavantajdır [27].

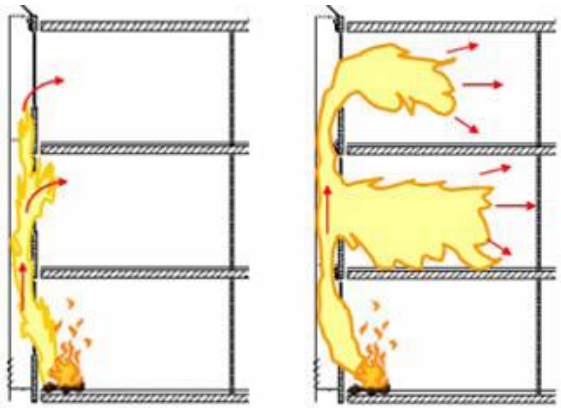
- **Bina Yüksekliğinde Çift Kabuk Cephe Sistemleri**

Bu cephe kuruluşu, bina iç cephe katmanı ile dış cephe katmanı arasındaki boşluğun yatayda ve düşeyde kesintiye uğramadığı bir sistemden oluşur. Bu düzenekler genellikle, dış cidarda herhangi bir açıklık yapılmadığından yüksek seviyedeki gürültünün hakim olduğu çevre durumları için idealdir. Ancak bu durum mekânların yapay olarak havalandırılmasını etkili kılabilir. Yapı yüksekliğindeki ara bölge güneş ısısını toplamak için elverişli bir durum oluşturarak pasif ısı kazançları sağlayabilir **(**Şekil 2.18) [28]. Bu sistemde genellikle boşluk genişliği bireylerin temizlik, bakım-onarım işlerini yapabilecekleri, gerekirse katlarda yürüyebilecekleri şekilde tasarlanır. Bina yüksekliğindeki bu cepheler genellikle doğal yollarla havalandırılır, ancak mekanik havalandırılan bina yüksekliğinde cephelerde yapılmaktadır.



Şekil 2.18. Bina Yüksekliğinde Çift Kabuk Cephe Sistemi [28]

Bina yüksekliğindeki cephelerde genellikle iki tür havalandırma biçimi kullanılır; dış hava perdesi ve tampon bölge yaratarak. Eğer cepheden yüksek termal izolasyon beklentisi varsa havalandırma biçiminde, tampon bölge yaratma tercih edilir. Bu durum genelde soğuk iklim bölgeleri için geçerlidir. Sonuç olarak bu tür cepheler, etkili bir akustik performans ve termal izolasyon sağlar ancak yangın güvenliği açısından cephe boşluğu, Şekil 2.19 da görüldüğü gibi. alevleri yukarı katlara taşıması bakımından problemler yaratabilir [29].

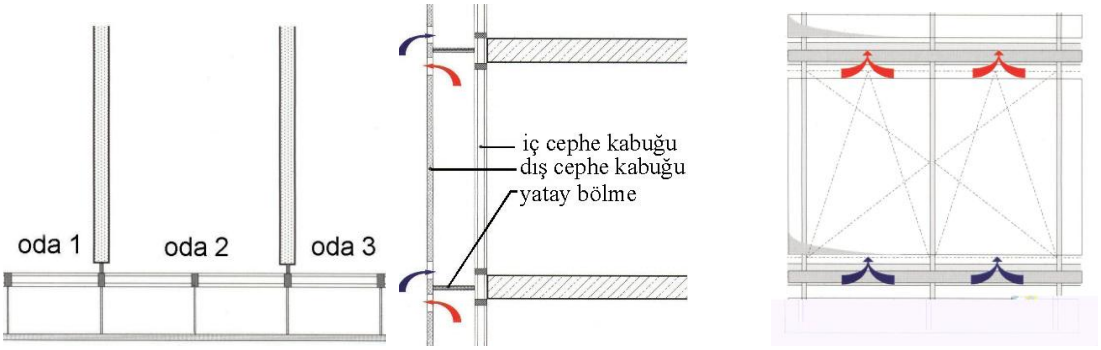


Şekil 2.19. Bina Yüksekliğindeki Cephelerde Yangın Yayılımı [29]

Yanma eyleminin gerçekleşmesi için, yanıcı madde, ateşleme kaynağı ve yakıcı madde (oksijen) gerekli olan üç bileşendir. Bu sistemin dezavantajı ısınan havanın yükseldiği durumda bu oluşturulan ara bölge bir baca etkisiyle alevleri üst katlara taşımakta ve katlar arası kesinti olmadığından diğer katlara da yangının yayılmasına neden olmaktadır.

- **Kutu Pencere Tipi Çift Kabuk Cephe Sistemleri**

Kutu pencere tipi çift kabuk cephe sistemlerde, iç ve dış ortam arasındaki havalandırma boşluğu hem her kat hizasında yatay olarak hem de her mekânın pencere hizasında düşey olarak bölündüğü için diğer sistemlere göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. (Şekil 2.20) Her kat hizasından hava alışverişi olduğu için iyi derecede doğal havalandırma sağlanmış olur. Her kat ve pencere hizasında yer alan kutu şeklindeki boşluğun alt kısmındaki menfezden boşluk içine alınan hava, bulunduğu alan içinde ısınır ve üst kısımdaki menfezden dışarı atılır [23]. Bu sistemde yine her katta ayrı bir düzenek hazırlandığı için biraz karmaşık bir yapıdadır. Daha çok doğal havalandırma yapılmakta ve benzer şekilde ısınan hava menfezlerden dışarı atılmaktadır.

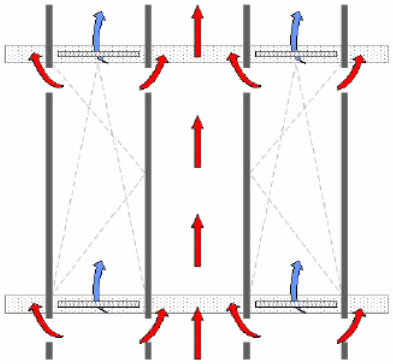


(a) plan (b) kesit (c) Görünüş

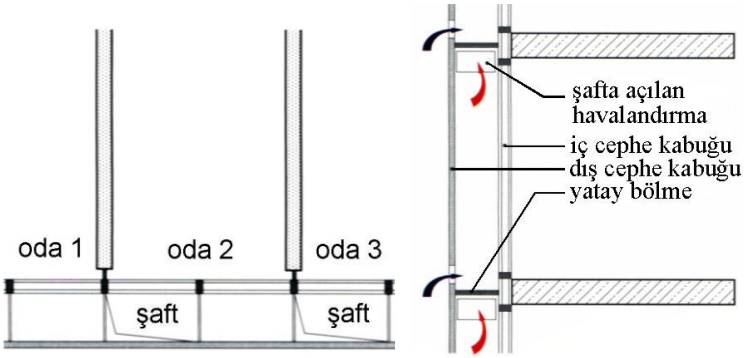
Şekil 2.20. Kutu Pencere Tipi Çift Kabuk Cephe Sistem Kuruluşu [23]

- **Şaft Tipi Çift Kabuk Cephe Sistemleri**

Katlar boyunca devam eden düşey şaftlardan oluşmaktadır; bu sayede baca etkisini oluşturarak doğal havalandırmaya olanak sağlar. Dış cephede açılan mazgallar dışarıdan kontrollü bir temiz hava girişi sağlayarak yüzeyler arasındaki boşluğun taze hava ile dolmasını ve istendiğinde bu havanın iç mekâna akışı sağlanarak mekânın kontrollü bir şekilde havalandırılmasına da imkân vermektedir (Şekil 2.21- Şekil 2.22) [28].



Şekil 2.21. Şaft Tipi Cephe Sistemindeki Hava Akımı [28]



Şekil 2.22. Sistemin Plan ve Kesit Düzlemindeki Çalışma Prensibi [28]

BÖLÜM 3

DIŞ CEPHE SİSTEMLERİNİN TAŞIMASI GEREKEN ÖZELLİKLER

Sürekli değişen iklimsel koşulların etkisi altında kalan yapı dış cephesi, iç ve dış ortam arasında bir sınır oluşturmaktadır. Bu nedenle yapı dış kabuğunu oluşturan cephe sisteminden beklenen; çevresel faktörlerin kontrol altına alınıp, yapı içinde uygun yaşam konforunu en iyi şekilde sağlamasıdır.

Dış cephe sistemlerinde iç ortam konfor koşullarını etkileyen ısı, nem, sıcaklık, su, rüzgâr, ses, yangın, gibi özellikler incelenecektir.

3.1. Isı

Bir malzemedeki ısı miktarı, o malzemenin atomlarının titreşimi ve kinetik enerjilerinin toplamı olarak tanımlanabilir. Mekanik etkiler malzemede ısı artışı meydana getirebilir. Malzeme molekülleri ufak genlikli titreşim hareketi yaparlar, molekül hareketlerinin artışı malzemelerin sıcaklılarının yükselmesine yol açar. Maddeler akışkan ise moleküllerin çarpışmaları esnek olup hacim içinde farklı noktalara gidebilirler. Isısal enerjileri birbirinden farklı olan malzemeler karşılaştığı takdirde enerji iletimi gerçekleşmekte ve her iki malzeme atomlarının enerjileri eşit olunca ısısal denge sağlanmaktadır. Katı, sıvı ve gazlarda ısı ile hacim değişimi sonucunda ısısal deformasyon meydana gelir. Katı malzemenin bir doğrultudaki genleşmesine uzama denilmektedir. Sıcaklık değerinin düşmesi ile bu oluşan hacim değişimine de kısalma adı verilmektedir. Bu olayların ana nedeni sıcaklık değişimleri ile farklı titreşime uğrayan atomlar arasındaki mesafelerin değişmesidir. Isısal deformasyon olayının diğer bir etkisi malzemenin mekanik deformasyonuna da neden olmasıdır. Genleşme ve

büzülmeler sonucunda malzemede iç gerilmeler oluşmakta ve bu nedenle malzeme deformasyona uğrayıp parçalanmalar olabilmektedir [4, 30].

Yapılarda iç ortam konfor koşullarının sağlanması için yazın soğutma, kışın ısıtma yapılması gerekir. Soğutma ve ısıtmadan kaynaklı enerji giderlerinin azaltılması açısından duvar sistemlerinde ısıl geçirgenlik değerlerinin standardlarda belirtildiği yani TS 825 "Binalarda Isı yalıtım Kuralları" nda belirtilen ısıl geçirgenlik değerine sahip olmalıdır. Duvar sistemelerinde duvara ilave ısı yalıtım malzemesi eklenerek duvarın ısıl direnci arttırılabilir [31]. Isı yalıtım malzemesi duvara içten, dıştan veya ortadan yerleştirilebilir. Isı yalıtım malzemesinin konumu duvarın toplam ısı geçirgenlik değerini değiştirmez ancak içten yerleştirilmesi durumunda duvarın ısıl genleşmesi kontrol edilememekte, duvarın ısı biriktirme kapasitesi azalmaktadır. Isı yalıtım malzemesinin dıştan yerleştirilmesi halinde duvarın ısıl genleşmesi konrol edilebilmekte ve ısı biriktirme kapasitesi artmaktadır. Bir duvar sisteminin kesit tasarımında nem performansı açısından duvar sisteminin ısıl direncini arttıracak önlemler almak ve ısı yalıtımının konumunun doğru seçilmesi önemlidir. Isıl direnç, duvar sistemini oluşturan katmanların kalınlıklarının arttırılması ve katmanları oluşturan malzemelerin ısıl iletkenlik değerleri düşük olan malzemelerden seçilmesi ile birlikte arttırılabilmektedir [32].

3.2. Nem

İç ve dış ortamdaki nem miktarı bağıl nem ile ifade edilmektedir. Havadaki bağıl nem oranı doğada ortalama %50–75 arasında değişmektedir. Modern yapılarda ise özellikle kış aylarında bina ısıtıldığında bu oran %15–30 arasına kadar inmektedir. İnsan sağlığına en uygun nem oranı %50 olarak kabul edilmektedir. İç mekânda bağıl nem oranı % 40–70 arasında ise doğal konfor şartlarının sağlanmış olduğu düşünülmektedir [33, 34].

Bina kabuğunda ısı iletimi ile birlikte su buharı iletimi de gerçekleşmektedir. Su buharının yapı elemanı içindeki hareketi sırasında hiç yoğuşmadan dış ortama gaz olarak ulaşması halinde yapı elemanının gerek kullanım ömrü ve gerekse ısıl performansı açısından bir sorun oluşmamaktadır. Ancak yapı elemanını oluşturan malzemelerin su buharı geçişine gösterdikleri dirence (su buharı difüzyon direnç faktörü / μ) ve malzemelerin sırasına bağlı olarak, yapı elemanından geçerken, su

buharının gaz halinden sıvı hale geçmesi, yani yoğuşması ihtimali vardır. Bu nedenle yapı elemanı içerisinde yoğuşabilecek su miktarının hesaplanıp belirli bir sınırın altında kalması için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir [35].

Dış duvar sistemine iç ortamdan giren su buharının dış ortama kolaylıkla atılabilmesi için sistemi oluşturan katmanların buhar difüzyon direnç faktörleri içten dışa doğru azalması gerekir. Bu sebeple ısı yalıtım malzemesi dışarıda kullanılarak duvar gövdesi sıcak kalacak ve buhar yönünden bir yoğuşma sorunu ortaya çıkmayacaktır. Isı yalıtım malzemesi iç tarafta kullanıldığı zaman ve düşük buhar difüzyon direncine sahip olması durumunda, ısı yalıtım katmanı ve duvar gövdesi arasında yoğuşma oluşacaktır. Isı yalıtım katmanı iç tarafta kullanıldığında bu katmanın iç yüzüne bir buhar kesici katman uygulanabilir. Yoğuşmanın engellenmesi için ısı yalıtım malzemesi ve dış kaplama malzemesi arasında bir havalandırma boşluğu bırakılabilir [36].

Yoğuşmaya karşı yapı kabuğunda bir takım önlemler alınması gerekmektedir. Bu önlemler alınırken dikkat edilmesi gereken nokta yapı kabuğunun nefes almasını engellememektir. Yapı kabuğunda, iç ortam ile dış ortam arasında su buharı geçişine mutlaka izin verilmelidir. Aksi takdirde içerideki havanın niteliği bozularak, insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek ve duvar yüzeylerinde nemlenmeye bağlı olarak hasar oluşabilecektir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Duvarda Neme Bağlı Oluşan Bozulmalar

3.3. Sıcaklık

Sıcaklık; değişken olan bir atmosferik etkendir. Ortam sıcaklığının değişimine bağlı olarak elemanda meydana gelen sıcaklık değişimleri, malzemelerin farklı genleşmeleri nedeniyle malzemelerde gerilmelerin oluşmasına, sıcaklığın düşmesi ile malzemelerdeki suyun gözenekler içinde veya yüzeyde donması sonucu malzemelerde, fiziko-kimyasal olayların oluşmasına, biyolojik ve kimyasal hasarların hızlanmasına neden olmaktadır [37].

Sıcaklığın yükselmesiyle malzemelerde genişleme oluşmaktadır. Farklı özelliklerde olan malzemelerin yan yana kullanılması, ek yerlerinden ayrılmalarına ve ek yerlerini kapatan sıva ve boyalarda çatlama ve dökülmelere neden olmaktadır (Şekil 3.2) [38].



Şekil 3.2. Sıcaklığa Bağlı Dış Yüzeyde Oluşan Bozulmalar [38]

3.4. Su

Dış duvarlar; dış ortamdan yağışlar yoluyla gelen sudan, zeminden gelen sudan ve iç ortamdan dış ortama hareket eden su buharının yoğuşması sonucu oluşan sudan etkilenmektedir. Suyun dış duvarlarda meydana getirdiği zararları düşük düzeyde tutmak için; dış duvarlarda drenaj katmanı veya drenaj boşluğu düzenlenmesi, suyun yükselmesine imkân sağlamayacak gözeneklilikte malzeme kullanılması, suyun yükselmemesi için duvarı yarıp kurşun bir levha yerleştirilmesi, suyun yükselmesine engel olunması için, duvara belirli aralıklarla delikler açılabilir ve bu deliklere şişeler yerleştirerek bu şişelerden akan su ve gözenekleri dolduran polimer esaslı kimyasal bir maddenin duvardaki suyla birleşerek jelleşmesi gerekir [39].

3.5. Rüzgâr

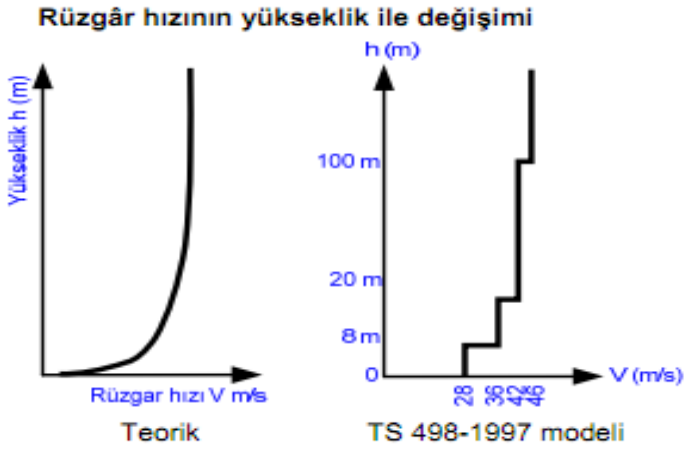
Şiddetli rüzgarların savurduğu kum, toprak gibi maddelerin yapı kabuğu üzerinde aşındırma etkisi vardır. Rüzgâr yükünün fazla olduğu durumlarda bina kabuğunda çatlama ve malzemelerde bozulmalara neden olmaktadır.

Rüzgar yükü çok yüksek olmayan, normal yapılar için statik olduğu kabul edilen ve yapıya yatay etkiyen yüktür. Rüzgârın esiş yönünde çarptığı yapı yüzeylerinde basınç, terk ettiği arka yüzeylerde ve yalayıp geçtiği yüzeylerde emme kuvveti oluşur. Rüzgâr kuvvetinin (w) birimi kN/m^2 dir. Basınç veya emme kuvveti rüzgârın hızına ve yapının geometrisine bağlıdır. Şekil 3.3' te görüldüğü gibi rüzgâr hızı belli bir yüksekliğe kadar artar sonra sabit kalır. TS 498-1997' ye göre, 100 m yüksekliğe kadar rüzgâr kuvveti giderek artar iken, 100 m den sonra sabit kalmaktadır [40].

TS 498-1997' ye göre yapı cephelerine etkiyen rüzgar yükünün hesabı formülleri:

$$w = c_p q \tag{3.1}$$

$$q = V^2 / 1600 \tag{3.2}$$



Şekil 3.3. Rüzgar Hızının Yükseklik ile Değişimi [40]

Cp (Yapı yüzeyinin konumuna bağlı katsayı) için çoğu yapıda aşağıdaki değerler geçerlidir:

Normal yapılarda:

Cp =0.8 : Esiş yönüne dik duran ve rüzgârın çarptığı yüzeylerde (basınç)

Cp =0.4 : Rüzgârın terk ettiği veya yalayıp geçtiği yüzeylerde (emme)

Cp =1.2Sina-0.4 : Rüzgâr yönü ile a açısı yapan ve rüzgârın çarptığı düzlemlerde (basınç veya emme)

Kule tipi yapılarda (yüksekliği plandaki eninin 5 katı veya daha fazla olan yapılar):

Cp =1.2 : Esiş yönüne dik duran ve rüzgârın çarptığı yüzeylerde (basınç)

Cp =0.4 : Rüzgârın terk ettiği veya yalayıp geçtiği yüzeylerde (emme)

Cp =1.6Sina-0.4 : Rüzgâr yönü ile a açısı yapan ve rüzgârın çarptığı düzlemlerde (basınç veya emme)

q değeri TS 498-1997, e göre Tablo 3.1. deki gibidir. Bu değerler tüm Türkiye için geçerlidir. Yönetmeliklerde mevcut bir rüzgâr haritası yoktur. Rüzgâr hızının yüksek olduğu bölgelerdeki yüksek yapılarda rüzgâr hızının Meteoroloji Bölge Müdürlüklerinden öğrenilerek q değerinin değişimi belirlenebilir [40].

Tablo 3.1. Bina Yüksekliği ile Değişen Rüzgar Hızı, Basınç ve Emme [41]

Zeminden Yükseklik (m)	Rüzgar Hızı v (m/s)	Emme q (kN/m2)
0 - 8	28	0,5
9 - 20	36	0,8
21 - 100	42	1,1
> 100	46	1,3

3.6. Yangın

Yangın, yapıya ve kullanıcılarına zarar vererek can ve mal kaybına neden olmaktadır. Bina cepheleri yangının tüm binaya yayılmasında katkıda bulunabilir. Çok katlı bir yapıda, bazı önlemler alınmamışsa yangının kattan kata yayılması kolaydır. Yangının yayılımını ve dumanın geçişini önlemek üzere kat döşemesi ile cephe arasında yangın kesici bariyerler ve ısı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır [42]. Cephe oluşumunda seçilen malzemelerin yangın karşısındaki davranışı bilinmeli buna göre detaylandırma yapılmalıdır.

Yığma yapılarda kullanılacak taşların cinsi yangın dayanımı bakımından önemlidir. Homojen volkanik taşlar yangına daha dayanıklıdır. Doğal veya yapay taş, beton veya asbestli çimento plaklar yangına dayanıklı A sınıfı malzeme olarak kabul edilir. En az 10 cm kalınlıkta taş, tuğla, beton veya betonarme elemanlar yangına dayanıklıdır. Fakat yangında ani sıcaklık yükselmesi ve iç buhar basıncı etkisiyle söz konusu malzemelerde 5 cm'ye kadar varan büyüklükte parçalar atabileceği hakkında görüşler bulunmaktadır [43].

Yangının çelik konstrüksiyon üzerinde de yıkıcı etkileri bulunmaktadır. Yangın sırasındaki yüksek sıcaklıktan ısınan çelikte uzama ve birleşim noktalarında değişmeler meydana getirmekte ve bazen de bütün konstrüksiyonun yıkılmasına neden olmaktadır. Yangın sırasında çelik malzemede taşıma gücü azalmaktadır. Bu durum özellikle çelik çatılarda önem kazanmaktadır. Bu olumsuz etkiler gerekli yalıtım ve koruma önlemleriyle ortadan kaldırılabilir [43].

Çelik yapı elemanlarının yangına karşı yalıtımında mantolama yöntemi yanında püskürtme, sıvama, sıcakta şişen boya sürme ve "ksilolit kaplama [44] " gibi yöntemler kullanılabilir. Mantolama yönteminde, betonarme ve çelik esaslı kolon-kiriş gibi taşıyıcı yapı elemanlarının alçı bileşimli hafif agregalı plaklarla kaplanması en çok tercih edilendir. Bu tür kaplamalar yangın sırasında aşırı derecede ısınmaya karşı yapıyı mümkün olduğu kadar uzun süre korumaktadır [45].

Kolon, kiriş ve kafes kirişlerin her çeşit profil kesitlerinde ve karmaşık birleşim detaylarında püskürtme sıvalarla koruma yapılabilir [46].

Püskürtme sıva malzemesi vermikülitli, cüruflu ve mineral lifli (amyant lifli) olmak üzere üç çeşittir. Yüzeye 10-60 mm arası kalınlıkta uygulanınca yangını 2-4 saat geciktirmektedir [47].

Dış cephelerin, yüksek binalarda zor yanıcı malzemeden ve diğer binalarda ise en az zor alevlenici malzemeden olması gerekir. Cephe elemanları ile alevlerin geçebileceği boşlukları bulunmayan döşemelerin kesiştiği yerler, alevlerin komşu katlara atlamasını engelleyecek şekilde döşeme yangın dayanımını sağlayacak süre kadar yalıtılır. Alevlerin bir kattan diğer bir kata geçmesini engellemek için iki katın pencere gibi korumasız boşlukları arasında, düşeyde en az 100 cm yüksekliğinde yangına dayanıklı cephe elamanıyla dolu yüzey oluşturulur veya cephe iç kısmına en çok 2 m aralıklarla cepheye en fazla 1.5 m mesafede yağmurlama başlıkları yerleştirilerek cephe otomatik yağmurlama sistemi ile korunur [48].

Gelişmiş ülkelerin yapı mevzuatlarında, yangın güvenlik önlemlerine ait standartlar geniş yer tutmaktadır. Bu yapı mevzuatlarında, yangın güvenlik önlemlerine ilişkin hükümlerin önemli bir bölümü, yapı malzemeleri ve yapı elemanları ile ilgilidir. Ülkeler, yapı malzeme ve elemanlarını kendi mevzuat ve standartları eşliğinde değerlendirmektedirler. Bu durum, her ülkeye ait farklı standart, sınıflandırma ve değerlendirme kriterlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Yanlız, Avrupa Birliği (AB), üye ülkeler arasında oluşan farklı yaklaşımları ortadan kaldırmak ve yapı malzemelerinin serbest dolaşımını sağlamak amacıyla yapı malzeme ve elemanlarına genel bir yaklaşım getiren Yapı Malzemeleri Direktifini (Construction Products Directive – 89/106/EEC) yayımlamıştır [49].

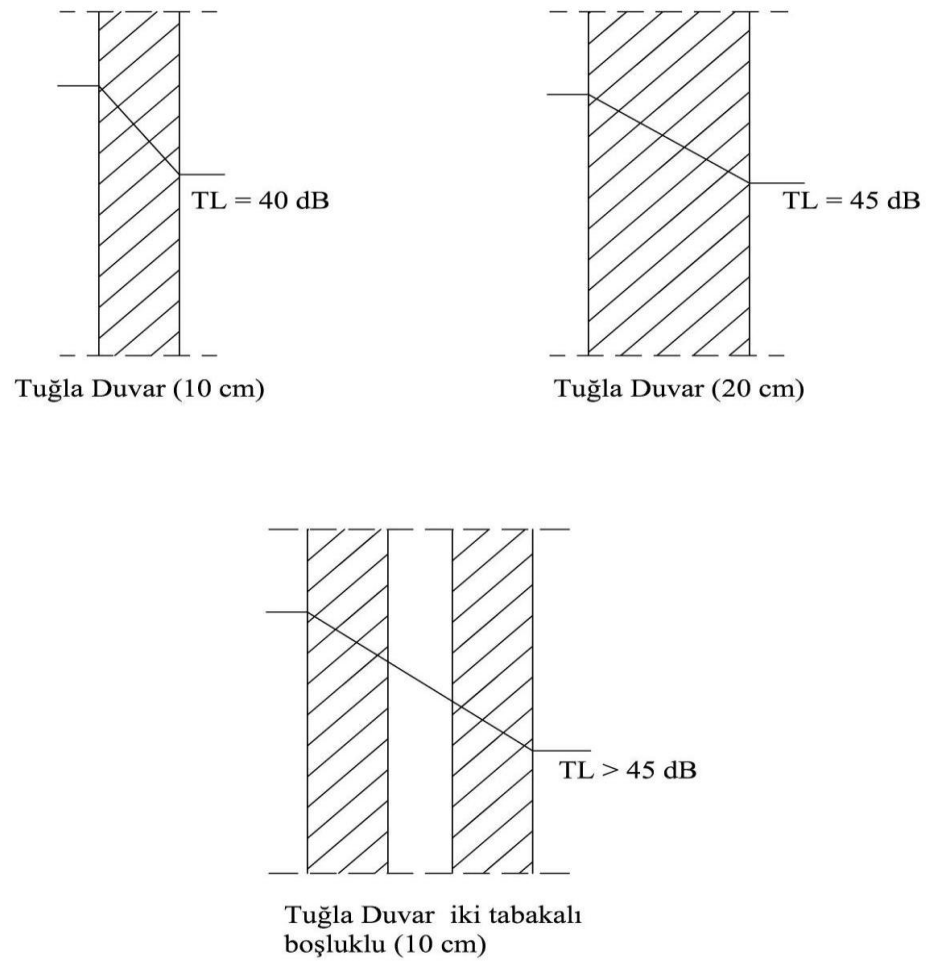
3.7. Ses

Ses, belirli bir seviyenin üzerine çıktığında "gürültü" olarak tanımlanır. Gürültü insan sağlığını ve verimini etkilemektedir. İç ortamdaki konforun sağlanması için, dış ortamdaki gürültünün iç ortama girişinin kontrol altına alınması gerekmektedir.

Dış duvar elemanları tek ve çift tabakalı olarak oluşturulabilmektedir. Tek tabakalı duvarların ses azaltımında, kullanılan elemanın kalınlığı, kütlesi, malzemenin sertliği, elemanın montaj şekli ve boyutları etkilidir. Çift tabakalı panellerde hava doğuşlu ses azaltımını arttırmak için yüzey kütlesi ağırlaştırılıp, malzemenin sertliği azaltılıp, bağlantılar esnekleştirilerek tabakalar birbirinden mümkün olduğunca bağımsız hale getirilmelidir. Ayrıca paneller arasındaki boşluk en az 10 cm olacak şekilde arttırılmalıdır. Paneller arası boşlukta boşluğun 3/4'ünden kalın olmayacak şekilde yutucu malzeme uygulanması ve panellerin birbirinden farklı seçilmesi de

faydalı olacaktır. Şekil 3.4' te farklı özelliklerdeki tek ve çift tabakalı tuğla duvarların ses azaltım değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir [50].

Ülkemizde yürürlükte olan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde, işitme konforunun sağlanabilmesi için, kabul edilmiş sınır değerler verilmiştir. Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan "Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinde (2002/49/EC) yeni yapılan yapılarda iç mekân gürültü düzeyleri L_{eq} dBA cinsinden Ek B de verilen sınır değerleri aşmaması gerekmektedir [50].



Şekil 3.4. Tek ve Çift Tabakalı Duvarlarda Ses Yalıtımı Karşılaştırması [50]

BÖLÜM 4

AVRUPA NORMLARINDA UYGULANAN DIŞ CEPHE BİTİRME SİSTEMLERİ

4.1.Yapı Malzemeleri ve CE İşareti

CE işareti, Avrupa Birliğinin, malların serbest dolaşımının sağlanması amacıyla ürünlerin teknik yapılarına ilişkin mevzuatı daha basit ve genel hale getirmek için 1985 yılında benimsediği "Yeni Yaklaşım Politikası" kapsamında hazırlanan ürünlerin uygunluğunu gösteren ve Avrupaya Uygunluk (*Conformité Européenne*) kelimelerinin baş harflerinden oluşan bir birlik işaretidir [51].

Kalitenin, günümüzde yoğun rekabet ortamında, işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri için önemli rolü vardır. Önceleri sadece ürün denetiminde kullanılan bir kavram olan kalite, daha sonra bir strateji aracı olarak ele alınmış, yönetimle birlikte kullanılmaya başlanmıştır [52].

İnşaat sektöründe de, özellikle yapı malzemeleri üzerinde kaliteli üretime yönelik çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. **Yapı Malzemeleri Yönetmeliği,** yapı malzemelerinin sağlaması gereken koşulları da kapsamaktadır. Doğrudan kalite ölçüsü olarak alınmamakla birlikte bu koşullar, yapı malzemelerinin uyması gereken temel gerekleri gösterir. Yapı malzemelerinde **CE işaretinin** kullanılması da, Avrupa Birliğinin ilgili yönergesinde belirlenmiş, koşullara ve kullanıma uygunluktan, teknik gerekler ve standartlardan söz edilmesi nedeniyle bir kalite düzeyinin oluşacağı da ifade edilmiştir. Bu gelişmelere göre, bir yapı malzemesinin kaliteli olduğunun ifade edilebilmesi için, sağlaması gereken koşullarda değişmeye başlamıştır. Bir ürünü kaliteli olarak kabul edebilmek için, bazı koşulları sağladığının da kanıtlanması gerekmektedir [53].

Yapı malzemeleri yönetmeliğine göre, malzemeler kullanılacağı yapı işlerinde (tamamı ya da tek tek kısımları) kendisinden beklenen işlevleri karşılamaya ve ekonomik yönüyle de temel gereklere uymak zorundadırlar. Düzenli olarak gözden geçirilecek, bu gerekler, ekonomik açıdan kabul edilebilir bir çalışma süresince yerine getirilmelidir.

Direktifin temel gereklerinde sağlık ve emniyetle ilgili olarak inşaat işleri için genel amaçlar ortaya konulmaktadır [53].

Bu temel gerekler;

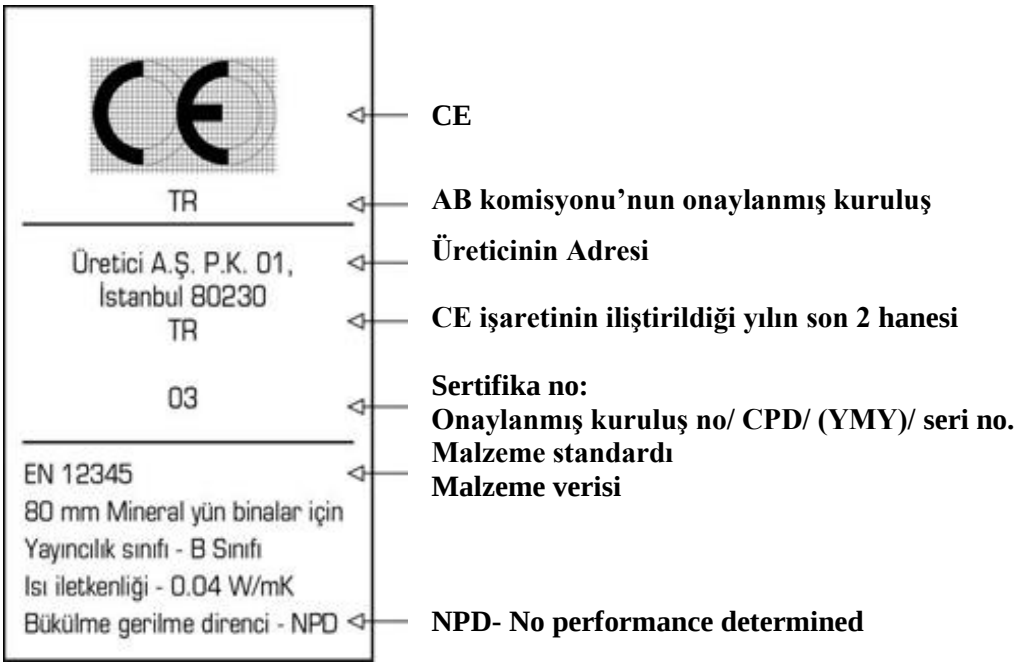
- Mekanik mukavemet ve denge,
- Yangın emniyeti,
- Hijyen, sağlık ve çevre,
- Kullanım emniyeti,
- Gürültüden korunma,
- Enerji tasarrufu ve ısı tutma,

olarak altı temel açıklayıcı belge halinde çıkartılmıştır.

Yangın çıkması halinde, yapının yük taşıma kapasitesi, belli bir süre azalmamalı, yangının etraftaki yapı işlerine yayılmasının sınırlı olmasını sağlayacak biçimde tasarlanıp yapılmalıdır. Yapı işleri, ikamet edecek kişiler veya çevresindekiler için, hijyen ve sağlık açısından, tehdit oluşturmamalıdır. Kullanma ve çalışma sırasında kayma, düşme, çarpma, yanma, eletrik çarpması ve patlama sonucunda yaralanma gibi kabul edilemeyecek kaza risklerine olanak vermemesi gerekmektedir. Gürültünün binada bulunan ve çevredeki insanların sağlığını tehdit etmeyecek, onların yeterli koşullarda uyuma, dinlenme ve çalışmalarına izin verecek şekilde tasarlanıp yapılması gereklidir. Yapı işleri ile bu işlerde kullanılan ısıtma, soğutma ve havalandırma tesisatları, yerel iklim koşulları ve ikamet edenlerin durumlarını dikkate alarak az bir enerji kullanımı gerektirmelidir [54].

Ürünlerin CE işareti taşımasının zorunlu olduğu durumlarda, bu işarete ek olarak şunlar da bulunmalıdır. İmalatçının adı veya ticari markası, gerekli olduğunda, CE işaretinin iliştirildiği yılın son iki rakamı, AT uygunluk belgesinin numarası, üretim

kontrolü sürecinde bulunmuş olan onaylanmış kuruluşun kimlik numarası, ürünün, teknik özellikleri hakkında bilgi gösterilmektedir [55]. Şekil 4.1' de yapı malzemelerinde CE belgesi örneği görülmektedir.

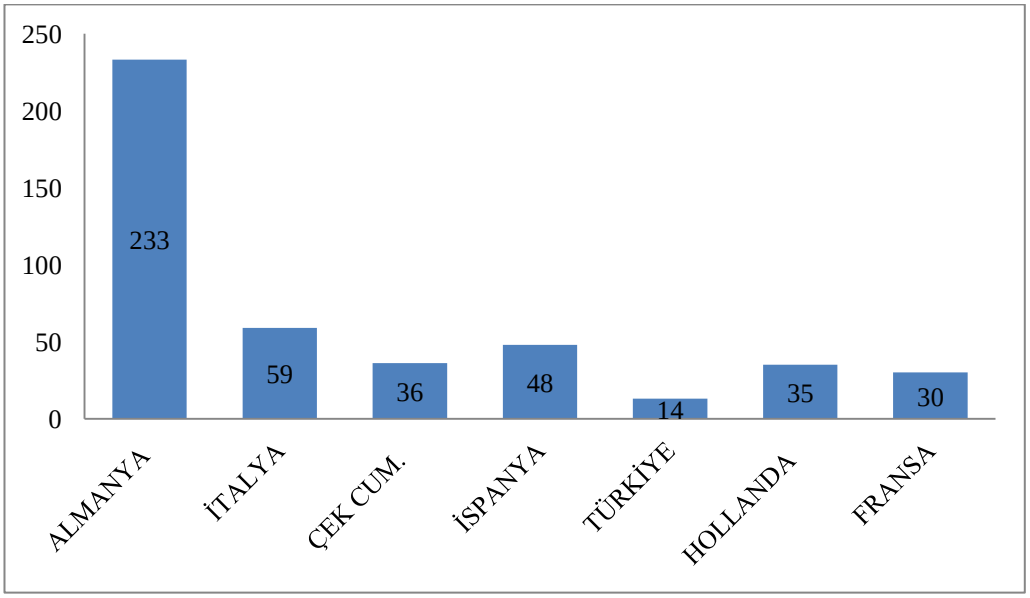


Şekil 4.1. Yapı Malzemelerinde CE Belgesi [56]

- **Onaylanmış Kuruluşlar**

Avrupa Birliği yönetmeliğinde, CE işareti (belgesi) taşıması gereken ürünlerden yüksek risk taşıyan ürünlerin, piyasaya sürülmeden önce konusunda uzman, üçüncü bir taraf olan ve Avrupa Birliği Resmi Gazetesinde yayımlanmış kuruluşlar tarafından uygunluk değerlendirmesinin yapılmasını istemektedir. Bu ürünlerin test, muayene veya belgelendirmesini yapmak üzere üye ülkeler tarafından altyapısı yeterli görülen test, muayene veya belgelendirme kuruluşları arasından seçilerek Avrupa Birliği Resmi Gazetesinde yayımlanan kuruluşlar "onaylanmış kuruluş" (notified body) adını almaktadır. Üye ülkelerce belirlenen onaylanmış kuruluşların listesi Avrupa Birliği Komisyonuna gönderilmekte ve diğer üye ülkelere duyurulması amacıyla bu listeler Avrupa Birliği Resmi Gazetesi'nde yayımlanmaktadır. Bu kuruluşların teknik açıdan yetkin olmaları gerekmektedir [56]. Şekil 4.2' de Avrupa Ülkelerinde ve Türkiyede'ki onaylanmış kuruluş sayıları verilmiştir [Güncelleme tarihi 15.04.2013].

Onaylanmış kuruluşlara dair yönetmelik, ilgili ürün grubuna ait yönetmelik ve yine ilgili ürün grubunun bağlı olduğu bakanlık tarafından hazırlanır. İlgili çalışmalar yapıldıktan sonra teknik dosya hazırlanıp ilgili bakanlığa başvurulur. Bakanlık gerekli incelemeleri yaptıktan sonra, imzalanan protokol gereği başvuruyu Türk Akreditasyon Kurumu'na (TÜRKAK) gönderir. TÜRKAK başvuruyu inceledikten sonra olumlu veya olumsuz görüşlerini bildiren bir rapor hazırlar ve bakanlığa iletir. Bakanlık bu raporu da göz önünde bulundurarak karar verir. Bakanlık en son onaylanmış kuruluş isimlerini Dış Ticaret Müsteşarlığı'na (DTM) bildirir. DTM'dan AB komisyonuna iletilir. Onaylanmış kuruluş AB tarafından da onaylandıktan ve AB Resmi Gazetesi'nde ismi yayınlandıktan sonra faaliyete geçebilmektedir. Bu uygulamayla imalatçı, kendi inşaat malzemelerinin yeterli emniyeti sağladığını ve bu direktifin gereklerinin karşıladığını göstermesi imkânsızdır [56].

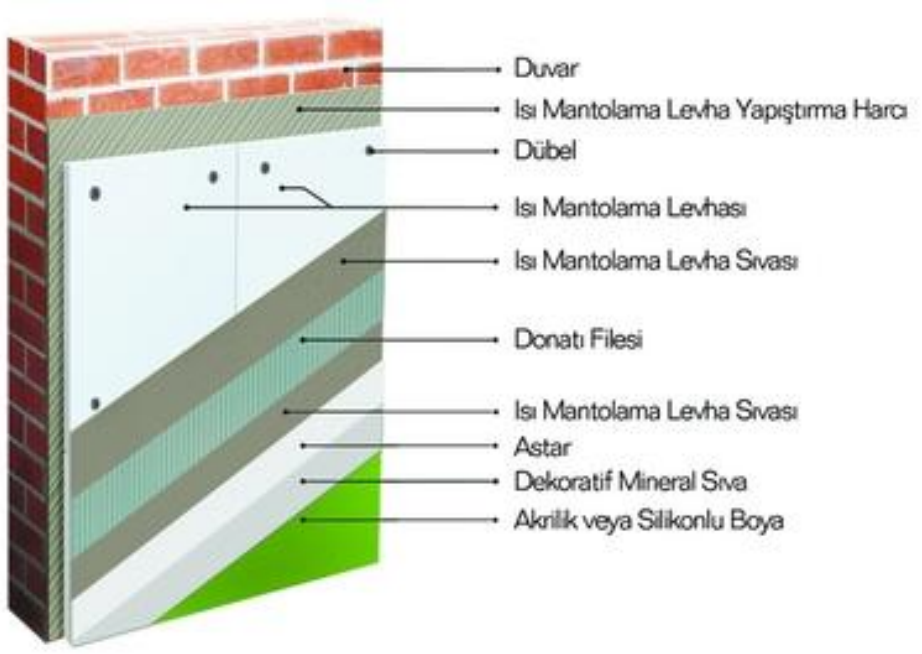


Şekil 4.2. Avrupa Ülkelerinde ve Türkiyede'ki Onaylanmış Kuruluş Sayıları [Güncelleme Tarihi 15.04.2013]

4.2.ETICS Harici Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri (External Thermal Insulation Composite Systems)

Fabrika yapımı mamullerin yerinde (sahada) uygulanması ile elde edilen, sistem imalâtçısı tarafından paket olarak teslim edilen ve sistem ile uygulama yüzeyine göre imalatçısı tarafından özgün olarak seçilmiş bileşenlerden oluşan sistemdir [57].

Dış cephe ısı yalıtım kompozit sistemleri (ETICS), duvar kalınlığı, malzeme maliyeti ve yapım hızı açısından en iyi ve en etkin ısı yalıtımını sağlar ve binalarda en çok tercih edilen çözümdür. Binanın dış duvarına (beton veya tuğla vb gibi) yapıştırma harcı ile sabitlenen yalıtım malzemelerinden (örn: EPS, XPS, mineral yün, fenol köpüğü, poliüretan) oluşur. İkinci aşamada yalıtım katmanı, darbe dayanımını arttırmak için donatı filesi içeren yüzey sıvası ile kaplanır. Üçüncü aşamada ise, son kat sıva veya boya uygulanır. En yaygın kullanılan yalıtım levhası EPS dir [58]. Şekil 4.3. de kompozit ısı yalıtım sistemini oluşturan malzemeler görülmektedir.



Şekil 4.3. Kompozit Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemi

CEN (European Commitee for Standardization) ve bünyesindeki CEN TC88 teknik komitesi altındaki çalısma grupları ısı yalıtım malzemeleri ile ilgili standardları hazırlamaktadır. Çalışma grupları (WG) CE işareti alınmasına olanak veren uyumlaştırılmış standardlar hazırladıkları gibi, endüstri temsilcileri, sivil toplum örgütlerinin talep ve katılımları doğrultusunda uyumlaştırılmayan standardlar da hazırlamaktadırlar [59].

Çalışma grubu (WG 18) ETICS standardlarını hazırlamak üzere çalışmalarına başlamış ve öncelikli olarak mineral yün (EN 13500) ve EPS (EN13499) ETICS standardları oluşturulmuştur. XPS ve Fenol köpüğü ile yapılacak ETICS uygulamaları için standart hazırlama kararı alındığı ve taslak standardlar hazırlıklarına başlandığı belirtilmektedir. EN 13499 ve EN 13500 TSE tarafından türkçeleştirilerek yayımlanmıştır. Bu standardlar günümüzde tavsiye standarttan öteye gitmemekte ve bu standardlara dayanarak CE belgesi alınamamaktadır. ETICS standardlarının harmonize olması ise EOTA onayına bağlıdır ve CEN ile EOTA arasında bu konu ile ilgili görüşmeler devam etmektedir [59].

Avrupa Teknik Onayı Ortak Esasları (ETAG), bir malzeme veya malzeme grubuna ilişkin AB Yapı Daimi Komitesi'nce, açıklayıcı dökümanlar çerçevesinde belirlenen ortak esasları ifade eder. EOTA tarafından düzenlenen şu an için tüm Avrupa Birliği üyesi ülkelerde geçerli belgelendirme olan ETAG 004' e göre onay alan ısı yalıtım sistemleri için CE belgesi düzenlenmektedir.

4.2.1.TS EN 13499 (Yapılarda Kullanılan - Polistren (EPS) Esaslı Haricî Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri)

Bu standart; binalarda ısı yalıtımı için kullanılan ve sistem olarak teslim edilen fabrika yapımı genleştirilmiş polistren (EPS) esaslı harici kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS) ile ilgili özellikleri kapsamaktadır.

Harici kompozit ısı yalıtım sistemleri, ısı yalıtımı etkisini artırmak için, yeni veya mevcut duvarların dış yüzeylerine ve/veya çıkma tabanlarına uygulanmaktadır. Harici kompozit ısı yalıtım sistemleri, uygulanacakları yüzeye (köşeler, parapetler vb.) tespit edilmeleri için özel bağlantı elemanları (su basman profili, köşe profili vb.) içermektedir. Harici kompozit ısı yalıtım sistemleri, binayı dış iklim koşullarına karşı korurken, binanın dış görünüşünü de iyileştirmektedir [57].

- **Genleştirilmiş Polistren esaslı ETICS sistemlerinin sağlaması gereken özellikler**

TS EN 13499 sistem standardına dış cephe ısı yalıtım sistemi, yapıştırıcısından son kat kaplama ve boya ürünlerine kadar birlikte uyum içerisinde çalışan bir ısı yalıtım sistemidir. Sistemin hedefi uygulandığı binanın ömrüne eşdeğer süre boyunca ısı yalıtım görevini yerine getirmektir.

1- Isıl direnç değerleri $1m^2$ K/W den küçük olmamalıdır.

2- Sistemin kararlılığı ve mekanik direnci normal kullanım şartlarındaki yüklere olduğu kadar, kütle, rüzgar yükü, sıcaklık, bağıl nem ve çekme gibi gerilmelere yol açan etkilere karşı dirençli olmalı.

a- Yalıtım sıvasının EPS levhaya yapışma kuvveti değerleri, 80 kPa'dan küçük olmamalıdır.

b- Yapıştırıcının EPS levhaya yapışma kuvveti değerleri, 80 kPa'dan küçük olmamalıdır.

c- Kopma direncinin tasarım değeri, Rüzgâr emme yükü tasarım değerşnden büyük olmalıdır.

3- Isı yalıtım sisteminde kullanılacak yangın davranışı (Avrupa sınıfları) EN 13501-1' e göre olmalıdır.

4- EPS ısı yalıtım levhaları Tablo 4.1' deki değerleri sağlamalıdır.

5- Donatı filesinin çekme gerilmesinin ortalama değeri 40 N/ mm' den büyük olmalı ve başlangıçta, hiçbir ölçme değeri 36 N/mm' den küçük olmamalıdır.

- Normal şartlar altında ve korozif ortamda, çekme gerilmesinin kopma anındaki uzamaya oranı,1 kN/mm'den az olmamalıdır.

- Korozif ortamda depolama sonrasındaki çekme gerilmesi, ilk çekme gerilmesi değerinin % 50 sinden büyük olmalıdır.

6- Sistem yüzeyinin Münferit su geçirgenliği değerleri, 0,5 kg/ m2 h0,5,ten büyük olmamalıdır.

7- Darbe dayanımı değerleri Tablo 4.2.'de verilen değerlerden küçük olmaması gerekir.

Tablo 4.1. EPS Isı Yalıtım Levhalarının Sağlaması Gereken Özellikler [57]

Özellikler	Şartlar	
	Değer	Sınıf
Beyan edilen ısıl direnç	RD≥1,00 m^2K/W	Sınır değer
Yüzeylere dik çekme mukavemeti 1.Yapıştırıcı veya dübeller ile tespit edilen EPS levhalar 2.Raylar ile tespit edilen EPS levhalar	 ≥ 100 kPa ≥ 150 kPa	 TR 100 TR 150
Boyutsal kararlılık	±% 0.2	DS(N)2
Gönyeden sapma toleransı	±2 mm / m	S2
Düzlük toleransı	±5 mm	P4
Uzunluk toleransı	±2 mm	L2
Genişlik toleransı	±2 mm	W2
Kalınlık toleransı	±1 mm	T2
Uzun süreli daldırma ile su emme	≤ 0,5 kg/m^2	Sınır değer

Tablo 4.2. Darbe Dayanımı Seviyeleri [57]

Seviye	Değer
I2	2 Joule' de hasar meydana gelmemelidir.
I10	10 Joule' de hasar meydana gelmemelidir.

8-Batma dayanımı değerleri Tablo 4.3'te verilen değerlerden küçük olmaması istenir.

Tablo 4.3. Batma Dayanımı Seviyeleri [57]

Seviye	Değer
PE 200	>200N
PE 500	>500N

9- Kaplama malzemesi su buharı geçirgenliği değerinin, 20g/(m^2.d)'dan daha küçük olmaması istenmektedir.

10- Son kat kaplamanın ETICS sıvası üstüne yapışması ve dayanıklılığı, EN 1062-11' e göre şartlandırma yapıldıktan sonra,EN ISO 4628-2,EN ISO 4628-4 ve EN ISO 4628-5' e göre tayin edilmektedir. Tablo 4.4. deki değerleri sağlamalıdır.

Tablo 4.4. ETICS Sıvası Üstüne Yapışma Dayanımı Seviyeleri [57]

Özellik	Değer
EN ISO 4628-2' ye göre kabarcıklanma derecesi	Olmamalı
EN ISO 4628-4' e göre çatlama derecesi	Çatlak miktarı :Sınıf 3 (orta sayıda çatlak) Çatlak boyutu :Sınıf 2 (azami 2 mm genişliğinde)
EN ISO 4628-5' e göre soyulma derecesi	Soyulma miktarı :Sınıf 3 (Soyulmuş alan≤ 1%) Soyulma boyutu :Sınıf 2 (≤3 mm)

4.2.2.TS EN 13500 (Yapılarda Kullanılan - Mineral Yün Esaslı Haricî Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri)

Bu standard, yapılarda ısı yalıtımı için kullanılan ve sistem (tümleşik) olarak teslim edilen fabrika yapımı mineral yün esaslı haricî kompozit ısı yalıtım sistemleri (ETICS) ile ilgili özellikleri kapsamaktadır [60].

- **Mineral yün esaslı ETICS sistemlerinin sağlaması gereken özellikler**

1- ETICS'in ısıl direnç değerleri, 1,0 m^2 K/W'den küçük olmaması gerekmektedir.

2- Sistemin kararlılığı ve mekanik direnci normal kullanım şartlarındaki yüklere olduğu kadar, kütle, rüzgâr yükü, sıcaklık, bağıl nem ve çekme gibi gerilmelere yol açan etkilere karşı da dirençli olması gerekmektedir.

a- Yalıtım sıvasının, mineral yün levhaya yapışma kuvveti, 6 kPa'dan küçük olmamalıdır.

b- Yapıştırıcının mineral yün levhaya yapışma kuvveti, 60 kPa'dan küçük olmamalıdır.

c- Kopma direncinin tasarım değeri, rüzgar emme yükü tasarım değerinden büyük olmalıdır.

3- Isı yalıtım sisteminde kullanılacak yangın davranışı (Avrupa sınıfları) EN 13501-1' e göre olmalıdır.

4- Mineral yün ısı yalıtım levhaları Tablo 4.5'deki değerleri sağlaması gerekmektedir.

Tablo 4.5. MW Isı Yalıtım Levhaların Sağlaması Gereken Özellikler [60]

Özellikler	Şartlar	
	Değer	Sınıf
Beyan edilen ısıl direnç	$R_D \geq 1{,}00$ m^2K/W	Sınır değer
Yüzeylere dik çekme mukavemeti - Sadece yapıştırıcı ile tespit edilen mineral yün levhalar - Raylar ile tespit edilen mineral yün levhalar. - Dübellerle tespit edilen mineral yün levhalar - Taşıyıcı (donatı filesi)üzerine dübellerle tespit edilen mineral yün levhalar	 ≥ 80 kPa ≥ 15 kPa ≥ 7,5 kPa > 5 kPa	 TR 80 TR 15 TR 7,5 TR5
Boyutsal kararlılık	≤ 1%	Sınır değer
Gönyeden sapma toleransı	≤ 5 mm/m	Sınır değer
Düzlük toleransı	>6 mm	Sınır değer
Uzunluk toleransı	± % 2	Sınır değer
Genişlik toleransı	± % 1,5	Sınır değer
Kalınlık toleransı	+3/-1 mm	T 5
Basma dayanımı	≥ 10 kPa	CS (10/Y)10
Kısmi daldırma ile uzun süreli su emme	<3 kg/m^2	Sınır değer

5- Donatı filesinin çekme gerilmesinin ortalama değeri 40 N/mm' den büyük olmalı ve başlangıçta, hiç bir ölçme değeri 36 N/mm'den küçük olmamalıdır.

- Normal şartlar altında ve korozif ortamda, çekme gerilmesinin kopma anındaki uzamaya oranı,1 kN/mm'den az olmamalıdır.

- Korozif ortamda depolama sonrasındaki çekme gerilmesi, ilk çekme gerilmesi değerinin % 50 sinden büyük olmalıdır.

6-Sistem yüzeyinin Münferit su geçirgenliği değerleri, 0,5 $kg/(m^2\ h^{0,5})$'ten büyük olmaması gerekir.

7- Darbe dayanımı değerleri Tablo 4.2.'de verilen değerlerden küçük olmaması gerekmektedir.

8-Batma dayanımı değerleri Tablo 4.3.'de verilen değerlerden küçük olmaması istenir.

9-Kaplama malzemesi su buharı geçirgenliği değeri, $40g/(m^2.d)$'dan daha küçük olmaması istenmektedir.

10- Son kat kaplamanın ETICS sıvası üstüne yapışması ve dayanıklılığı, EN 1062-11' e göre şartlandırma yapıldıktan sonra, EN ISO 4628-2,EN ISO 4628-4 ve EN ISO 4628-5' e göre tayin edilip Tablo 4.6 daki değerleri sağlamalıdır.

Tablo 4.6. ETICS Sıvası Üstüne Yapışma Dayanımı Seviyeleri [60]

Özellik	Değer
EN ISO 4628-2' ye göre kabarcıklanma derecesi	Olmamalı
EN ISO 4628-4' e göre çatlama derecesi	Çatlak miktarı: Sınıf 3 (orta sayıda çatlak) Çatlak boyutu: Sınıf 2 (azami 2 mm genişliğinde)
EN ISO 4628-5' e göre soyulma derecesi	Pullanma miktarı: Sınıf 3 (Soyulmuşalan≤1%) Pullanma boyutu: Sınıf 2 (≤3 mm)

- **TS EN 13499 ve TS EN 13500 için deney numunelerinin şartlandırması**

TS EN 13499 ve TS EN 13500 testleri yapılmadan önce 200 × 200 mm'lik deney numunelerine 28 gün boyunca (23±2)°C ve %(50±10) bağıl nemde bekletilen 3 şartlandırma çevrimine tabi tutulması sonrasında yapılır. Şartlandırma:
- 24 saat süre ile (23±2)°C musluk suyunda tamamen daldırılarak bekletilir.
- 24 saat süre ile (50±2)°Cda bekletilir.
- Deneyler başlamadan önce 24 saat süre ile (23±2)°C ve %(50±10) bağıl nemde bekletilmektedir [57, 60].

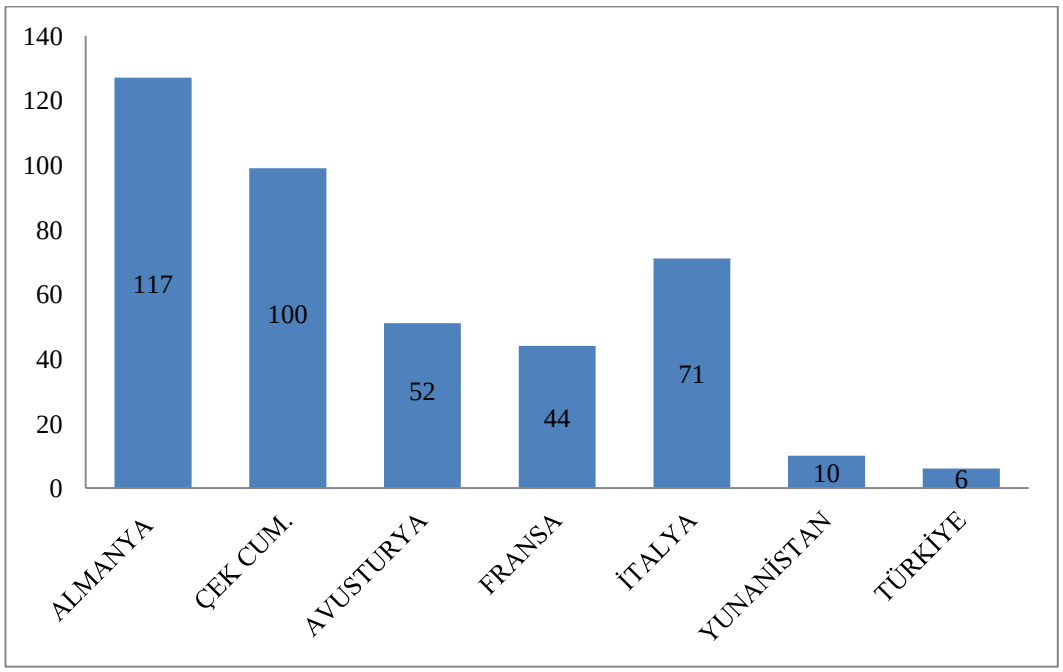
Dünya genelinde toplam enerji tüketiminin yaklaşık 1/3'i binaların, özellikle de eski binaların, ısıtma ve soğutmasına harcanmaktadır. Dünya çapında dayanıklılığa karşı oluşan hassasiyet, petrol fiyatlarının artışı ve farklı ülkelerde uyulması gereken koşullar enerji tasarrufu teknolojilerinin gelişmesinde hızlandırıcı görevi görmektedir. Yalıtımsız dış cepheye sahip bir binanın enerji kaybı yaklaşık %50 oranındadır. Bu durumda binalar enerji tasarrufu sağlama açısından büyük bir potansiyeldir. Uygun bir dış cephe yalıtımı ile bir binanın toplam enerji kaybının % 40'ı geri kazanılabilmektedir [58].

Bilindiği üzere dış cephe ısı yalıtım sistemleri birden fazla ürünün şantiye ortamında birleştirilerek uygulanan kompozit yapı malzemeleridir. Bu sistemlerde malzemelerin birbirleriyle olan uyumunun kontrol edilmesi ve minimum şartların sağlanması gerekmektedir. Bu sebeple Türk Standartları Enstitüsü tarafından yayımlanan ve Avrupa standardlarının aynısı olan TS EN 13499 ve TS EN 13500 standardları yürürlüğe konulmuştur. EPS ve mineral yün ısı yalıtım plakaları ile yapılan dış cephe ısı yalıtım sistem malzemelerinin birbirleriyle olan uyum testleri yapılarak performansları denetlenmektedir.

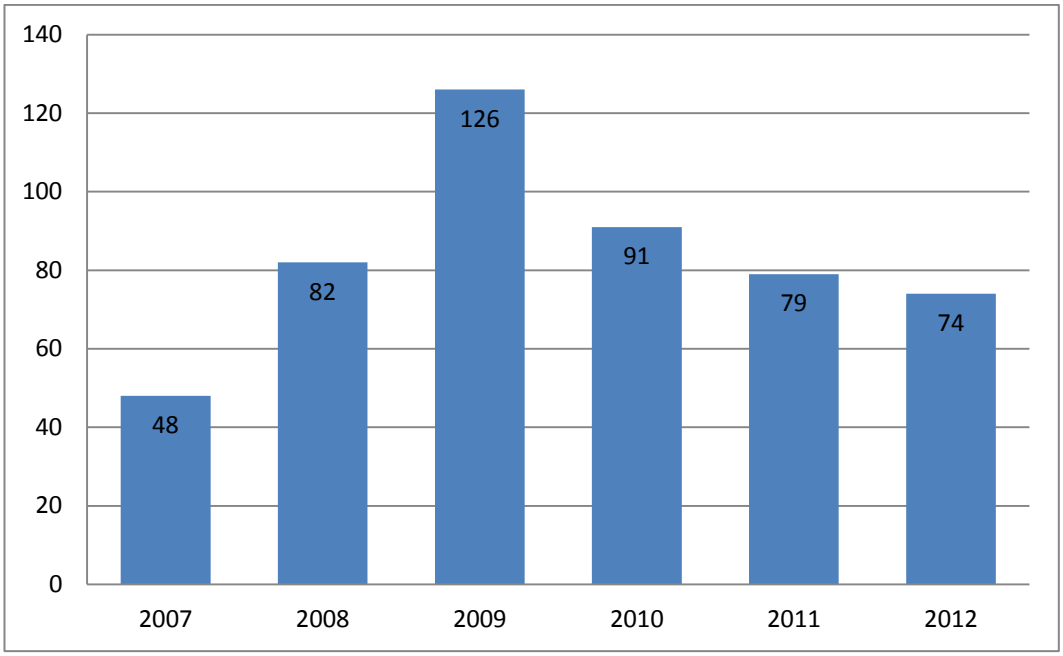
4.2.3. ETAG 004 (Avrupa Teknik Onayı Ortak Esasları 004)

EOTA (Avrupa Teknik Onay Organizasyonu) tarafından düzenlenen şu an için tüm Avrupa Birliği üyesi ülkelerde geçerli belgelendirme olan ETAG 004'e göre onay alan ısı yalıtım sistemleri için CE belgesi düzenlenmektedir. Şekil 4.4.'de Avrupa Ülkelerinde ve Türkiyede ETAG 004 belgesi oranları, Şekil 4.5. te ETAG 004 belgesi yıllara göre oranları, Şekil 4.7.de ETAG 004 belgesi alan ısı yalıtım sistemleri oranları verilmiştir.

ETAG 004 belgesiyle kompozit ısı yalıtım sistemlerinin güvenliği uluslararası düzeyde kabul görmektedir.Böylece kullanılan sistemin bir bütün olarak belli deneyleri aşmış olduğu ve gereken güvenilirliğe ulaştığı kabul edilmektedir. Sürdürülebilir kalite ve verim için geçerli ETAG kriterleri takip edilmeli bu sayede yapı malzeme ürünlerinin kullanım ömrü boyunca gerekli konfor şartlarını yerine getirmesi sağlanmalıdır.



Şekil 4.4. Avrupa Ülkelerinde ve Türkiye'de ETAG 004 Belgesi Oranları [15.04.2013]



Şekil 4.5. ETAG 004 Belgesinin Yıllara Göre Dağılım Oranları [15.04.2013]

- **ETAG 004 Higrotermal Testi**

ETAG 004 testleri TS EN 13499 ve TS EN 13500 testleri uygulanmakta ancak ETA (Avrupa Teknik Onayı) için yeterli bulunmamaktadır. Isı yalıtım sisteminin 6 m^2 ve üzerinde büyüklükte bir duvara bir pencere detayı da oluşturularak uygulanması ve bu duvar üzerinde sistemin yağış, sıcak ve soğuk/donma şartları altında higrotermal testi uygulanmaktadır. Bu test ısı yalıtım sisteminin 25 yıllık performansını ele almaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. ETAG 004 Higrotermal Testi

Sisteme 80 tekrarlı ısıtma ve yağış döngüsü uygulanması:

1.+70°C'da 1 saat içinde ısıtılır ve 2 saat (70±5)°C ve %10~15 bağıl nemde bekletilir.

2. 1 saat boyunca sprey yağmur etkisi (su sıcaklığı 15±5 °C) uygulanır.

3. 2 saat boyunca süzülme için bekletilir.

Sisteme 24 saatlik, 5 tekrarlı sıcak-soğuk döngüsü uygulanması:

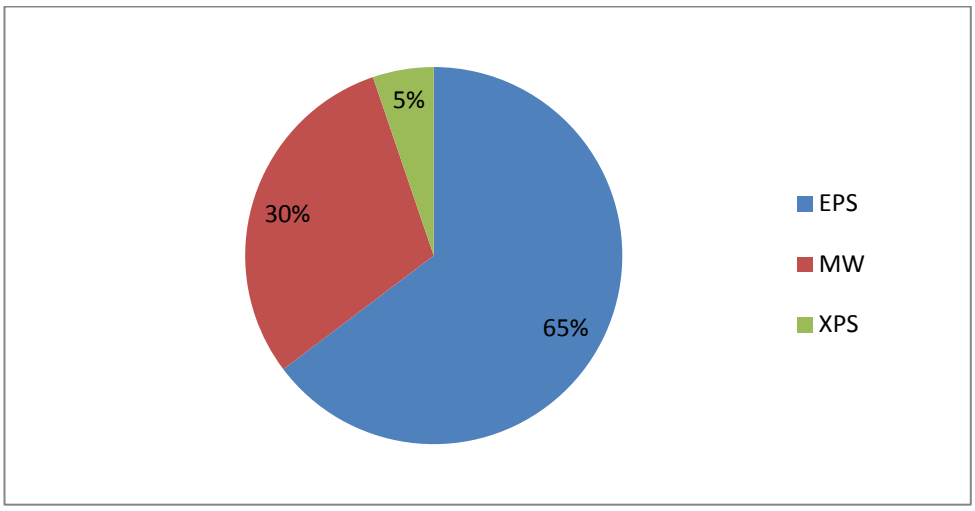
1. +50°C'da 1 saat içinde ısıtılır (50±5)°C ve %(10) bağıl nemde 7 saat bekletilir.

2. -20°C'da 2 saat içinde soğutulup (-20 ±5)°C 14 saat bekletilir.

- Bütün bu deneyler sonrasında test numunelerinin yüzeyinde kabarma, çatlama, bozulma oluşmaması gerekmektedir.

İncelediğimiz TS EN 13499 -13500 ve ETAG 004 stantartlarında Bölüm 3 te değinilen dış cephe sistemlerinin taşıması gereken özellikler (ısı, nem, rüzgar, sıcaklık, su, yangın, ses) ile ilgili deneyler yapıldığı, yalnız ses ile ilgili herhangi bir deney yapılmadığı görülmüştür. Bu testlerde ses ile ilgili de bir çalışma yapılabilir.

Dış cephe ısı yalıtım sistemi, yapıştırıcısından son kat kaplama ve boya ürünlerine kadar birlikte uyum içerisinde çalışan bir ısı yalıtım sistemidir. Sistemin hedefi uygulandığı binanın ömrüne eşdeğer süre boyunca ısı yalıtım görevini yerine getirmektir.



Şekil 4.7. ETAG 004 Belgesi Alan Isı Yalıtım Sistemleri Oranları [Güncelleme tarihi 26.04.2013]

BÖLÜM 5

DIŞ DUVARLARIN SICAKLIK, SU VE NEM PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Bir duvar konstrüksiyonunun tasarım aşamasında hangi malzemelerin yanyana gelmesi gerektiği, malzemenin sıcaklık değerleri su miktarı ve nem performansının bilinmesi önemli bir kriterdir. Bir duvar konstrüksiyonunun nem performansı deneyler ile belirlenebilmekte ancak zaman ve maliyet gerekmektedir. Analitik ve grafik yöntemler kullanılarak da bu performans belirlenebilmekte ancak bu yöntemde de farkedilemeyen bazı hatalar çıkabilmektedir. Bu nedenle duvar konstrüksiyonlarının nem performansının belirlenmesinde bilgisayar modelleri kullanımı yaygınlaşmıştır.

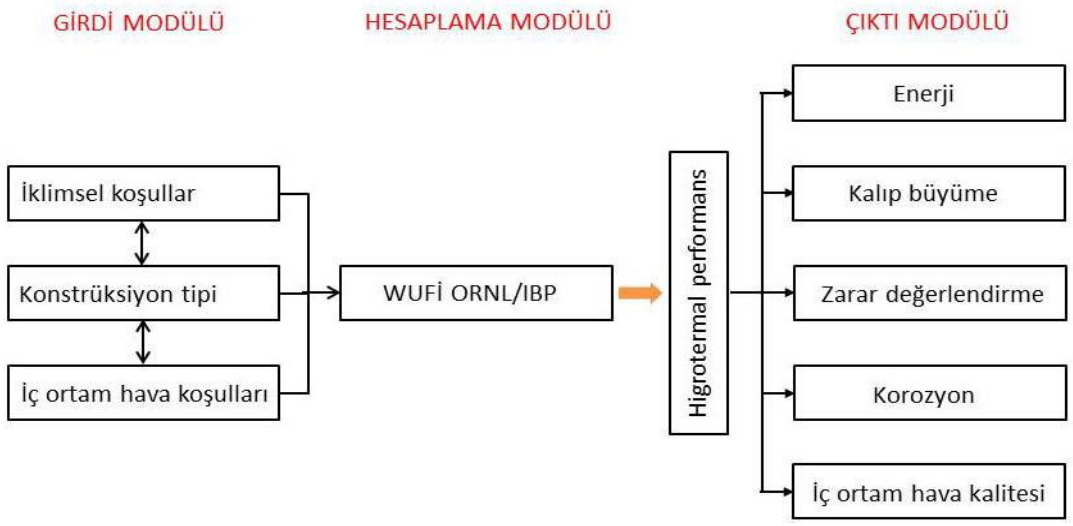
Günümüzde, duvar konstrüksiyonlarının ve katmanlarının zamana bağlı sıcaklık, su ve nem performansı ile ilgili gerekli verileri kullanıcıya sağlayan çok sayıda bilgisayar modeli geliştirilmiştir. CHMC (Canada Mortgage and Housing Corporation)'nin yaptığı bir araştırmada bu amaç için geliştirilen 45 bilgisayar modeli incelenmiş ve bu modellerden üçü gerekli kriterleri karşılaması açısından, farklı duvar konstrüksiyonlarının higrotermal performansının değerlendirilmesinde uygun bulunmuştur. Bu bilgisayar modelleri; MATCH, WUFİ ve MOİST'tir. Bu modeller duvar konstrüksiyonu içerisindeki ısı, sıcaklık, su ve nem akışını tek boyutlu olarak hesaplamaktadır [61].

Bu çalışmada WUFİ programında Edirne İli meteorolojik verileri kullanılarak, 1 m yüksekliğindeki duvar kesitinde nem, sıcaklık ve su performansları hesaplanmıştır.

5.1. WUFİ-ORNL/IBP Bilgisayar Modeli

WUFİ-ORNL/IBP bilgisayar modeli ilk olarak 1994'te Avrupa'da geliştirilmiş ve günümüze kadar Avrupa'da yapı kabuğu tasarımcıları, mimarlar ve yapı fizikçileri tarafından kullanılmaktadır. WUFİ-ORNL/IBP'nin geliştirilmesindeki amaç, tasarım aşamasında yapı kabuğunun ısı, su ve nem performansının optimize edilmesini sağlamaktır. WUFİ-ORNL/IBP' modüller yardımıyla çalışır, bilgisayar modeli farklı bina kabuğu sistemleri için su ve suyun zararlarına karşı çözümler üretilmesini sağlamaktadır. Bu program iklimsel ve malzeme veritabanları ile birlikte çalışmaktadır. WUFİ-ORNL/IBP'nin ana modülü sayısal eşitliklerin çözümünü yaparken diğer modüller iklim, konstrüksiyon ve iç ortam iklimsel koşulların detaylarının üretilmesini sağlamaktır. Modüllerin her biri birbiriyle ilişkili olarak çalışmaktadır. Hesap sonuçları duvar konstrüksiyonu katmanlarındaki su miktarı, bağıl nem ve sıcaklık değerlerindeki değişimi saatlik, günlük ve yıllık olarak vermektedir [62,11].

WUFİ-ORNL/IBP simülasyon program 3 ana modülden oluşmaktadır. Bunlar; girdi, hesaplama ve çıktı modülleridir. Girdi modülünde, kesiti oluşturan malzemeler ve boyutsal özellikleri, yönlenme, eğim ve yapı yüksekliği, iç ve dış yüzey ısı transfer katsayıları, başlangıç bağıl nemi ve iç ortam hava sıcaklığı, iklimsel koşullar ve simülasyonun yapılacağı zaman aralığı belirlenir. Kullanıcı, girdi menüsünde gerekli verileri girdikten sonra hesaplama modülünü kullanarak simülasyonu başlatır. Simülasyon sonucunda, duvar konstrüksiyonunun ve katmanlarının her birinin zamana bağlı olarak değişen su miktarları, konstrüksiyonun iç ve dış yüzeylerindeki bağıl nemin ve ısı akışının zamana bağlı olarak değişimi ve katmanlardaki yüzey sıcaklıkları grafik ve sayısal olarak gösterir. Şekil 5.1'de WUFİ-ORNL/IBP bilgisayar modelinin çalışma şeması verilmiştir [62,10,11].



Şekil 5.1. WUFİ-ORNL/IBP Çalışma Şeması [62,10]

Binalarda enerjinin verimli kullanımı ancak yapı kabuğunun doğru seçimi ile mümkün olmaktadır. Binalarda ısı kaybının % 40'ı cepheden gerçekleşmektedir [63,64]. Bu yüzden dış duvar sisteminde malzeme seçimi ve binanın inşa edildikten sonraki performansı önemli bir kriterdir. Dış cephe sisteminin performansını ve hangi duvar ve malzemeyi kullanması gerektiği simülasyon programları ile belirlemek mümkündür.

5.2. Oluşturulan Kesitlerin Sıcaklık, Su ve Nem Performansı

Çalışmada oluşturulan duvar kesitlerinde günümüzde betonarme iskelet sistemde en çok kullanılan dolgu malzemeleri tuğla, gazbeton ve bimsblok seçilmiştir. Önce duvarlar yalıtımsız daha sonra da dışarıdan yalıtımlı olarak incelenmiştir. Yalıtım malzemesi olarak EPS (Genleştirilmiş Polistren Köpük), XPS (Haddeden Çekilmiş Polistren Köpük), ve MW (Mineral Yün) kullanıldığı kabul edilmiştir. Oluşturulan duvar kesitlerin kuzey yönünde ve bir metre yüksekliğinde belirlenmiştir. Kesitlerde kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri Tablo 5.1' de verilmektedir. Şekil 5.2' de yalıtımsız duvar kesiti, Şekil 5.3'de dışarıdan yalıtımlı duvar kesiti görülmektedir. Oluşturulan duvar kesitlerinin sıcaklık nem ve su performansları wufi programıyla incelenmiştir. Wufi programı hesaplamalar sonucunda hem grafik hemde sayısal sonuçlar vermektedir. Kesitlerde kullanılan malzemelerin karşılaştırılmasının daha anlaşılır olabilmesi için, Excel ortamında sayısal verilerin aylık ortalaması alınarak grafikler de oluşturulmuştur.

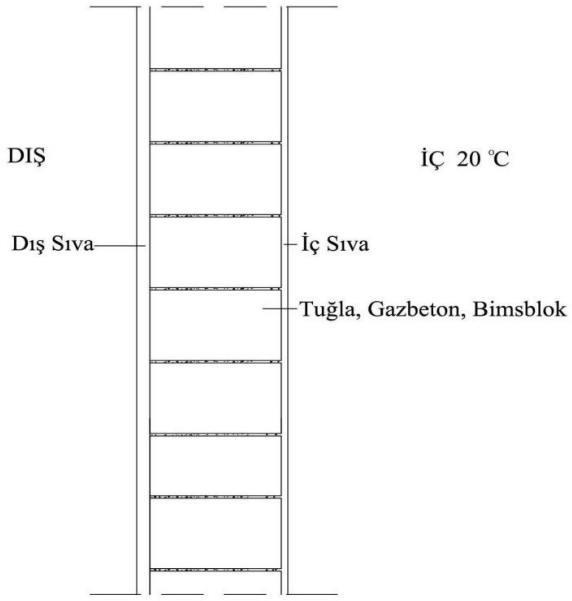
Tablo 5.1. Duvar Kesitlerinde Kullanılan Malzemelerin Fiziksel Özellikleri

Malzeme adı	Kalınlık d (cm)	Yoğunluk γ (kg/m^3)	Gözeneklilik porozite (m^3/m^3)	Özgül ısı kapasitesi c (J/kg.K)	Isıl iletkenlik λ (W/mK)	Su buharı difüzyon direnç faktörü, μ
EPS	6 cm	15	0,95	1500	0,04	*50
Tuğla	19 cm	800	0,6	850	*0,39	*10
İç sıva (Alçı)	1 cm	850	0,65	850	*0,7	*10
Dış sıva (polimer ince sıva)	0.8 cm	*800	0,12	850	*0,30	*15
Dış sıva	2 cm	1310	0,36	850	0,87	8
XPS	6 cm	40	0,95	1500	0,03	*250
Mineral yün	6 cm	60	0,95	850	0,04	*1
Gazbeton	20 cm	600	0,72	850	*0,19	*10
Bimsblok	19 cm	*600	0,67	850	*0,22	*10

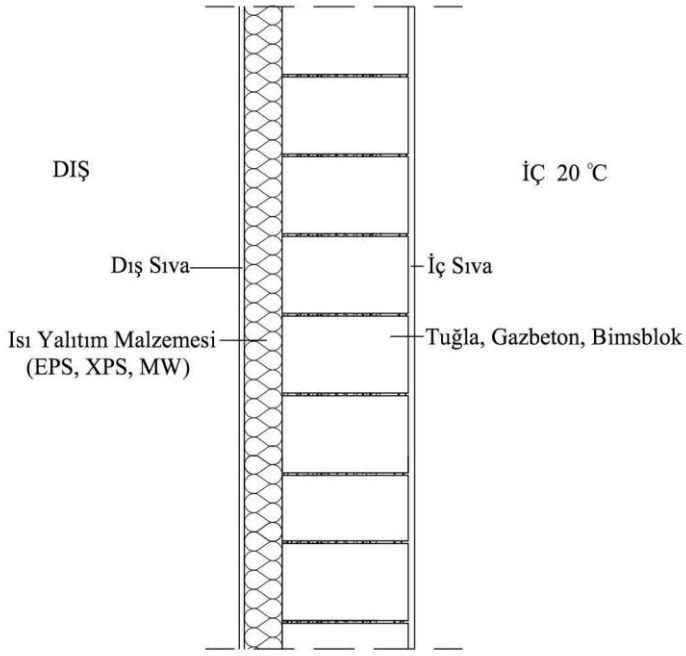
***** TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları"dan alınmıştır. Diğer değerler programın değerleridir.

Duvarlarda oluşacak yoğuşmaya karşı yapı kabuğunda iç ortam ile dış ortam arasında su buharının geçişinin sağlanması gerekmektedir. Kesitleri oluşturan malzemelerin su buharı difüzyon direnç faktörü (μ) değerleri önem kazanmaktadır. Su buharı difüzyon direnç faktörü yüksek malzemeler kullanıldığında, su buharının yapıdan atılması güçleşmekte ve yapının taşıyıcı eleman ve duvar kesitleri yoğuşma ve yapının duvarlarının iç yüzeylerinde de rutubetlenme ve küflenme oluşma riski artmaktadır.

Dış duvar sisteminde su buharının iç ortamdan dış ortama kolaylıkla geçişinin sağlanması için sistemi oluşturan katmanların su buharı difüzyon direnç faktörlerinin içten dışa doğru azalması gerekmektedir. Bu sebeple ısı yalıtım malzemesinin dışarıda kullanılması durumunda duvar gövdesi sıcak kalacak ve buhar yönünden bir yoğuşma sorunu ortaya çıkmayacaktır.

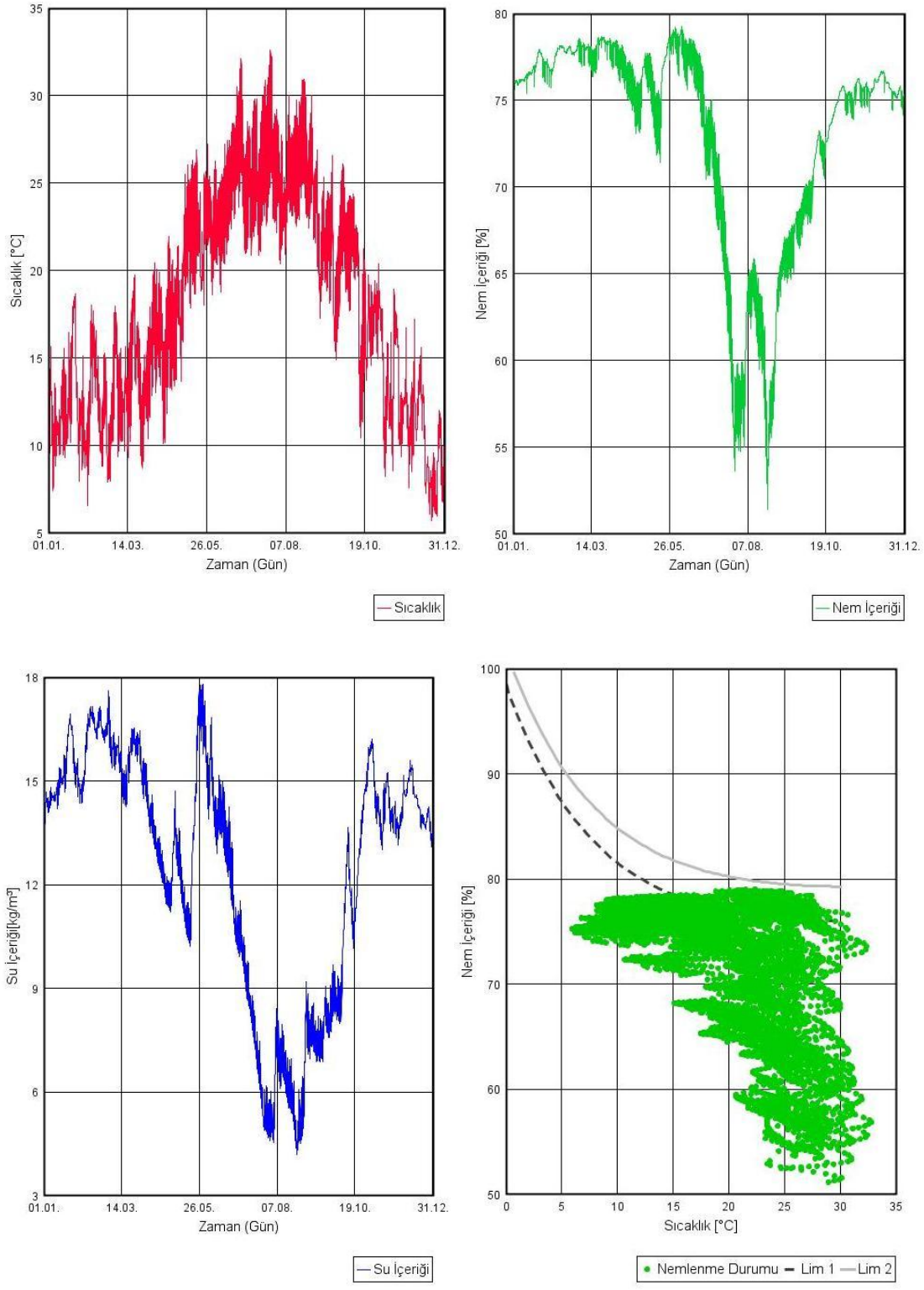


Şekil 5.2. Tuğla, Gazbeton, Bimsblok, Yalıtımsız Duvar Kesiti

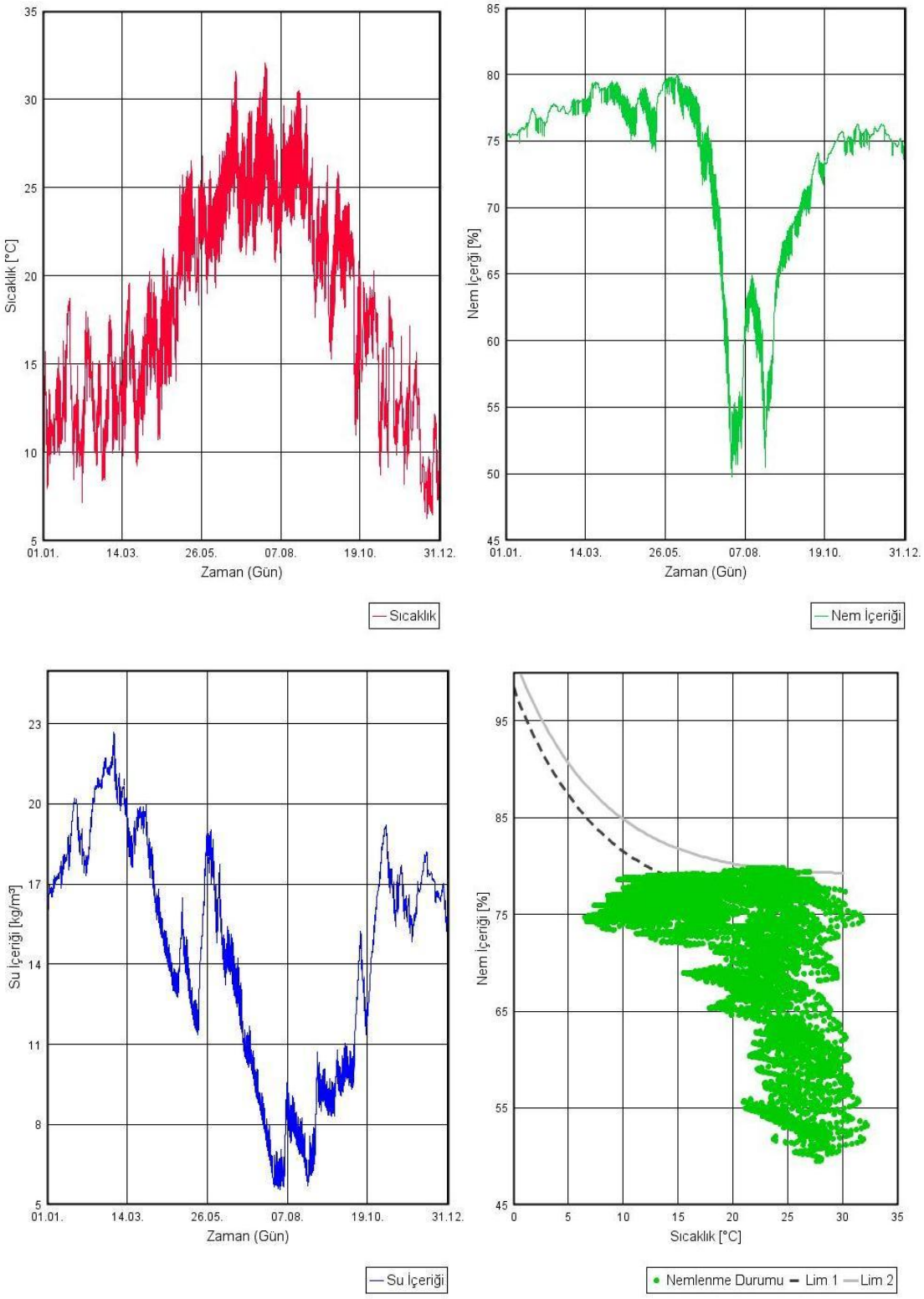


Şekil 5.3. Tuğla, Gazbeton, Bimsblok, Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesiti

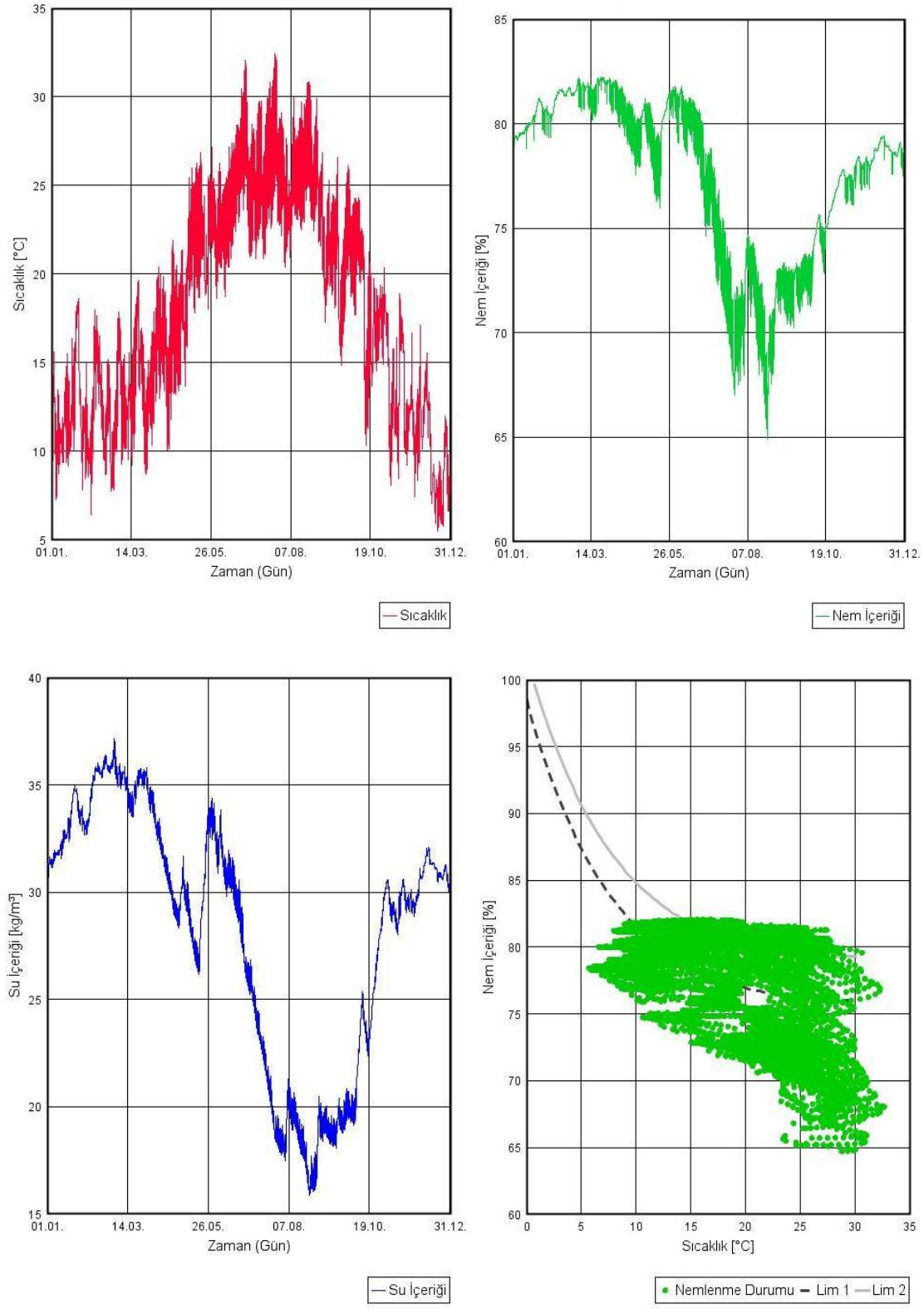
Wufi programıyla hesaplanmış yalıtımsız tuğla duvar, gazbeton duvar ve bimsblok duvarların yıllık sıcaklık, nem, su içeriği ve nemlenme durumu grafikleri Şekil 5.4, 5.5 ve 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.4. Yalıtımsız Tuğla Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi



Şekil 5.5. Yalıtımsız Gazbeton Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi



Şekil 5.6. Yalıtımsız Bimsblok Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su içeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi

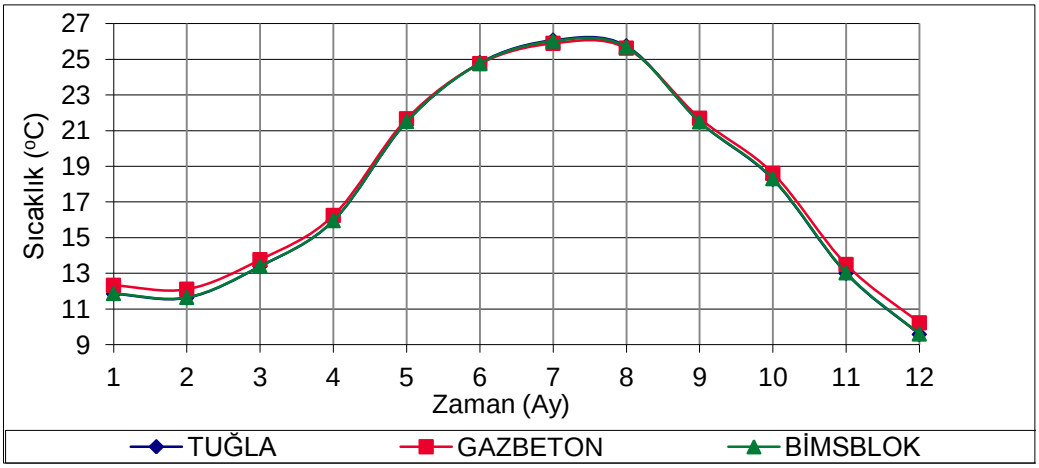
Yalıtımsız duvar kesitlerinde toplam sıcaklık değerlerine bakıldığında, kış aylarında (Aralık, Ocak, Şubat) tuğla duvarda 5,7 ^{o}C gazbetonda 6,2 ^{o}C bimsblokta 5,5 ^{o}C ye kadar düştüğü görülmektedir. Yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) gazbetonda 32,2 ^{o}C ye tuğla ve bimsblokta 32,6 ^{o}C ye kadar çıkmaktadır. Tuğla ile bimsblok sıcaklık değerleri arasında fark yoktur. Gazbeton da ise kış aylarında ortalama 1 ^{o}C daha yüksektir.

Tuğla duvar kesitinde toplam nem değerleri Kış aylarında (Aralık, Ocak, Şubat) ortalama % 79,3 e kadar yükseldiği görülmektedir. Yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) % 51,4 e düştüğü görülmektedir. Gazbetonda % 47 ile % 79,7 arasında değişmektedir. En yüksek nem oranı % 64,9 ve % 82,3 arasında bimsblokta gözlenmektedir.

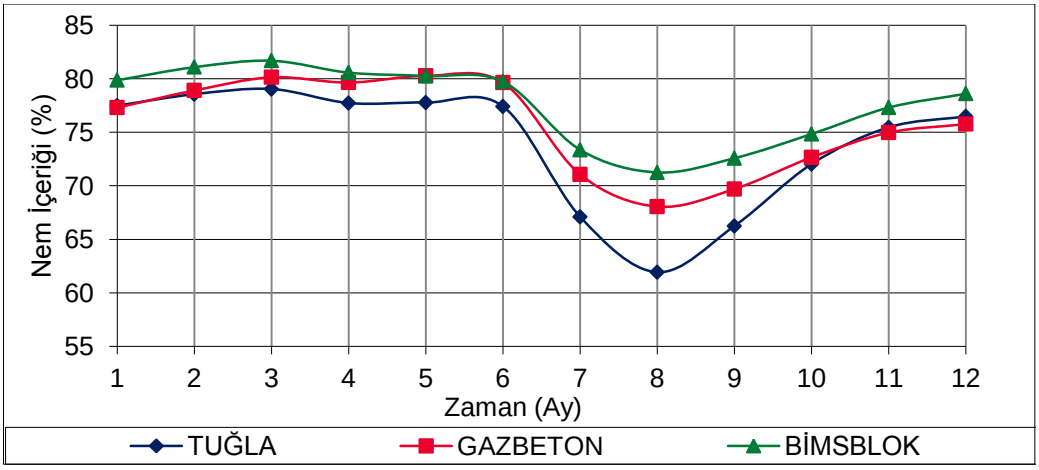
Tuğla duvar kesitinde toplam su miktarı 4,19 kg/m^3 ile 17,18 kg/m^3 arasında değişmektedir. Tuğlayı gazbeton takip etmekte 5,2 kg/m^3 ile 22,3 kg/m^3 arasındadır. 15,9 kg/m^3 ile 37,1 kg/m^3 su içeriği ile en fazla su içeriği bimsblok bulundurmaktadır.

Tuğla, gazbeton ve bimsblok yalıtımsız duvar kesitlerinde nemlenme durumu söz konusudur. Programda "suda ayrışabilen malzemelerin sınır değerleri limit 1, suda çözünmeyen malzemelerin sınır değerleri limit 2 ile gösterilmektedir" [11]. Buna göre yalıtımsız dolgu malzemelerinin hepsi limit 1 olarak verilen değeri aşmakta tuğla limit 2 sınırının biraz altında, gazbeton tam limit 2 sınırında ve bimsblok limit 2' yi geçmektedir. Bu yüzden yalıtımsız duvar kesitleri içinde nemlenme durumu sözkonusudur.

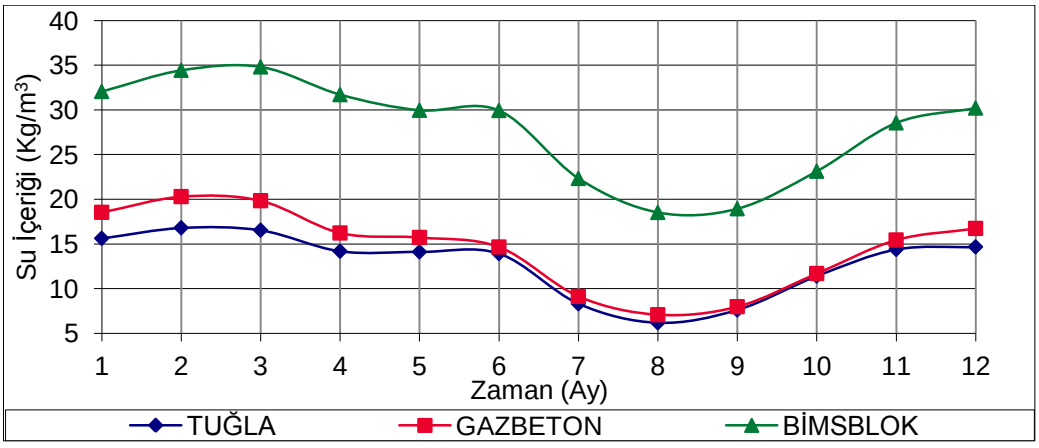
Yalıtımsız tuğla duvar, gazbeton duvar ve bimsblok duvar kesitlerinin aylık ortalama sıcaklık değerleri Şekil 5.7' de nem değerleri Şekil 5.8' de su içeriği değerleri Şekil 5.9' da görülmektedir.



Şekil 5.7. Yalıtımsız Duvar Kesitlerinde Sıcaklık Değişimi



Şekil 5.8. Yalıtımsız Duvar Kesitlerinde Nem Değişimi



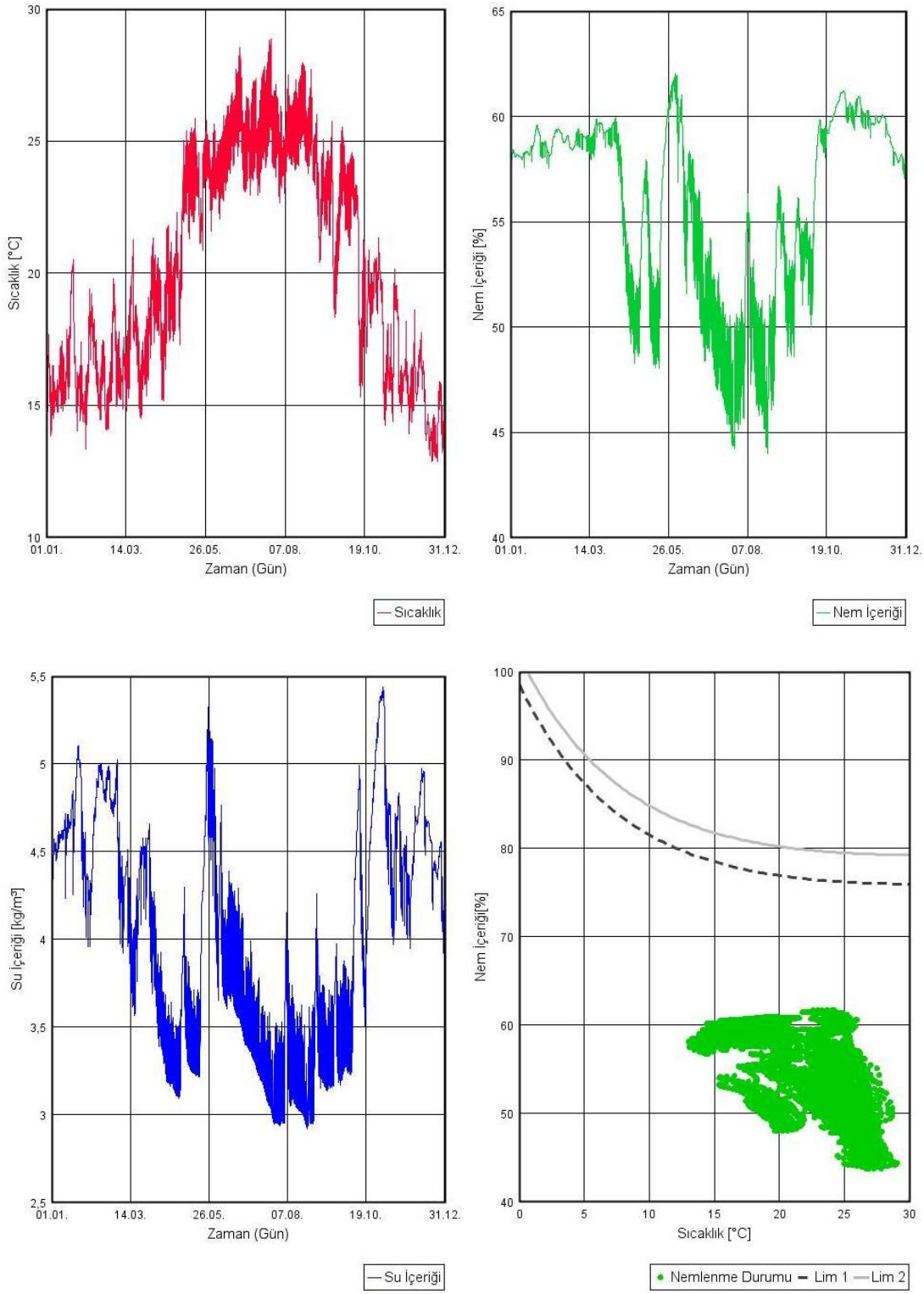
Şekil 5.9. Yalıtımsız Duvar Kesitlerinde Su İçeriği Değişimi

Yalıtımsız duvar kesitlerinde aylık ortalama sıcaklık değerlerine bakıldığında, $9^{o}C$ ile en düşük sıcaklık Aralık ayında görülmektedir. Tuğla ve bimsblok duvarda sıcaklık değerlerinde pek fark gözlenmemekle beraber gazbeton kış aylarında (Aralık, Ocak, Şubat) 0,5 ^{o}C daha yüksek sonuçlar vermektedir. Yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) en yüksek sıcaklığın bütün kesitlerde 26 ^{o}C olduğu görülmektedir.

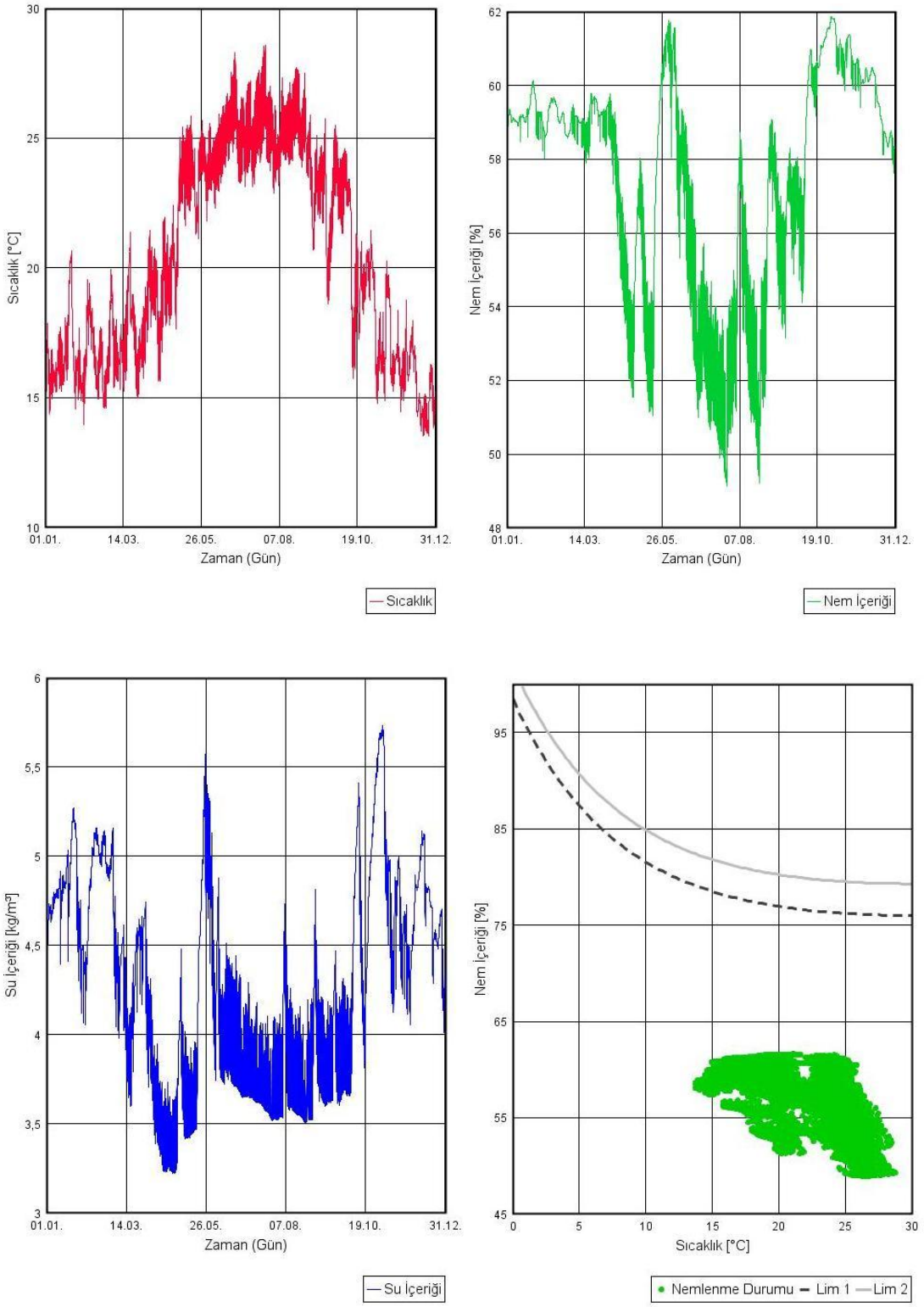
Nem değerleri tuğla ve gazbetonda 6. aya kadar % 71 ile % 73 arasında değişmekte bimsblokta % 80 in üzerindedir, 7, 8 ve 9. ayda nem değerinin tuğla ve gazbetonda % 59' a kadar düştüğü görülmektedir. Bimsblokta en düşük nem değeri % 70 oranındadır.

Su içeriği tuğla ve gazbeton duvar kesitinde 6. aya kadar 8 kg/m^3 ile 20 kg/m^3 arasında değiştiği gözlenmekle beraber gazbeton 2- 4 kg/m^3 daha yüksek sonuçlar vermektedir. Ağustos ayında tuğla ve gazbetonda aynı değerlerde ve 6 kg/m^3'e kadar düşmektedir. Bimsblokta ise tuğlaya göre su içeriği 2 kat fazla olduğu görülmektedir.

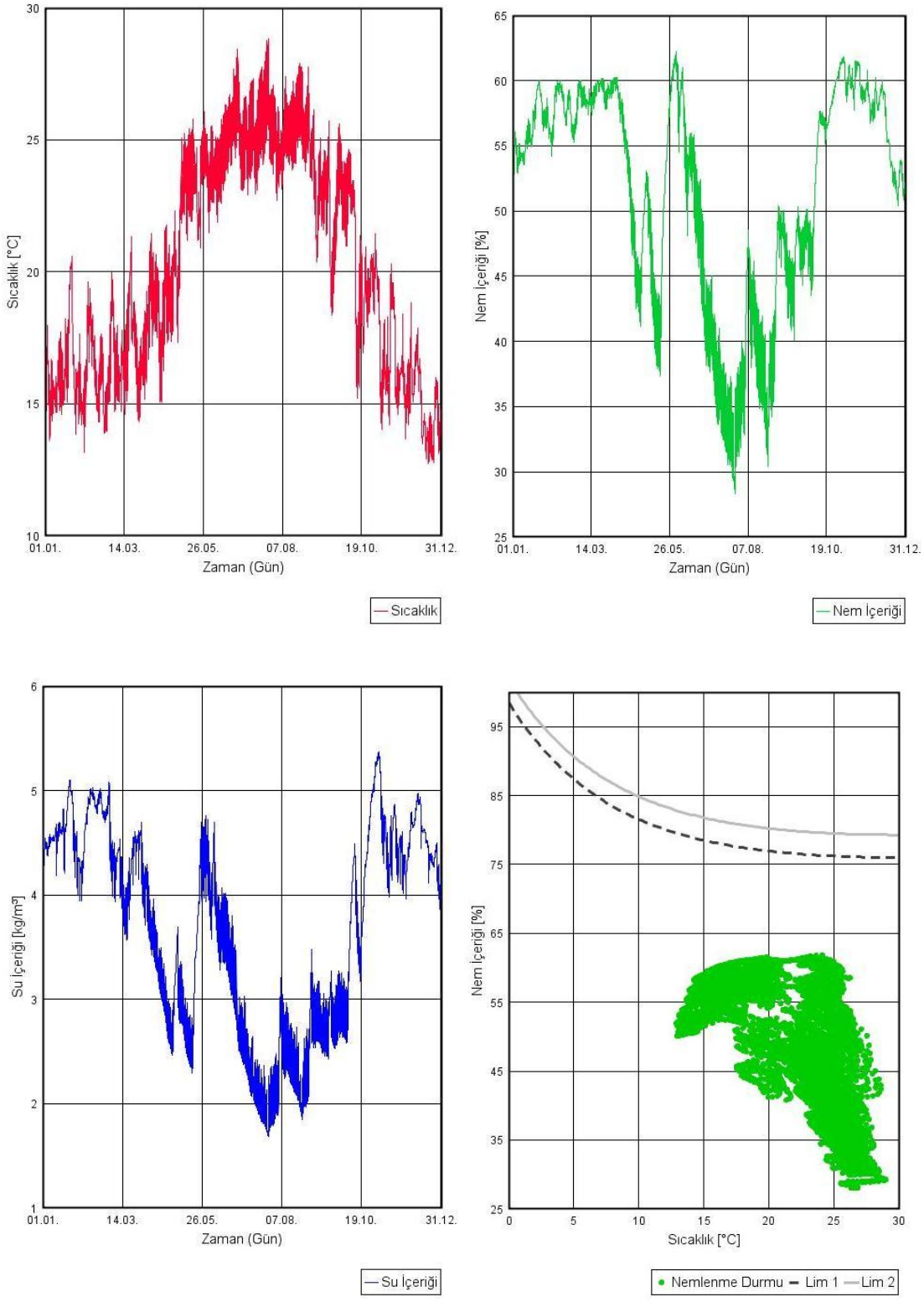
Çalışma kapsamında yalıtımsız duvar kesitlerinden sonra dışarıdan yalıtımlı duvar kesitleri oluşturulmuştur. Duvarlarda dolgu malzemeleri olarak tuğla, gazbeton ve bimsblok kullanılmıştır. Yalıtım malzemesi olarak EPS (Genleştirilmiş Polistren Köpük), XPS (Haddeden Çekilmiş Polistren Köpük), ve MW (Mineral Yün) kullanıldığı kabul edilmiştir. Oluşturulan duvar kesitleri kuzey yönünde ve bir metre yüksekliğinde belirlenmiştir. Dışarıdan yalıtımlı tuğla duvar kesitinde yıllık sıcaklık, nem, su içeriği ve nemlenme durumu değişimi grafikleri EPS ile oluşturulan kesitler Şekil 5.10' da, XPS ile oluşturulan kesitler Şekil 5.11' de, MW (Mineral Yün), ile oluşturulan kesitler Şekil 5.12 de görülmektedir.



Şekil 5.10. Dışarıdan Yalıtımlı (EPS) Tuğla Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi



Şekil 5.11. Dışarıdan Yalıtımlı (XPS) Tuğla Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi



Şekil 5.12. Dışarıdan Yalıtımlı (MW) Tuğla Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi

Dışarıdan yalıtımlı tuğla duvar kesitinde sıcaklık değerlerine bakıldığında yalıtım malzemesi olarak EPS kullanılması durumunda kış aylarında (Aralık, Ocak, Şubat) en düşük sıcaklık 12,9 ^{o}C MW (Mineral Yün),' de 12,7 ^{o}C XPS' de 13,5 ^{o}C yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) bütün kesitlerde 28 ^{o}C'ye yükselmektedir.

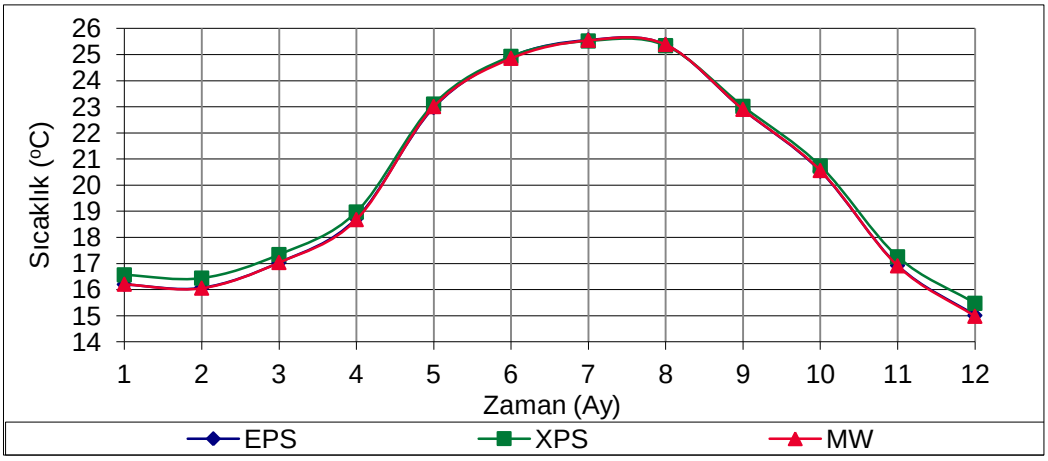
Nem değerlerine bakıldığında, EPS XPS ve MW (Mineral Yün)' de en yüksek oranı %62 ile Mayıs Haziran ayında görülmektedir. Yaz aylarında ise % 44 ile EPS de % 49,1 XPS de MW de % 28,4 nem oranı ile en düşük performansı Temmuz Ağustos ayında gözlenmektedir.

Su içeriği tuğla duvarda EPS de 2,92 kg/m^3 ile 5,4 kg /m^3 arasında XPS'de 3,22 kg/m^3 ile 5,7 kg /m^3 arasında değişmekte olup, MW (Mineral Yün),' de 1,68 kg/m^3 ile 5,4 kg/m^3 sonucunu vermektedir.

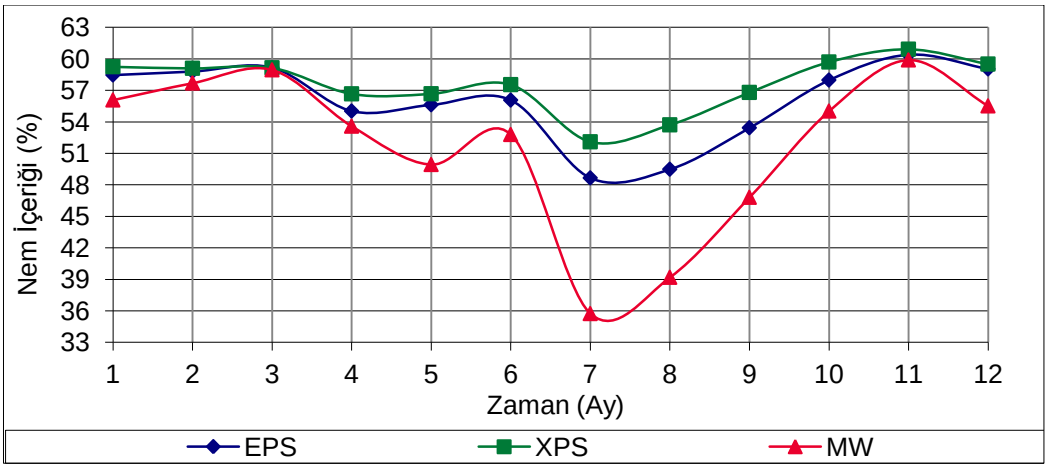
Tuğla duvarda dışarıdan yalıtımlı duvar kesitlerinde nemlenme durumuna bakıldığında EPS, XPS ve MW (Mineral Yün), de limit 1'in altında kalmaktadır, Bu yüzden tuğla duvarda dışarıdan yalıtımlı duvar kesitleri içinde yoğuşma açısından risk olmadığı görülmektedir.

Programda "limit 1 suda ayrışabilen malzemelerin sınır değerlerini, limit 2 ise suda çözünmeyen malzemelerin sınır değerlerini göstermektedir" [11].

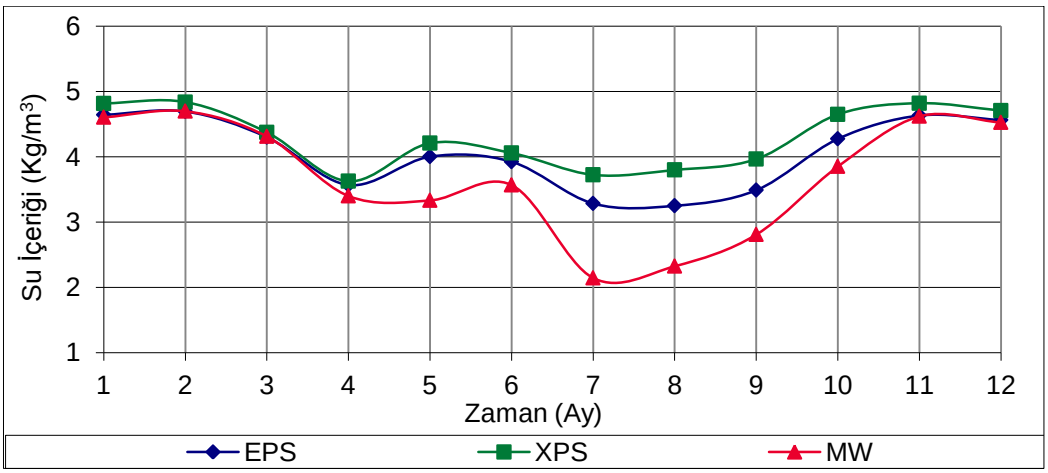
Kesitlerde kullanılan malzemelerin karşılaştırılmasının daha anlaşılır olabilmesi için, Excel ortamında sayısal verilerin aylık ortalaması alınarak oluşturulan dışarıdan yalıtımlı tuğla duvar (EPS, XPS, MW) kesitlerinde aylık ortalama sıcaklık değerleri Şekil 5.13' te, nem değerleri Şekil 5.14' te ve su değerleri Şekil 5.15'te görülmektedir.



Şekil 5.13. Dışarıdan Yalıtımlı Tuğla Duvar Kesitinde Sıcaklık Değişimi



Şekil 5.14. Dışarıdan Yalıtımlı Tuğla Duvar Kesitinde Nem Değişimi



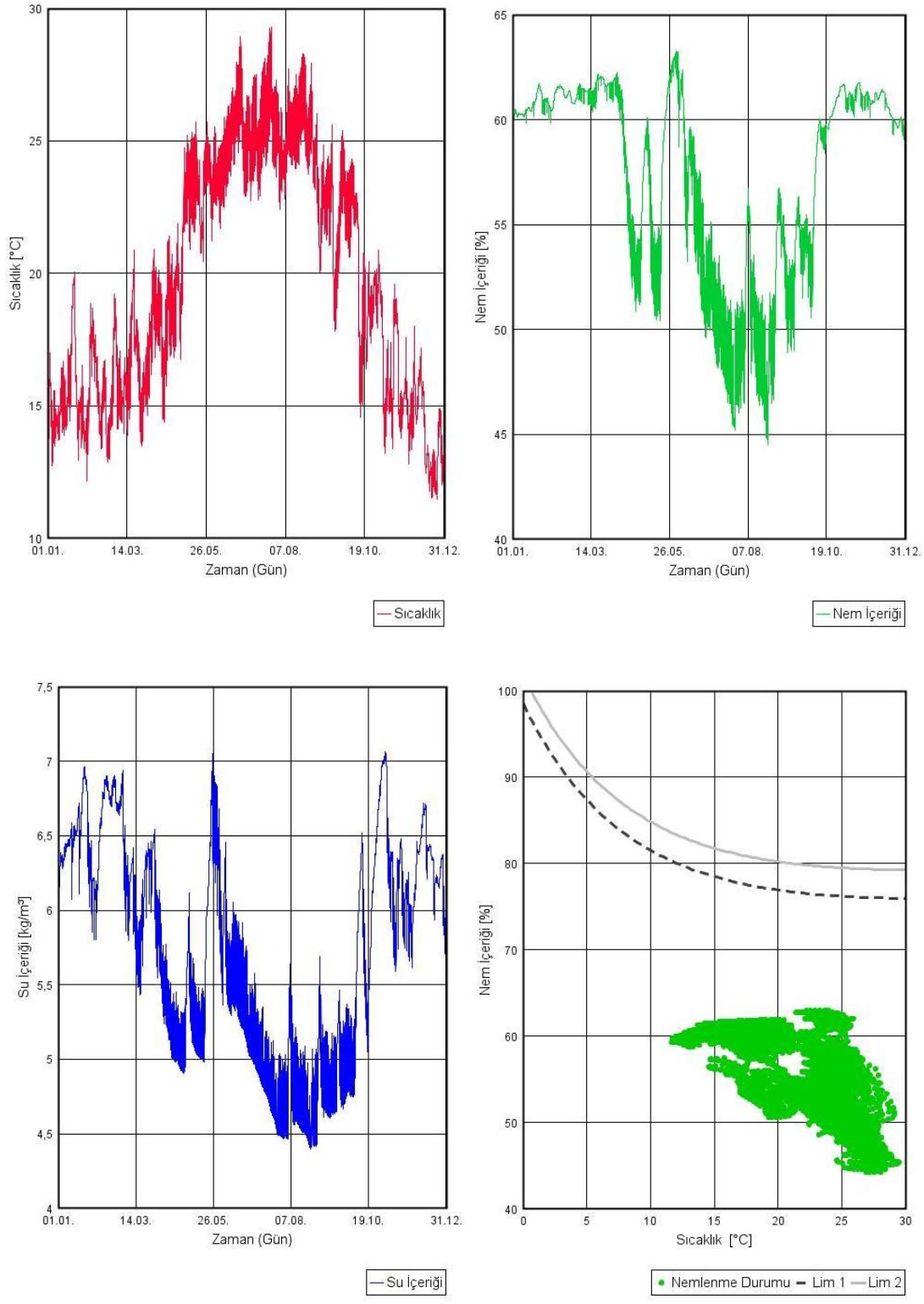
Şekil 5.15. Dışarıdan Yalıtımlı Tuğla Duvar Kesitinde Su İçeriği Değişimi

Dışarıdan yalıtımlı tuğla duvar kesitinde aylık ortalama sıcaklık değerlerine bakıldığında, yalıtım malzemeleri arasında pek fark görülmemektedir 15^{o}C ile en düşük sıcaklık Aralık ayında görülmektedir. Yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) en yüksek sıcaklık bütün kesitlerde 25,5 ^{o}C olduğu görülmektedir.

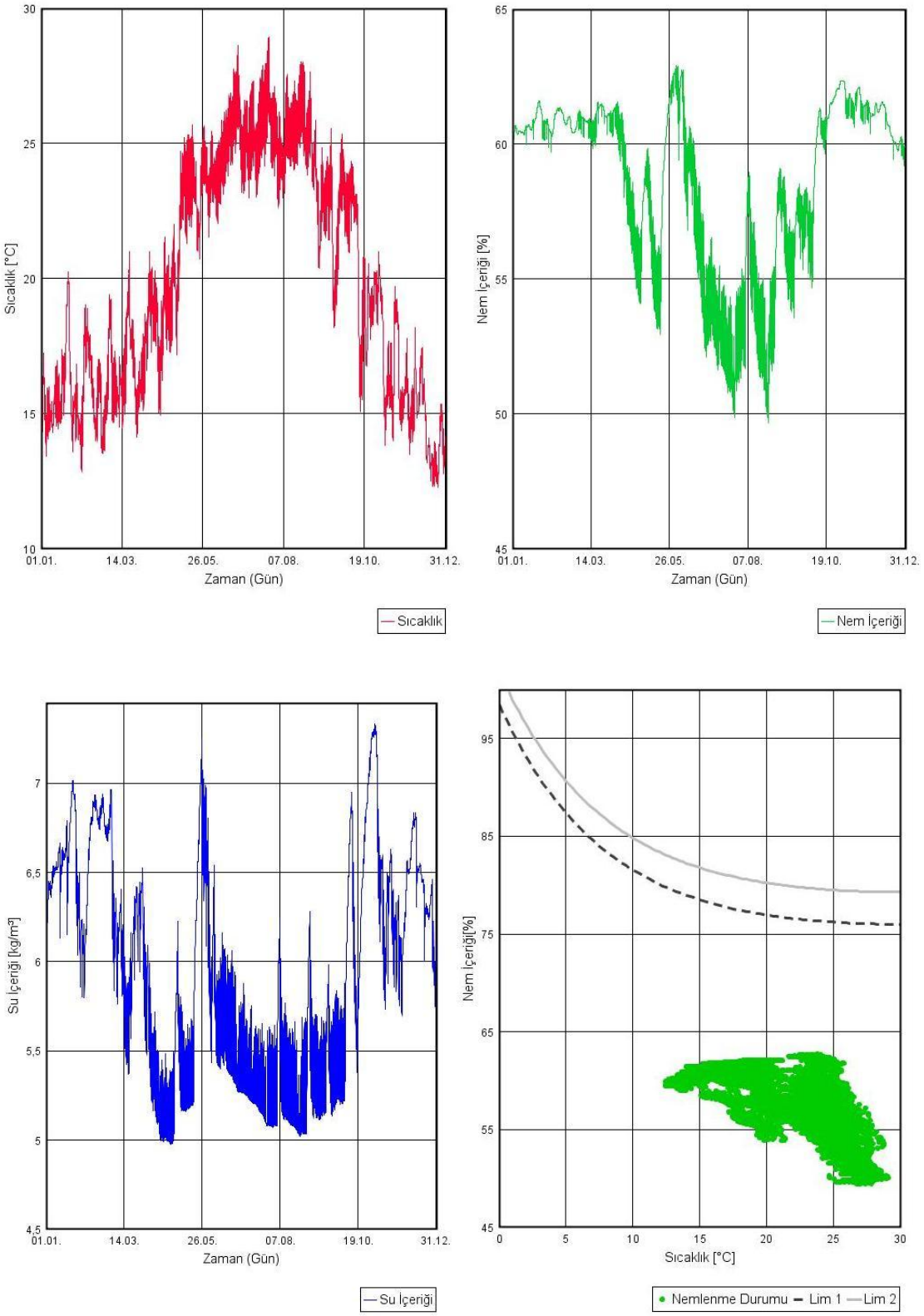
Nem değerleri EPS ve XPS de kış aylarında % 60 aya kadar çıktığı görülmektedir. Yaz aylarında XPS ile % 52 ile EPS ile % 48' e düştüğü görülmektedir. MW (Mineral Yün), de ise kış aylarında en yüksek nem oranı % 60 iken yaz aylarına doğru ani değişimler göstermekte ve % 35' e kadar düşmektedir.

Su içerikleri bütün yalıtım malzemelerinde kış aylarında aynı seviyede 4-5kg/m^3 oranındadır. Beklenildiği gibi bu değer yaz aylarında düşmektedir. En düşük su içeriği miktarı MW (Mineral Yün), de 2 kg/m^3 tür. EPS ve XPS de 3-4kg/m^3 arasında değişmektedir.

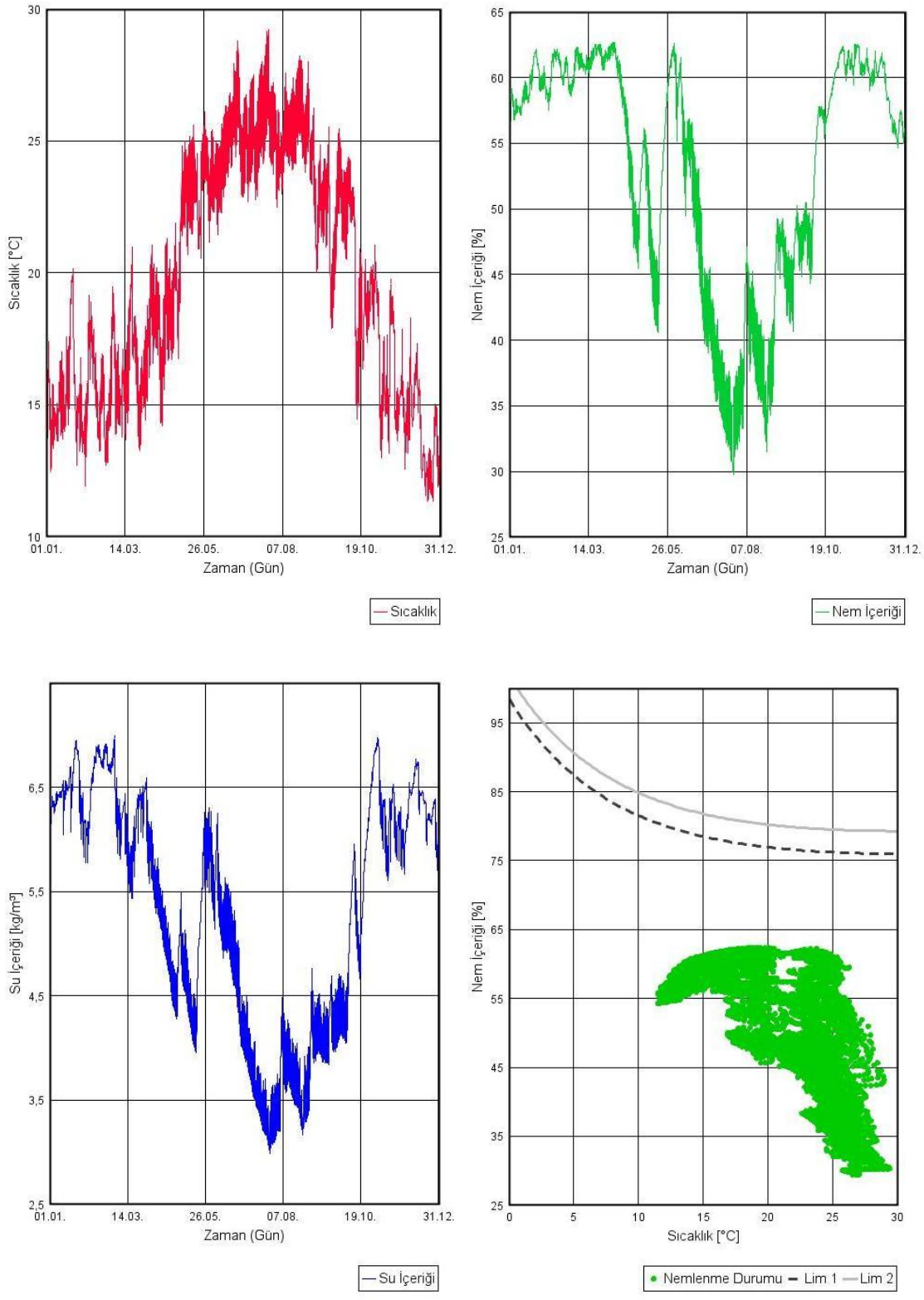
Dışarıdan yalıtımlı gazbeton duvar kesitinde yıllık sıcaklık, nem, su içeriği ve nemlenme durumu değişimi grafikleri EPS ile oluşturulan kesitler Şekil 5.16' da, XPS ile oluşturulan kesitler Şekil 5.17' de, MW (Mineral Yün), ile oluşturulan kesitler Şekil 5.18 de görülmektedir.



Şekil 5.16. Dışarıdan Yalıtımlı (EPS) Gazbeton Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi



Şekil 5.17. Dışarıdan Yalıtımlı (XPS) Gazbeton Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi



Şekil 5.18. Dışarıdan Yalıtımlı (MW) Gazbeton Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi

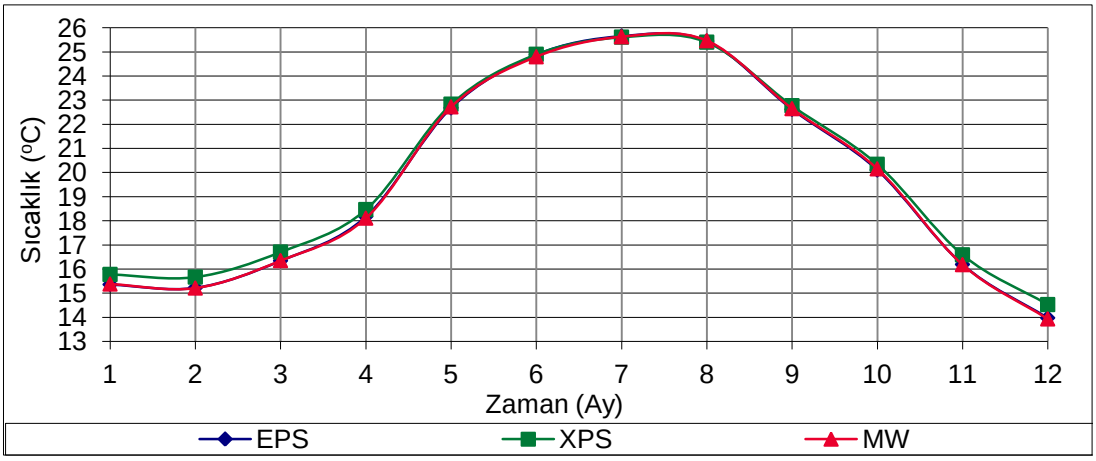
Dışarıdan yalıtımlı gazbeton duvar kesitinde sıcaklık değerlerine bakıldığında yalıtım malzemesi olarak EPS kullanılması durumunda kış aylarında (Aralık, Ocak, Şubat) en düşük sıcaklık 11,5 ^{o}C, MW (Mineral Yün) de 11,3 ^{o}C, XPS de 12,3 ^{o}C yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) bütün kesitlerde 29 ^{o}C ye yükselmektedir.

Nem değerlerine bakıldığında en yüksek nem oranı EPS' de % 63,5, XPS' de % 63,1, MW (Mineral Yün) de % 62,9 olduğu görülmektedir. Yaz aylarında ise % 45,8 ile EPS' de, %50,6 XPS' de ve MW (Mineral Yün) % 32,1 nem oranı ile en düşük Ağustos ayında gözlenmekte ve tuğla duvar kesitine göre % 1 daha yüksek sonuçlar verdiği görülmektedir.

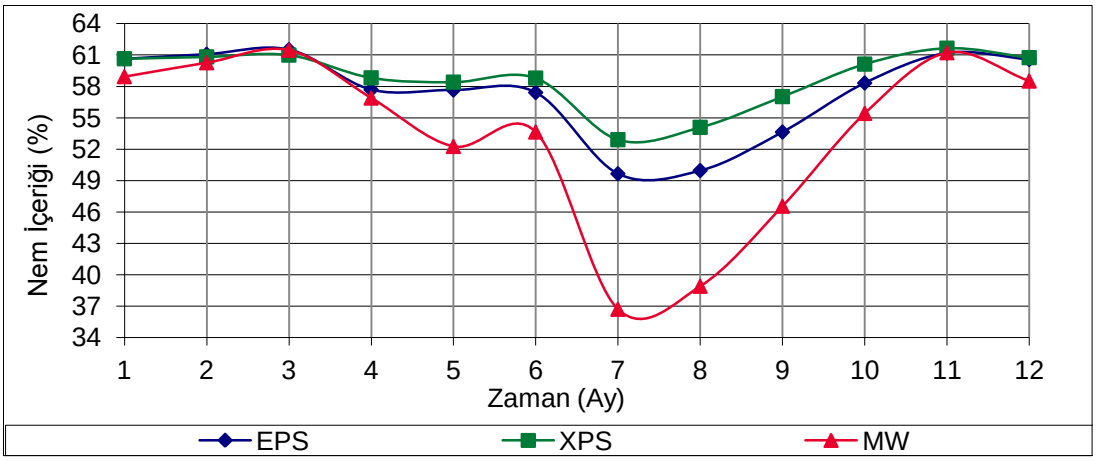
Su içeriği gazbeton duvarda EPS kullanılan kesitlerde 4,34 kg/m^3 ile 7,1 kg /m^3 arasında değişmektedir. XPS kullanılan kesitlerde 4,9 kg/m^3 ile 7,4 kg /m^3 arasında değişmektedir. MW (Mineral Yün) kullanıldığında 2,92 kg/m^3 ile 7 kg/m^3 sonucunu vermektedir.

Gazbeton dışarıdan yalıtımlı duvar kesitlerinde nemlenme durumuna baktığımızda EPS, XPS ve MW de limit 1'in altında kalmaktadır.

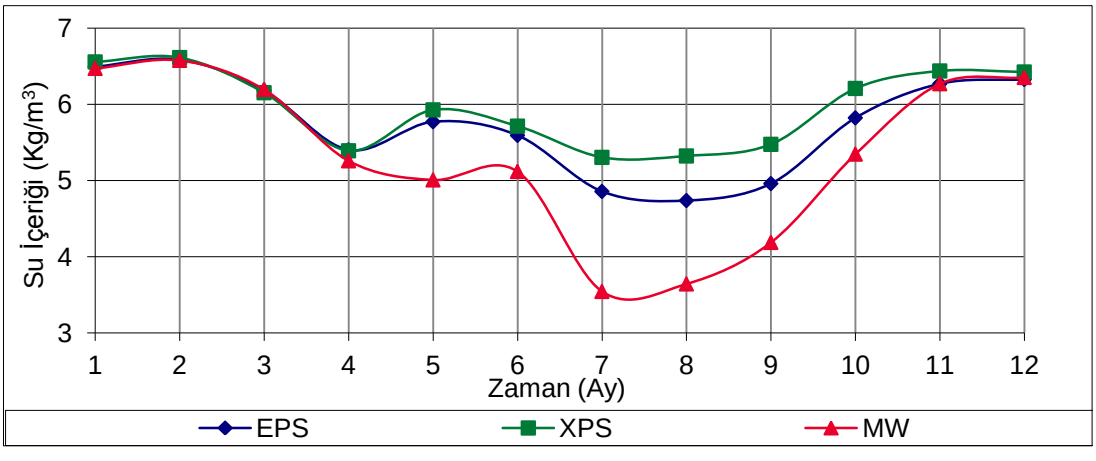
Dışarıdan yalıtımlı gazbeton duvar (EPS, XPS, MW) kesitlerinde aylık ortalama sıcaklık değerleri Şekil 5.19' da, nem değerleri Şekil 5.20'de ve su değerleri Şekil 5.21'da görülmektedir.



Şekil 5.19. Dışarıdan Yalıtımlı Gazbeton Duvar Kesitinde Sıcaklık Değişimi



Şekil 5.20. Dışarıdan Yalıtımlı Gazbeton Duvar Kesitinde Nem Değişimi



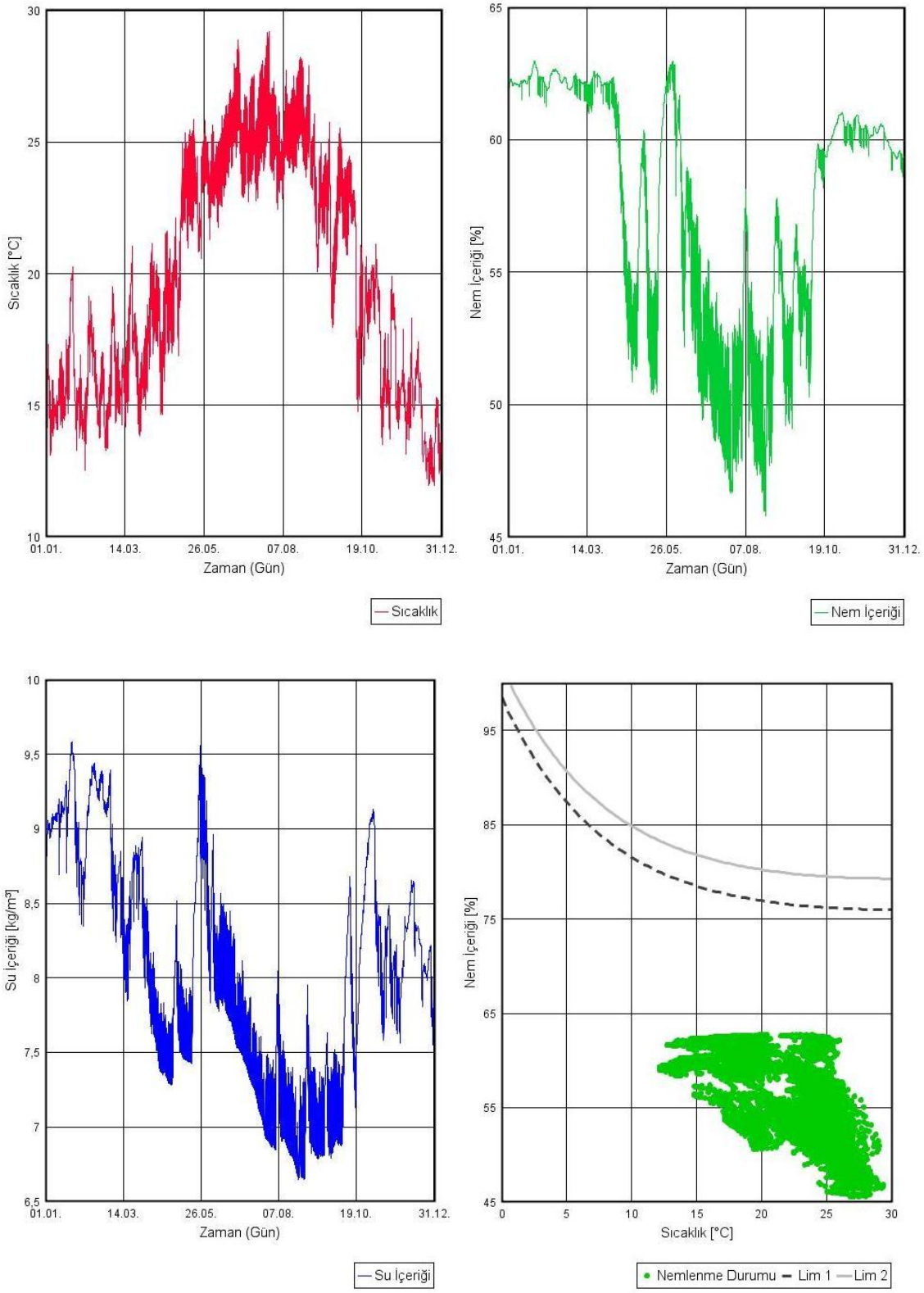
Şekil 5.21. Dışarıdan Yalıtımlı Gazbeton Duvar Kesitinde Su İçeriği Değişimi

Dışarıdan yalıtımlı gazbeton duvar kesitinde aylık ortalama sıcaklık değerlerine bakıldığında, yalıtım malzemeleri arasında pek fark görülmemektedir. 13,5^{o}C ile en düşük sıcaklık Aralık ayında görülmektedir. XPS 0,5 ^{o}C daha yüksektir. Yaz aylarında en yüksek sıcaklığın bütün kesitlerde 26^{o}C olduğu görülmektedir.

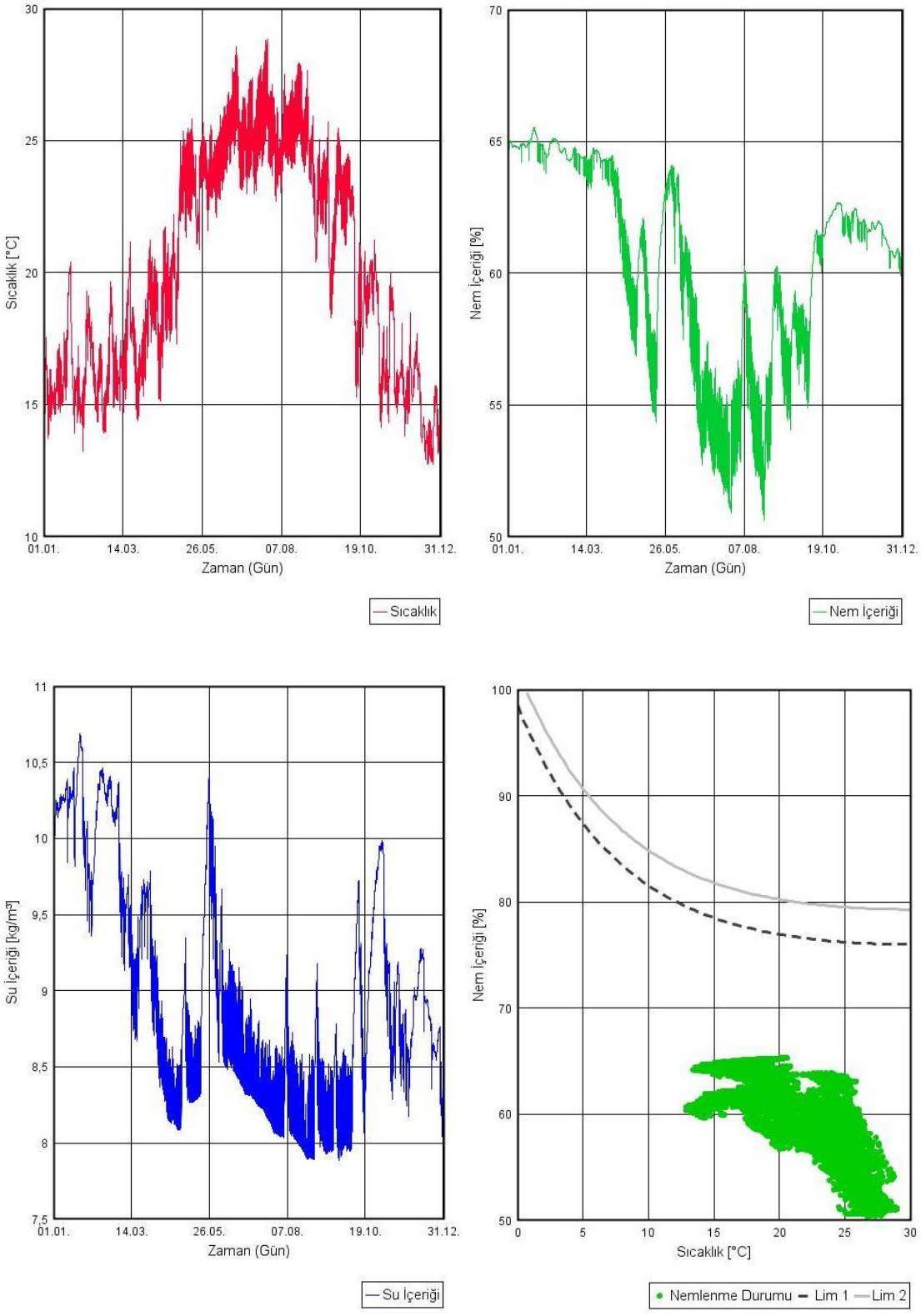
Nem değerleri EPS ve XPS kullanıldığında kış aylarında % 61'e kadar çıktığı görülmekte yaz aylarında ise XPS kullanıldığında % 52'ye, EPS kullanıldığında % 48'e düştüğü görülmektedir. MW kullanıldığında ise kış aylarında % 61 olan en yüksek nem oranı yaz aylarına doğru % 36'ya kadar düşmektedir.

Su içeriği değerleri bütün yalıtım malzemelerinde kış aylarında aynı seviyede (6-7 kg/m^3) olurken, yaz aylarında en düşük su miktarı MW de 3,5 kg/m^3, EPS ve XPS de 4-6 kg/m^3 arasındadır.

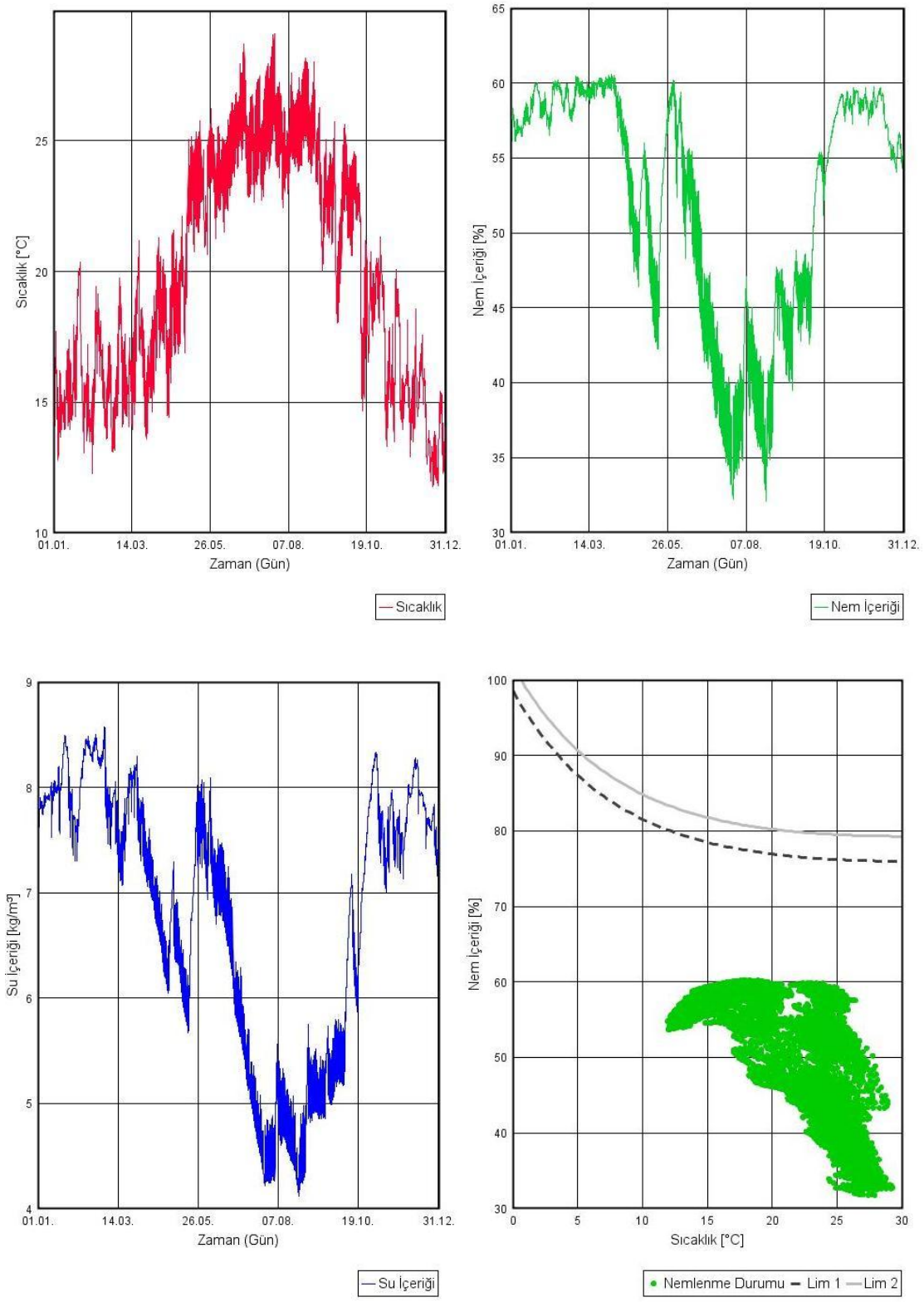
Dışarıdan yalıtımlı bimsblok duvar kesitinde yıllık sıcaklık, nem, su içeriği ve nemlenme durumu değişimi grafikleri EPS ile oluşturulan kesitler Şekil 5.22' de, XPS ile oluşturulan kesitler Şekil 5.23' te, MW ile oluşturulan kesitler Şekil 5.24' te görülmektedir.



Şekil 5.22. Dışarıdan Yalıtımlı (EPS) Bimsblok Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi



Şekil 5.23. Dışarıdan Yalıtımlı (XPS) Bimsblok Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi



Şekil 5.24. Dışarıdan Yalıtımlı (MW) Bimsblok Duvar Kesitinde Yıllık Sıcaklık, Nem, Su İçeriği ve Nemlenme Durumu Değişimi

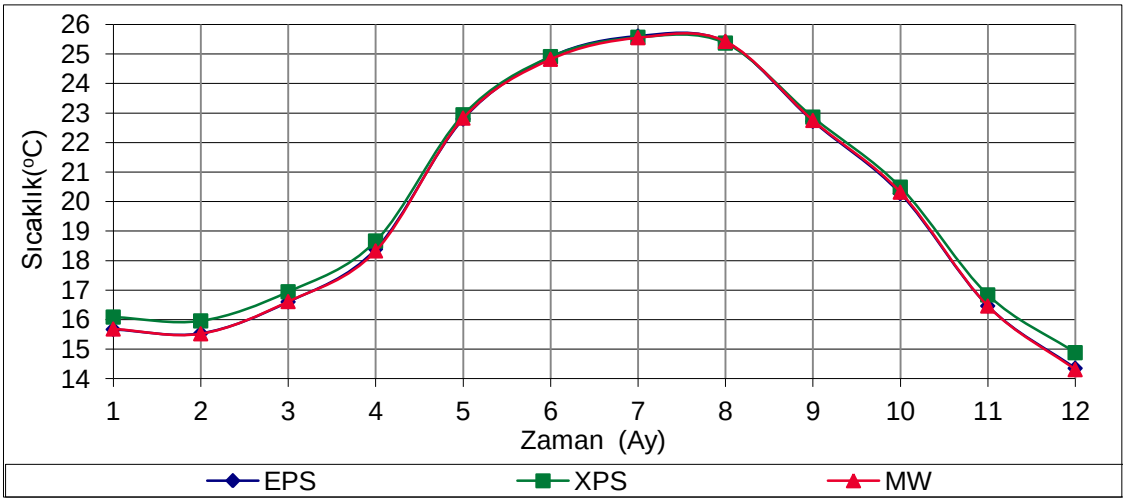
Dışarıdan yalıtımlı bimsblok duvar kesitinde sıcaklık değerlerine bakıldığında yalıtım malzemesi olarak EPS kullanıldığında kış aylarında (Aralık, Ocak, Şubat) en düşük sıcaklık 12 ^{o}C, MW kullanıldığında 11,8 ^{o}C, XPS kullanıldığında 12,7 ^{o}C dir. Yaz aylarındaki (Haziran, Temmuz, Ağustos) sıcaklık değerleri EPS kullanıldığında 29,2 ^{o}C, MW kullanıldığında 29,1 ^{o}C ye, XPS kullanıldığında 28,8 ^{o}C ye yükselmektedir.

Nem değerlerine bakıldığında EPS de en yüksek nem oranı % 63, XPS de % 65,5 MW de % 60,6 olduğu görülmektedir. Yaz aylarında ise % 45,8 ile EPS de %50,6 XPS de MW de % 32,1 nem oranı ile en düşük değer Ağustos ayında gözlenmektedir.

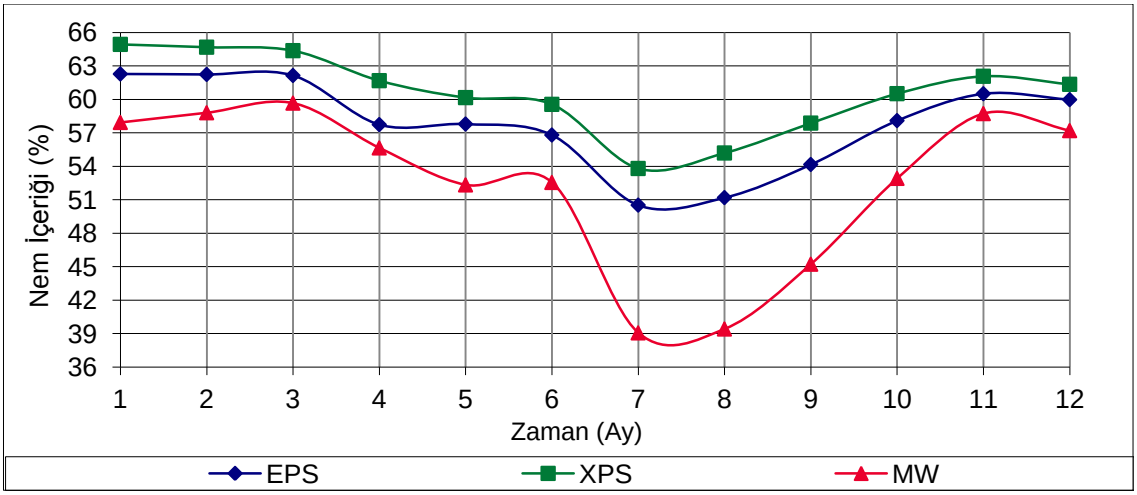
Su içeriği bimsblok duvarda EPS de 6,6 kg/m^3 ile 9,6 kg /m^3 arasında değişmekte, XPS de 7,9 kg/m^3 ile 10,7 kg /m^3 arasında değişmekte, MW de 4,12 kg/m^3 ile 8,6 kg/m^3 ile en iyi sonucu vermektedir. Tuğla ve gazbetona göre en yüksek su oranı bimsblokta bulunmaktadır.

Bimsblokta dışardan yalıtımlı duvar kesitlerinde nemlenme durumuna baktığımızda EPS, XPS ve MW de limit 1'in altında kalmaktadır. Bu yüzden bimsblok duvarda dışarıdan yalıtımlı duvar kesitleri içinde yoğuşma açısından risk olmadığı görülmektedir.

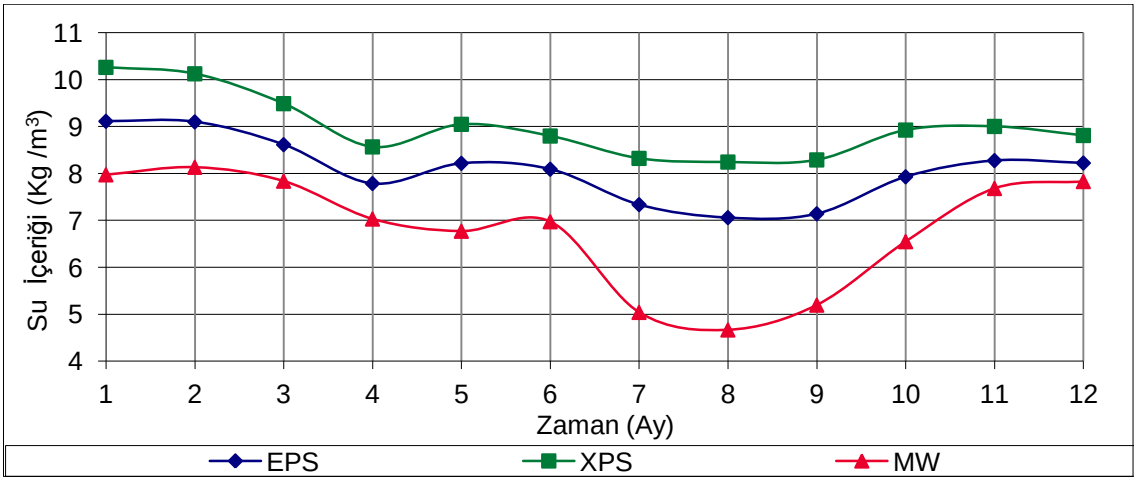
Dışarıdan yalıtımlı bimsblok duvar (EPS, XPS, MW) kesitlerinde aylık ortalama sıcaklık değerleri Şekil 5.25' te nem değerleri Şekil 5.26' da su içeriği değerleri Şekil 5.27' de görülmektedir.



Şekil 5.25. Dışarıdan Yalıtımlı Bimsblok Duvar Kesitinde Sıcaklık Değişimi



Şekil 5.26. Dışarıdan Yalıtımlı Bimsblok Duvar Kesitinde Nem Değişimi



Şekil 5.27. Dışarıdan Yalıtımlı Bimsblok Duvar Kesitinde Su İçeriği Değişimi

Dışarıdan yalıtımlı bimsblok duvar kesitinde aylık ortalama sıcaklık değerlerine bakıldığında, yalıtım malzemeleri arasında pek fark görülmemektedir. $14^{o}C$ ile en düşük sıcaklık Aralık ayında görülmektedir. XPS 0,5 ^{o}C daha yüksektir. yaz aylarında en yüksek sıcaklık bütün kesitlerde 25,5^{o}C olduğu görülmektedir.

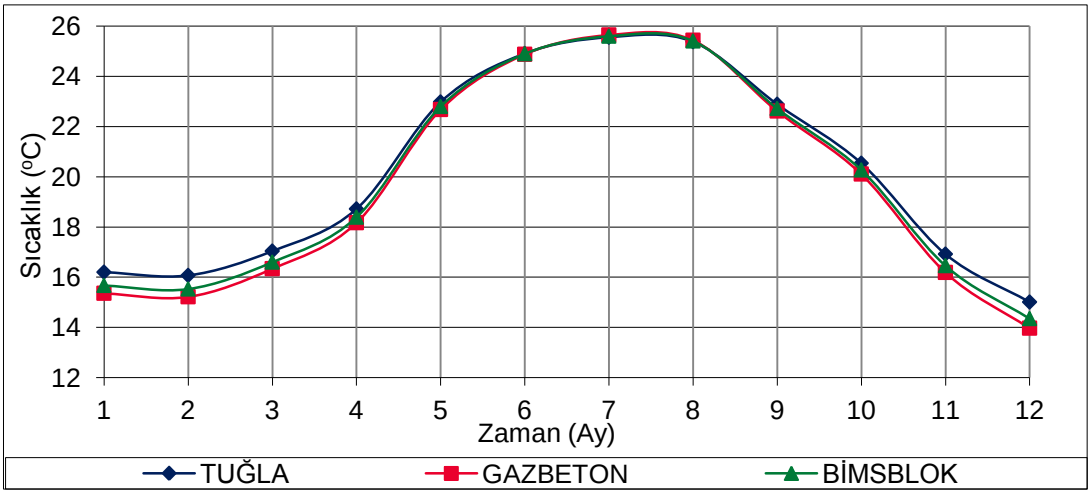
En yüksek nem değeri XPS kullanıldığında görülmektedir. En yüksek nem değeri % 65, en düşük ise % 54 tür. EPS de XPS e göre % 3 daha düşüktür. MW de ise kış aylarında en yüksek nem oranı % 60 iken yaz aylarına doğru değişim göstermekte % 38 e kadar düşmektedir.

Su içeriği değerleri en yüksek XPS de görülmektedir. Bu değer 8-10 kg/m^3 arasında değişmektedir. EPS de 7-9 kg/m^3, yaz aylarında en düşük su miktarı MW de kış aylarında 7-8 kg/m^3 arasında değişmektedir. Yaz aylarında 4,5 kg/m^3 e kadar düşmektedir.

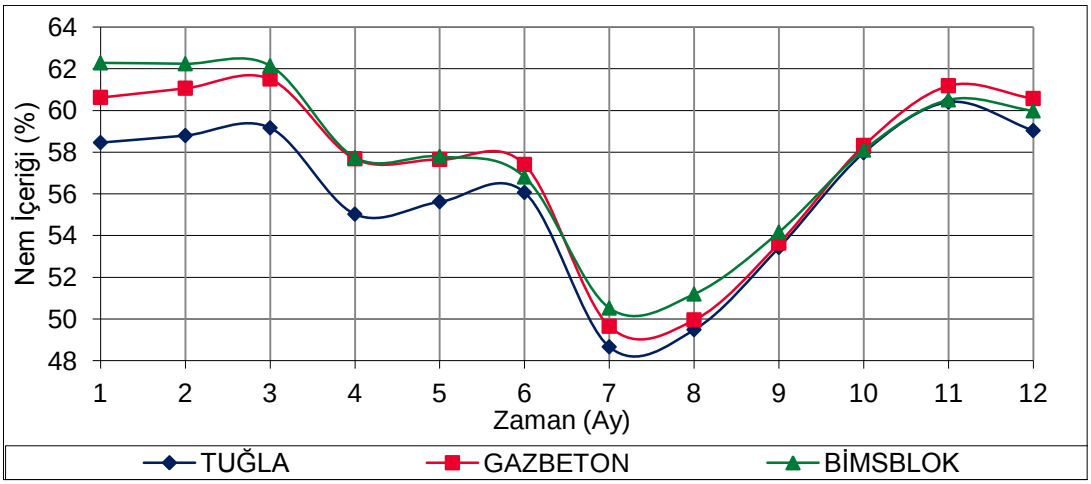
Dışarıdan yalıtımlı EPS ile yapılan tuğla, gazbeton ve bimsblok duvar kesitleri karşılaştırmalı aylık ortalama sıcaklık değerleri Şekil 5.28' de, nem değerleri Şekil 5.29' da, su içeriği değerleri Şekil 5.30' da görülmektedir.

Dışarıdan yalıtımlı XPS ile yapılan tuğla, gazbeton ve bimsblok duvar kesitleri karşılaştırmalı aylık ortalama sıcaklık değerleri, Şekil 5.31' de, nem değerleri Şekil 5.32' de, su içeriği değerleri Şekil 5.33' de görülmektedir.

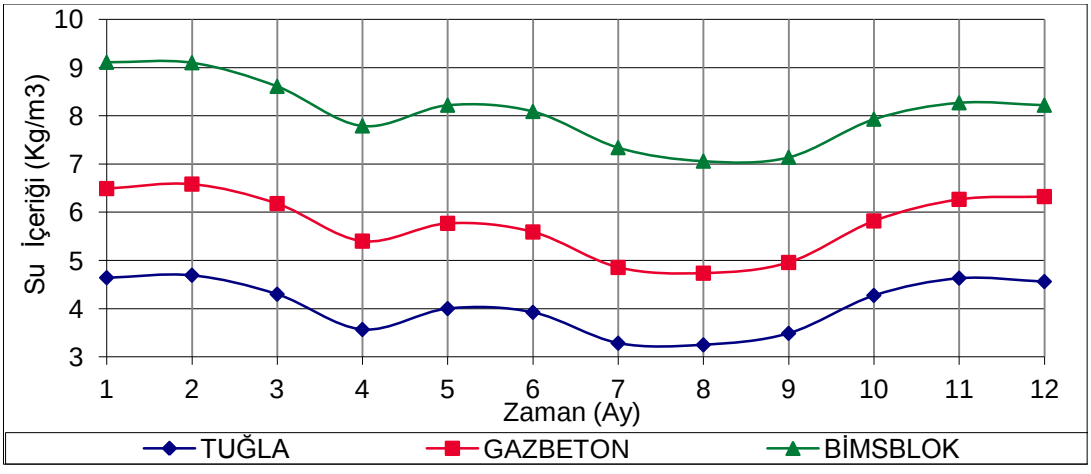
Dışarıdan yalıtımlı MW ile yapılan tuğla, gazbeton ve bimsblok duvar kesitleri karşılaştırmalı aylık ortalama sıcaklık değerleri, Şekil 5.34' de, nem değerleri Şekil 5.35' te, su içeriği değerleri Şekil 5.36' da görülmektedir.



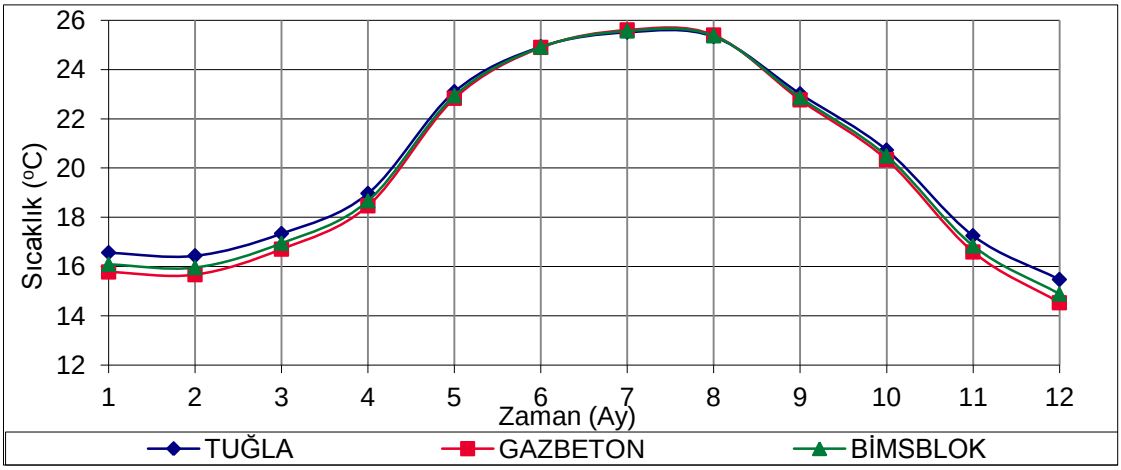
Şekil 5.28. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (EPS) Kullanıldığında Sıcaklık Değişimi



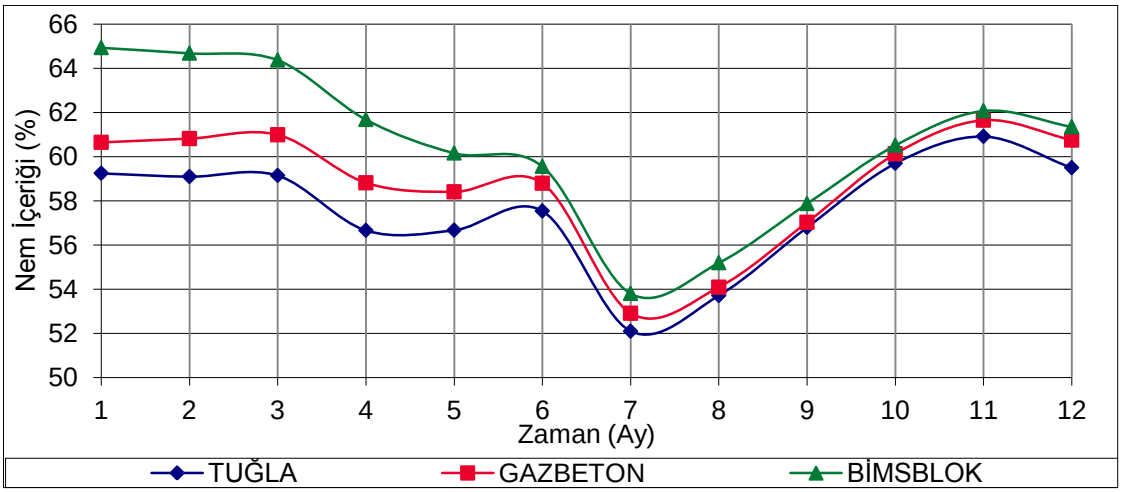
Şekil 5.29. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (EPS) Kullanıldığında Nem Değişimi



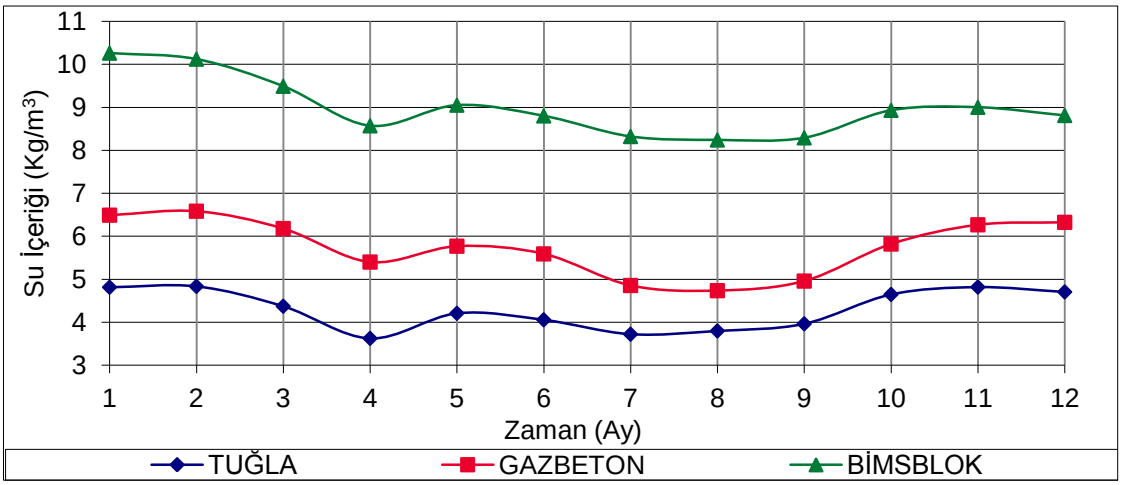
Şekil 5.30. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (EPS) Kullanıldığında Su İçeriği Değişimi



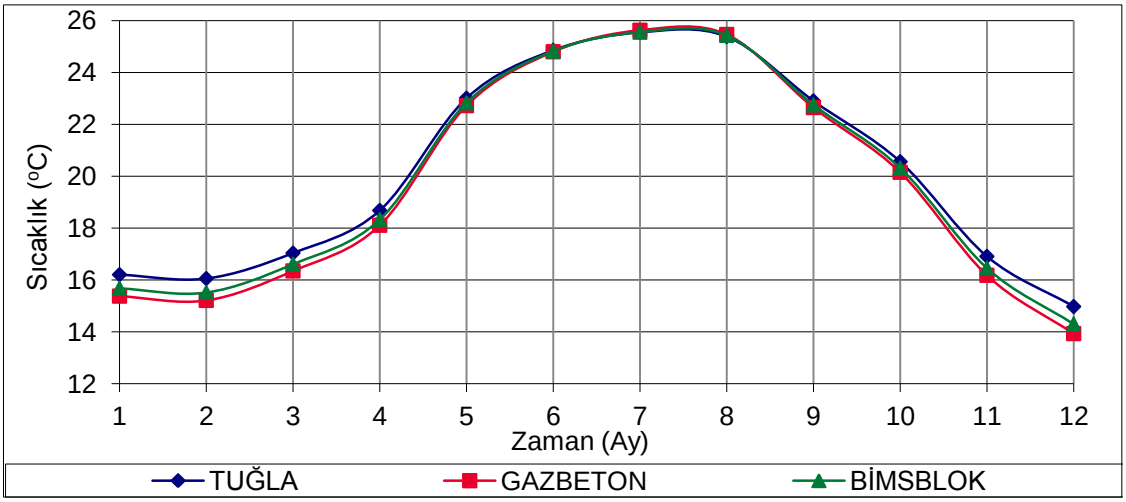
Şekil 5.31. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (XPS) Kullanıldığında Sıcaklık Değişimi



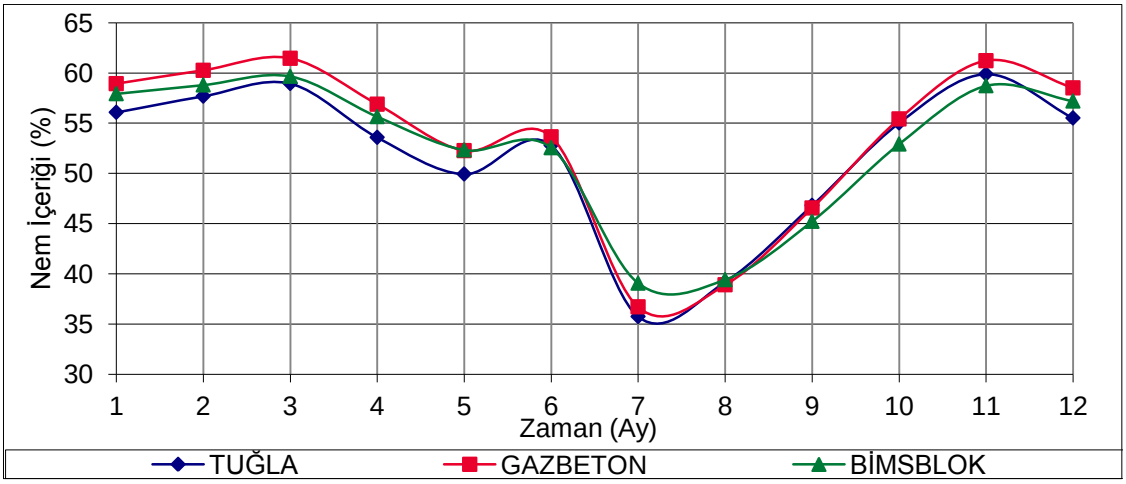
Şekil 5.32. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (XPS) Kullanıldığında Nem Değişimi



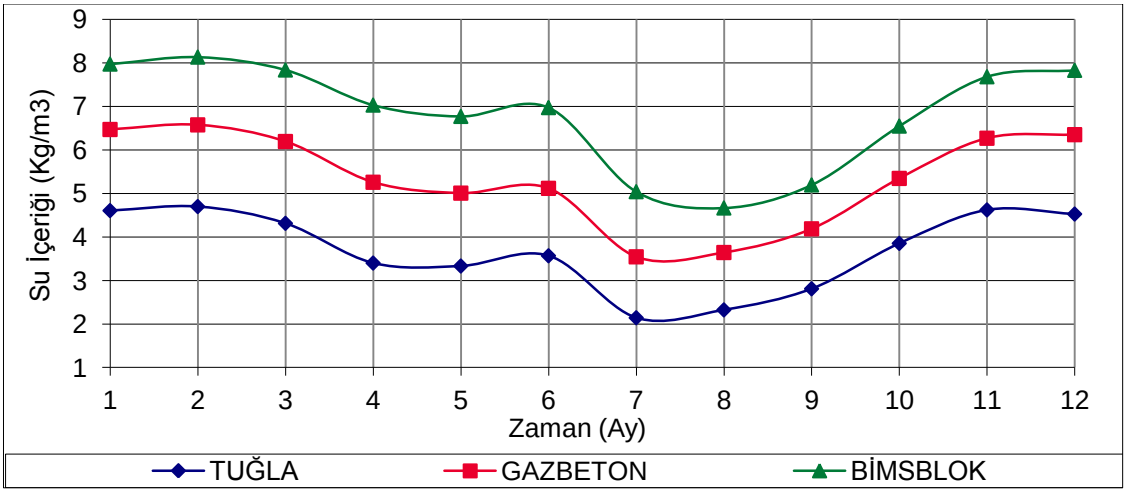
Şekil 5.33. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (XPS) Kullanıldığında Su İçeriği Değişimi



Şekil 5.34. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (MW) Kullanıldığında Sıcaklık Değişimi



Şekil 5.35. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (MW) Kullanıldığında Nem Değişimi



Şekil 5.36. Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde (MW) Kullanıldığında Su içeriği Değişimi

Dışarıdan EPS, XPS ve MW ile yalıtımlı tuğla, gazbeton ve bimsblok duvar kesitlerine bakıldığında sıcaklık değerlerinde en iyi sonucu tuğla duvar kesitinde olduğu görülmektedir. Tuğla duvar kesitini bimsblok takip etmekte gazbeton en düşük değerleri göstermektedir.

Nem değerlerine bakıldığında, EPS ve XPS yalıtımlı duvarlarda en düşük nem değerleri tuğla duvar kesitinde olduğu görülmektedir. EPS ile oluşturulan kesitte gazbeton ve bimsblok aynı değerlerde, XPS kullanılan kesitte tuğladan sonra gazbeton gelmektedir. MW ile yapılan tuğla, gazbeton ve bimsblok duvar kesitlerinde değişken nem değerleri gözlenmektedir.

Su içerikleri en düşük tuğla duvarda görülmekte, tuğlayı gazbeton takip etmekte, bimsblokta ise bütün yalıtım malzemelerinde su değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir.

Çalışmada oluşturulan yalıtımsız ve dışarıdan yalıtımlı duvar kesitlerinde 1 yıl içerisinde en düşük ve en yüksek toplam ve iç yüzey sıcaklık değerleri Tablo 5.2' de, nem değerleri Tablo 5.3' de, su içeriği değerleri Tablo 5.4' de verilmektedir.

Tablo 5.2. Yalıtımsız ve Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde Sıcaklık Değerleri

Yalıtımsız duvar toplam kesit sıcaklıkları (^oC)		TUĞLA		GAZBETON		BİMSBLOK	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
		5,7	32,6	6,2	32,2	5,5	32,5
İç yüzey sıcaklıkları(^oC)		15	27,4	17,2	26,3	15,9	26,8
Yalıtımlı toplam kesit sıcaklıkları (^oC)	EPS	12,9	28,9	11,5	29,4	12	29,2
	XPS	13,5	28,6	12,3	29	12,7	28,8
	MW	12,7	28,8	11,3	29,3	11,8	29,1
Yalıtımlı kesit iç yüzey sıcaklıkları (^oC)	EPS	18,6	25,6	18,8	25,4	18,7	25,5
	XPS	18,8	25,5	19	25,4	18,9	25,4
	MW	19,9	25,1	18,8	25,4	18,7	25,4

Yalıtımsız duvar kesitlerinde en düşük iç yüzey sıcaklığı tuğla duvar kesitindedir. Çalışmada iç ortam sıcaklığı 20 ^{o}C kabul edilmiştir. Isıl konfor şartları açısından ve yoğuşma oluşmaması için iç yüzey sıcaklığı ortam sıcaklığından en fazla 3 ^{o}C düşük kabul edilebilmektedir [31]. Buna göre tuğla ve bimsblok duvar kesiti yalıtımsız durumda ısıl konfor şartlarını sağlayamamaktadır. Gazbeton duvar kesitinde Aralık, Ocak, Şubat aylarında minimum toplam kesit sıcaklığının 6,2 ^{o}C ye kadar düştüğü görülmektedir. İç yüzey sıcaklığının ise 17,2 ^{o}C olarak ısıl konfor açısından sınır değeri verdiği görülmektedir.

Dışarıdan yalıtımlı duvar kesitlerinde 1 yıl içerisindeki minimum ve maksimum toplam ve iç yüzey sıcaklık değerlerine bakıldığında, kesitler içerisinde çok fark olmadığı görülmektedir. Bunun sebebi malzemelerin ısıl iletkenlik katsayılarının (λ) değerlerinin birbirine çok yakın değerler olmasından kaynaklanmaktadır.

Dışarıdan yalıtımlı toplam kesit sıcaklıklarına bakıldığında Aralık, Ocak, Şubat aylarında tuğla duvarda XPS kullanılan kesitte minimum toplam sıcaklık 13,5 ^{o}C olarak en iyi sonucu vermekte, iç yüzey sıcaklığı ise MW de 19,9 ^{o}C olarak en iyi sonucu tuğla duvarda verdiği görülmektedir.

Tablo 5.3. Yalıtımsız ve Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde Nem Değerleri

Yalıtımsız duvar toplam kesit nem içeriği (%)		TUĞLA		GAZBETON		BİMSBLOK	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
		51,4	79,3	47	79,7	64,9	82,3
İç yüzey nem içeriği(%)		49,4	66,8	43,6	63,8	47,6	66,6
Yalıtımlı toplam kesit nem içeriği (%)	EPS	44	62	44,2	63,5	45,8	63
	XPS	49,1	61,9	49,3	63,1	50,6	65,5
	MW	28,4	62,2	29,3	62,9	32,1	60,6
Yalıtımlı kesit iç yüzey nem içeriği(%)	EPS	40,5	61,2	39,8	60,7	40,3	60,7
	XPS	40	61	39,5	60,6	40	60,8
	MW	36,9	60,1	39,8	60,6	40,2	60,6

Yalıtımsız duvar kesitlerinde 1 yıl içerisindeki minimum ve maksimum toplam ve iç yüzey nem değerlerine bakıldığında, gazbeton duvar kesitinde Temmuz - Ağustos aylarında minimum toplam nem değeri % 47 olduğu, Mayıs ayında maksimum % 79,7 iç yüzey nem değeri ise minimum % 43,6 maksimum % 63,8 olarak en iyi sonucu gazbetonun verdiği görülmektedir. Bimsblokta ise Şubat- Mart aylarında toplam nem değeri maksimum % 82,3 ile en yüksek değerin bimsblokta olduğu görülmektedir.

Dışarıdan yalıtımlı toplam kesit nem değerlerine bakıldığında bimsblok duvarda XPS ile yapılan yalıtımda Ocak, Şubat ve Mart aylarında maksimum toplam nem değeri % 65,5 olarak en yüksek değeri vermekte, tuğla duvarda MW ile yapılan yalıtımda Temmuz- Ağustos ayında toplam nem değeri minimum % 28,4 iç yüzey nem değeri ise minimum % 36,9 olarak en iyi sonucu tuğla duvarda verdiği görülmektedir.

Tablo 5.4. Yalıtımsız ve Dışarıdan Yalıtımlı Duvar Kesitlerinde Su İçeriği Değerleri

Yalıtımsız duvar toplam kesit su İçeriği (Kg/m^3)		TUĞLA		GAZBETON		BİMSBLOK	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
		4,19	17,18	5,2	22,3	15,9	37,1
İç yüzey su içeriği(Kg/m^3)		3,56	5,3	3,14	5,1	3,43	5,3
Yalıtımlı toplam kesit su içeriği (Kg/m^3)	EPS	2,92	5,4	4,34	7,1	6,6	9,6
	XPS	3,22	5,7	4,9	7,4	7,9	10,7
	MW	1,68	5,4	2,92	7	4,12	8,6
Yalıtımlı kesit iç yüzey su içeriği(Kg/m^3)	EPS	2,91	4,79	2,86	4,74	2,9	4,75
	XPS	2,88	4,78	2,84	4,73	2,88	4,75
	MW	0,29	0,48	2,86	4,73	2,9	4,73

Yalıtımsız duvar kesitlerinde 1 yıl içerisindeki minimum ve maksimum toplam su içeriklerine bakıldığında, bimsblokta Temmuz- Ağustos ayında minimum 15,9 kg/m^3 Şubat-Mart ayında maksimum 37,1 kg/m^3 ile en yüksek değerin bimsblokta olduğu görülmektedir.

Dışarıdan yalıtımlı toplam kesit su içeriklerine bakıldığında tuğla duvarda MW kullanıldığında Temmuz- Ağustos aylarında minimum toplam su içeriği 1,68 kg/m^3 iç yüzey su içeriği ise minimum 0,29 kg/m^3 olarak en iyi sonucu tuğla duvarın verdiği görülmektedir. Bimsblokta ise XPS kullanıldığında Şubat Mart aylarında toplam su içeriği maksimum 10,7 kg/m^3 ile en yüksek değerin bimsblokta olduğu görülmektedir.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Cepheler iç ve dış ortamı ayıran bir bölme elemanı olmasının yanında mekân içinde yaşayanları dış etkilerden korumak ve kullanıcıların konforunu sağlamak işlevlerini de üstlenmektedir. Tarihsel gelişim süreci içinde mimaride enerji ve çevre bilinçli tasarımın giderek önem kazanması ile birlikte dış cephe oluşumları da büyük değişim göstermiştir. Bina tasarımında olduğu gibi dış cephe tasarımında da iklim koşulları dikkate alınmış, ısıtma gereksinimlerini ve ısı kayıplarını azaltacak, doğal havalandırmayı sağlayacak ve gün ışığından maksimum oranda faydalanılan sistemler tercih edilmiştir. Cephe sistemlerinin yağış, sıcaklık değişimi, rüzgâr, nem gibi dış iklim şartlarına yüksek ısıl performansları, mukavemet, boyutsal kararlılık, doğal havalandırma ve günışığından yararlanma, ses yalıtımı ve akustik özellikler, yangından koruma, iç ortam konfor şartlarını sağlamak v.b gibi özellikleri taşıması gerekmektedir.

Dış cephe bitirme sistemlerinde ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak enerji tasarrufu ve kullanıcıların konforu sağlanmaktadır. Dış cephe bitirme sistemlerinde kullanılan ısı yalıtım malzemelerinin "Yapı Malzemeleri Yönetmeliğindeki" temel gerekleri sağlaması gerekmektedir. Yapı malzemelerinde CE işaretinin kullanımı da, belli bir kalite düzeyini belirlemek için kullanılmaktadır. Dış cephe bitirme sistemleri TS EN 13499 "Yapılarda Kullanılan - Polistren (EPS) Esaslı Haricî Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri" ile TS EN 13500 "Yapılarda Kullanılan - Mineral Yün Esaslı Haricî Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri" Standardları ile ulusal düzeyde ele alınmıştır. ETICS "Harici Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri (External Thermal Insulation Composite Systems) kriterlerine göre dış cephe ısı yalıtım sistem malzemelerinin birbirleriyle olan uyum testleri yapılarak performansları denetlenmektedir. ETAG004 (Avrupa Teknik Onayı Ortak Esasları 004) belgesiyle kompozit ısı yalıtım sistemlerinin güvenliği uluslararası düzeyde kabul görmektedir. Sistemin bir bütün olarak belli deneyleri aşmış olduğu ve gereken güvenirliliğe ulaştığı kabul edilmektedir.

Dış cephe kompozit sistemleri birçok katmandan meydana gelmektedir. Cephe kurgusu içerisinde tüm bileşenlerin (duvar, yalıtım, yapıştırıcı, sıva, file astar, boya v.b) cephenin performansında önemi bulunmaktadır. Kesitin sıcaklık, nem ve su içeriğinde cepheyi oluşturan tüm malzemelerin özellikleri ve kesitte bu malzemelerin sıralanışının bilinmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, wufi simülasyon programı ile Edirne iklim verileri kullanılarak, Türkiyede çoğunlukla tercih edilen dolgu duvar malzemelerinden tuğla, gazbeton, bimsblok kullanılarak duvarların yalıtımsız ve dışarıdan yalıtımlı (EPS, XPS, MW) durumlarındaki sıcaklık, su ve nem performansları incelenmiştir.

Yalıtımsız duvar kesitlerinde sıcaklık değerlerinde en iyi sonucu gazbetonun verdiği görülmektedir. Bunun nedeni diğer dolgu malzemelerine göre en düşük ısıl iletkenlik (λ) değerine sahip olmasıdır.

Dışarıdan yalıtımlı duvar kesitlerinde sıcaklık değerlerinde yalıtımsız duruma göre oldukça iyileşme görülmektedir. Dolgu duvar malzemeleri değiştiğinde küçük değişiklikler meydana geldiği, yalıtım malzemeleri değiştiğinde sıcaklık değerlerinde çok küçük değişiklikler olduğu belirlenmiştir. Bu küçük değişimlerin sebebi seçilen ısı yalıtım malzemelerinin ısıl iletkenlik katsayısı (λ) değerlerinin birbirine çok yakın olmasıdır.

Yalıtımsız duvar kesitlerinde nemlenme durumu için tüm duvar malzemelerinde yoğuşma ihtimali bulunmaktadır.

Dışarıdan yalıtımlı durumda yalıtım malzemeleri değiştiğinde nem değerlerinde farklılıklar vardır en düşük nem değerleri MW' de görülmektedir, dolgu duvar malzemeleri değiştiğinde ise değerler birbirine daha yakındır ve en yüksek değer bimsblokta görülmektedir. Oluşturulan kesitlerdeki su içeriği yalıtım malzemeleri değiştiğinde EPS ve XPS arasında çok fark gözlenmemekte MW (Mineral yün) de değerlerin düşük olduğu görülmüştür. Dolgu duvar malzemeleri değiştiğinde ise su miktarları arasında farklar vardır, tuğla en düşük değerlerde sonra gazbeton bimsblokta ise su miktarının tuğla duvara göre 2 kat fazla olduğu görülmektedir. Kesitlerdeki nem ve su içeriği miktarının değişimi kesiti oluşturan malzemelerin su buharı difüzyon direnç faktörü (μ) ile ilgilidir. Su buharı iletimi açısından su buharının kesitte yoğuşma olmadan buhar olarak çıkabilmesi için kesiti oluşturan malzemelerin su buharı difüzyon direnç faktörü (μ) değerlerinin içeriden dışarıya doğru küçülmesi gerekmektedir.

Dışardan yalıtımlı duvar kesitlerinde nemlenme durumuna baktığımızda EPS, XPS ve MW de limit 1'in altında kalmaktadır. Bu yüzden duvarlarda dışarıdan yalıtımlı duvar kesitleri içinde yoğuşma açısından risk olmadığı görülmektedir.

Wufi programıyla yapılan hesaplamaların sonuçlarına baktığımızda değerlerin beklenilen sonuç değerleri verdiği görülmektedir. Bu sonuçlar bize programın güvenilirliğini de doğrulamaktadır.

ETICS "Harici Kompozit Isı Yalıtım Sistemleri (External Thermal Insulation Composite Systems) kriterlerine göre incelediğimiz TS EN 13499 - TS EN 13500 ve ETAG 004 stantartlarında Bölüm 3' te verilen dış cephe sistemlerinin taşıması gereken özellikler ısı, nem, rüzgar, sıcaklık, su, yangın, ile ilgili deneyler yapıldığı, yalnız ses ile ilgili herhangi bir deney yapılmadığı görülmüştür. Bu testlerde ses (gürültü) ile ilgili bir çalışma da yapılması faydalı olacaktır.

Bu tez çalışması, bina cephelerinin tasarım aşamasında, kesiti oluştururken kullanılacak uygun malzeme seçimi ile kullanıcıya konfor koşullarının sağlanması ve binanın sağlığı açısından faydalı olacaktır. Ancak bu çalışmada elde edilen sonuçlar kabul değerleri değiştiğinde farklı sonuçlar verebilecektir.

Bundan sonraki çalışmalarda wufi programı ile farklı iklim koşullarında farklı malzemelerle oluşturulan kesitlerin sıcaklık, nem performansları incelenebilir. Ayrıca betonarme iskelet sistemde önemli bir yeri olan ısı köprülerinin çalışma performansları da bu program yardımıyla incelenebilir. İleriki çalışmalarda diğer simülasyon programları (match, moıst) ile de çalışma yapılıp programların karşılaştırmaları da yapılabilir.

KAYNAKLAR

[1] V. Gür, **Yapı Kabuklarının Geleceği- Değişkenlik ve Adaptasyon İhtiyacı** http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri_09.pdf

[2] U. Tanyeli, **Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi**, Yapı Endüstri Merkezi, Cilt 1, İstanbul, 1997.

[3] Ö. Güvenli, **Tarihsel süreç içinde malzeme cephe ilişkisi ve giydirme cepheler** Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006

[4] M. Eriç, **Yapı Fiziği ve Malzemesi 2**, Literatür Yayınları, İstanbul, 2002.

[5] F. Alyanak Kaya, **Binalarda Isı Yalıtım Kurallarına Uygun Yapı Üretiminde Duvar Malzemesi Seçimine Yönelik Öneriler**, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2010.

[6] V. Gür, Ö. Deniz, S. Ekinci, **Kagir Yığma Duvarlarda Taşıyıcı Malzeme ve Bileşenler**, 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 12–13 Nisan Bursa, 2012.

[7] N. Koçu, **Sürdürülebilir Malzeme Bağlamında "Kerpiç"ve Çatı- Cephe Uygulamaları** (Konya-Çavuş Kasabası Örneği), 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 12–13 Nisan, Bursa,2012

[8] A. Aknesil, **Bileşik Cidar Ses Geçirmezliğinde Cam Elemanların Önemi ve Konut Dış Cephe Malzemelerinden Örnekler,** Yalıtım Kongresi 23-24-25 Mart Eskişehir. 2001.

[9] E. Gürdal, S. Acun, **Dış Duvarların Tasarımında Isı ve Rutubet Etkisi**, http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri_3.pdf

[10] A. Pehlevan, Y. Yaşar, S. Maçka, **Higrotermal Performans Açısından Duvar Konstrüksiyonu Tasarımında Bilgisayar Modellerinin Kullanımı,** X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi , 13-16 Nisan ,İzmir, 2011.

[11] F. Umaroğulları, **Betonarme Düşey Yapı Kabuğunda Yalıtımın Yerinin ve Kalınlığının, Nem Denetimi Açısından Deneysel ve Sayısal Değerlendirmesi,** Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2011, Edirne.

[12] F. Umaroğulları, G. Zorer Gedik, E. Mıhlayanlar, **Periyodik Rejimde Yalıtımlı ve Yalıtımsız Betonarme Duvarlarda Yoğuşma Denetimi,** Edirne Örneği Megaron E dergisi cilt vol. 6 - sayı no.1. 2011.

[13] H. Begeç, K. Savaşır, **Akıllı Giydirme Cephe Sistemlerinin Havalandırma Şekillerinin İncelenmesi.** http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri_04.pdf

[14] İ. Özdemir, **Yapı Elemenları Ders Notları,** Osmangazi Üniversitesi Teknoloji Eğitim ve Araştırma Merkezi, Eskişehir, 1997-2002

[15] N. Onat Güzel, A. Sönmez, **Giydirme cephelerin performans özellikleri,** Ege Mimarlık Sayı 44, syf 12, İzmir, 2002.

[16] Ç. Türkçü, **Yapım,** Mimarlar Odası İzmir Şubesi Yayını, 1997, İZMİR.

[17] F. Şenkal Sezer, **Türkiye'de metal çerçeveli giydirme cephe sistemlerinin üretim ve uygulama aşamalarının incelenmesi,** Uludağ Üniversitesi Mimarlık Bölümü. http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri_13.pdf

[18] H. Tümay, **Giydirme Cepheler ve Cam Seçimi**, Giydirme Cepheler Sempozyumu Y.E.M, İstanbul,1991.

[19] Y. Oktuğ, **Yüksek Yapılarda Alüminyum Doğrama Cephe Sistemleri**, Ege Mimarlık, Sayı 29, 1999.

[20] T. Yaman, **Yüksek Yapılarda Cephe Gelişimi ve Giydirme Cepheler**, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul 1998.

[21] Y. Esen, B. Yılmazer, **Giydirme Cephelerde Kullanılan Alüminyum Kompozit ve Kompakt Laminat Panellerin Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması** Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, Elazığ,2007.

[22] A. Sev, A. Özgen, **Yüksek Binalarda Sürdürülebilirlik ve Doğal Havalandırma,** Yapı, 262, 9, 92–99. 2003.

[23] E. Lakot, **Ekolojik ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması**, Yüksek lisans tezi, K.T.Ü, Trabzon, 2007.

[24] Ş. Boduroğlu, **Akıllı Binalarda Enerji Etkin Cephe Tasarımı** 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu İzmir, 2010.

[25] M. Ünal, **Çift Kabuk Cephelerin Sistematik Analizi ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi,** Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006.

[26] İ. Ayçam, **Enerji Etkin Ofis Binalarinda Gelişmiş Cephe Sistemlerinin İncelenmesi,** X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi –İzmir, 2011.

[27] Ö. Eşsiz, A. Özgen, **Büro Yapılarında Enerji Tüketimini Azaltan Çift Kabuk Cam Cephe Sistemleri,** Yapı, 276, 11, 97–104, 2004.

[28] S. Bilgiç, **Akıllı Cephe Sistemleri,** Ege Mimarlık, 44, 1, 21-25, 2003.

[29] BBRI, **Vantilated Double Facades, Department Of Building Physics, İndoor Climate & Building Service, Belgian Building Research Institute**, Belgium, 2002.

[30] C. Ekinci, N. İşçi, F. Alyavuz, **Yapılar Nasıl Hastalanır?** e-Journal of New World Sciences Academy, Elazığ, 2007.

[31] **TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları,** Ankara, Türkiye, 2008.

[32] W. Schaupp, **External Walls, Cladding, thermal insulation, damp-proofing,** Crosby Lockwood&Son Press, London,England,1967.

[33] C. Ekinci, **Yalıtım Teknikleri,** Nobel Yayım Dağıtım, Ankara, (2003).

[34] A. Akman, **Yapı Biyolojisi Kavramı ve Temel İlkeleri,** Yapı Dergisi, Sayı:108, ss:18 41. (1990).

[35] K. Ertaş, **Binalarda Buhar Difüzyonu Olayının İrdelenmesi**, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi , Eskişehir, 2001.

[36] N. Toydemir, E. Gürdal, L. Tanaçan, **Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme**, Literatür Yayınları, İstanbul, 2000.

[37] F. Aköz, **Atmosfer Olaylarının Hasar Etkeni Olarak Belirlenmesi,** TMH sayı 427 - 5 İstanbul, 2003.

[38] N. Koçu, M. Dereli, **Yapı Cephelerini Görsel Yönden Olumsuz Olarak Etkileyen Sorunlar ve Nedenlerin Analizi** 4. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler" Sempozyumu,- İstanbul, 2008

[39] A.J. Brookes, **'Cladding of Buildings', E&FN Spon Press,** New York,USA, 1998.

[40] A. Topçu, Betonarme II, **Yapılara Etkiyen Karakteristik Yükler ve Yük Analizi**, Ders Notları, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 2012

[41] TS 498, **Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri** Kasım, Ankara, 1997.

[42] CIRIA, **Wall Technology, Volume F, Glazing, Curtain Walls and Overcladding**, London,1992.

[43] S. Oymael, **Su-Rutubet ve Yangın Etkilerinin Dayanım, Malzeme Seçimi ve Bina Tasarımı ile İlişkisi,** Mustafa Kemal Üniversitesi İnşaat Müh. Böl. Antakya/Hatay.

[44] E. Gürdal, S. Acun, **Isı Yalıtım Malzemeleri ve Yangın**, İzolasyon Dünyası, Sayı: 52, İstanbul. 2005.

[45] S. Arda, **Yapıların Yangın Güvenliği ve Buna İlişkin Yapısal Önlemler,** Meslek İçi Eğitim Seminerleri, İstanbul, 1990.

[46] E. Çobanoğlu, **Çelik İskelet Strüktürlerde Yangın Korunumu,** Y. Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003.

[47] R. Smith, **Fire Protection Systems For Architectural Steelwork,** Teknik Bülten, Unitherm, www.unitherm-online.com.

[48] **Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik,** Resmi Gazete Sayı: 27344, 9 Eylül 2009.

[49] F. Demirel, **Çatı ve Çatı Kaplamalarının Dış Yangın Performanslarının Avrupa Birliği Direktiflerine Göre Sınıflandırılması ve Konunun Türkiye – Avrupa Genelinde İrdelenmesi**, Politeknik Dergisi, Cilt:13 Sayı: 1 s. 65–70, 2010

[50] N. Bayazıt, M. Aşçıgil, **Sağlıklı ve Yaşanabilir Çevreler için Akustiğin Önemi,** VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi syf 289.

[51] http://tr.wikipedia.org/wiki/CE işareti

[52] G. Ataman, **İşletme Yönetimi,** Türkmen Kitapevi, İstanbul, (2002).

[53] E. Kasapoğlu, **Yapı Malzemesi Üretiminde Kalite Kavramının Artan Önemi**, İ.K.Ü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Şirinevler, İstanbul.

[54] **Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (89/106/EEC)** Resmi Gazete Sayı:26368, 06 Aralık 2006.

[55] http://www.oaib.org.tr/tr/**yapi-malzemeleri-ve-ce-isareti.**

[56] Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, **Piyasa Gözetimi ve Denetimi El Kitabı.**

[57] Türk Standartları Enstitüsü, **TS EN 13499**, Kasım 2006.

[58] T. Aberle, **A New Way To Optimize Formulation Costs Of Adhesive Mortars Used For Polystyrene Substrates** Elotex AG, Switzerland Performance Additives Akzo Nobel

[59] G. Kurt, **Mantolama Sistemlerinde Standartlar**, Yeşil Bina Dergisi, Sayı 6/ Mart-Nisan 2011.

[60] Türk Standartları Enstitüsü, **TS EN 13500**, Eylül 2005.

[61] L. Brock, **Designing The Exterior Wall,** Wiley Press, New Jersey, USA, 2005.

[62] H. Trechsel, **Moisture Analysis and Condensation Control in Building Envelopes,** ASTM, MNL 40, Philadelphia, USA, 2001.

[63] tr.wikipedia.org/wiki/sera_etkisi

[64] S. İsmail, **Enerji Verimli Binalarda Isı Yalıtımının Toplam Bina Maliyetindeki Etkisi Yunanistan-Türkiye Karşılaştırması** Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Edirne, 2012.

[65] 2002/49/EC, **"Çevre Gürültüsünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği",** Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2005.

[66] **http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/**

[67] **http://www.tse.org.tr/**

[68] **http://www.eota.be/pages/home/**

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi: 15.08.1980

Doğum yeri: Gümülcine -Yunanistan

İlkokul: Strofi İlkokulu, Gümülcine-Yunanistan.

Ortaokul: 1992-1995 Edirne Kız Sanat Ortaokulu.

Lise: 1995-1998 Edirne Meslek Lisesi.

Lisans: 1999-2006 Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü.

Yüksek Lisans: 2011 Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı.