T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME DÜŞEY YAPI KABUĞUNDA YALITIMIN YERİNİN VE KALINLIĞININ, NEM DENETİMİ AÇISINDAN DENEYSEL VE SAYISAL DEĞERLENDİRMESİ

Y. Mimar Filiz UMAROĞULLARI

DOKTORA TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK

2011, EDİRNE

T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME DÜŞEY YAPI KABUĞUNDA YALITIMIN YERİNİN VE KALINLIĞININ, NEM DENETİMİ AÇISINDAN DENEYSEL VE SAYISAL DEĞERLENDİRMESİ

Y. Mimar Filiz UMAROĞULLARI

DOKTORA TEZİ

MİMARLIK ANA BİLİM DALI

Bu tez 07.07.2011 tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından Kabul Edilmiştir.

Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK
(Danışman)

Prof. Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN

Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY

Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR

Yrd. Doç. Dr. Ali ÇİÇEK

ÖZET

Teknolojik gelişmelere paralel olarak üretilen yeni yapı malzemelerinin çeşitliliğinin de etkisi ile aynı işlevi yerine getirebilecek, birçok dış kabuk seçeneğinin geliştirilmesi olanaklıdır. Bu çalışmada, tasarım aşamasında farklı yapı kabuğu seçenekleri arasında, yalıtımın yeri ve kalınlığının, ısı ve nem ile ilgili performansına bağlı olarak seçimi, enerji korunumu açısından kullanılabilirliği irdelenmiştir.

Bu tezde ısı ve nem denetimi açısından en uygun betonarme yapı kabuğu sıralanışını ortaya koyabilmek için ülkemiz iklim koşullarında belirlenen illerin meteorolojik verileri kullanılarak, sayısal ve deneysel çalışma yapılmıştır. Çalışmanın kapsamında yapı kabuğu kesitleri yalıtımın betonarme duvar içerisindeki farklı konumları olarak sınırlandırılmış ve yalıtımsız durum dahil olmak üzere 8 farklı konum incelenmiştir. Ayrıca yalıtım kalınlığı ve yalıtım malzemesi farklılığı incelenerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

Birinci bölümde çalışmanın amacı ve önemi vurgulanmıştır. Ayrıca yapı kabuğunda nem sonucu ortaya çıkabilecek zararlar belirtilmiştir.

İkinci bölümde, ısı ve nem ile ilgili teorik bilgiler yer almaktadır. Isı ve nem geçişinin hesaplanmasında kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Ayrıca bu bölümde literatürde yer alan çalışmalar incelenerek özet bilgileri sunulmuştur. Bu tez çalışmasının mevcut çalışmalara göre yeri belirlenmiş ve farklılığı ortaya koyulmuştur.

Üçüncü bölümde, sayısal ve deneysel yöntemler detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Hesaplamalarda kullanılacak iklim bölgeleri ve malzeme özellikleri verilmiştir. Elde edilen deney sonuçları ve sayısal sonuçların karşılaştırılması ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

Dördüncü bölümde, sayısal yöntemin uygulama çalışması yer almaktadır ve ülkemiz iklim bölgelerine göre sekiz farklı yapı kabuğu sisteminin hesaplamaları

yapılmıştır. Her iklim bölgesinde seçilmiş örnek İl'e göre yapı kabuğu kesitlerinin kış dönemi sonuç grafikleri oluşturularak değerlendirme yapılmıştır.

Beşinci bölümde, çalışmada uygulanan yöntemle elde edilmiş olan verilerin genel bir bakış açısı altında farklı ölçütlere göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Öncelikle iklim bölgeleri kendi içerisinde değerlendirilmiş ve her iklim bölgesinde yapı kabuğu seçeneklerinin birbirlerine göre sıcaklık ve nem değişimleri açıklanmıştır. Daha sonra yalıtım kalınlığının değişimi ve yalıtım malzemesinin değimi ile kesitlerdeki sıcaklık ve nem değişimleri değerlendirilmiştir.

Sonuçlar bölümünde, elde edilen veriler doğrultusunda genel değerlendirmeler yapılmış ve öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yapı Kabuğu, Dış Duvarlar, Yoğuşma, Bağıl Nem, Su İçeriği

ABSTRACT

With the effect of variety of new structure materials which is produced to the paralel of the technological developments, it is possible to improve for building envelope choises. In this article, the choise of insulation place and thickness determined the usefullnes for the point of energy saving view, up to its temperature and moisture performance, between the different building envelope choises on the creating level.

In this study the numerical and experimental work, using the meterological datas of the chosen cities, to present the most suitable reinforced concrete structure building envelope line for the control of heat and moisture, has been done. In scope of this work, building envelope sections qualified different situations in reinforced concrete wall and 8 different position with unisolated state evoluated. Besides that the results are considered by examining the insulation thickness and the insulation material differences.

In first section, the aim and importance of the work is emphasized. The damages specified which can be appear on the building envelope because of the moisture.

In second section, there are theorical information about the heat and moisture. The procedure which used the heat and moisture flow is explained. The summary information presented by determining the studies in the literature. The difference of this study is emphasized.

In third section, the numerical and theorical procedures are explained as detailed. The climate regions and material features are given for calculation. The experimental and the numerical results are compared and evaluated.

In fourth section, application work of numerical procedure is done and eight different building envelope system calculations are given. The winter period result graphics are constituted and evaluated for a city which is chosen for every climate region.

In fifth section, the results which obtain from the used prosedure in this work, are evaluated for the different criteria by the general view of sigth. Firstly, the climate regions are considered and the temperature and moisture variation are presented in every climate region. Later, the change of the isolation thickness, insulation material and the temperature and the moisture variety are considered.

In results section, the general evaluations are done with the gained parameters and the suggestion are presented.

Keywords : Building Envelope, External Walls, Condensation, Relative Humidity, Water Content

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında Türkiye iklim koşullarında, betonarme düşey yapı kabuğu bileşenlerinde ısı ve nem geçişi deneysel ve sayısal yöntem kullanılarak incelenmiştir. Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından "Betonarme Düşey Yapı Kabuğunda, Yalıtımın Yerinin ve Kalınlığının, Nem Denetimi Açısından Deneysel ve Sayısal Değerlendirmesi" başlıklı araştırma projesi olarak desteklenmiştir.

Doktora tez çalışmam sırasında değerli yardım ve destekleri ile beni yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Gülay ZORER GEDİK'e vermiş olduğu emek ve bana duyduğu güvenden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Birçok kez bir araya geldiğimiz tez izleme jürilerinde değerli önerileri ile katkıda bulunan hocalarım Sayın Prof. Dr. Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN ve ihtiyaç duyduğum her zaman büyük sabırla destek veren Sayın Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR'a çok teşekkür ederim.

Deneysel çalışmam sırasında öncelikle deney düzeneğini tasarlayıp oluşturan ve yeniden kullanılabilir duruma getirilmesi konusunda maddi manevi desteklerinden dolayı Bahçeşehir Üniversitesi Öğretim üyesi Sayın Yrd. Doç Dr. Ali ÇİÇEK'e, MSGSÜ Yapı Fiziği ve Malzemesi Anabilim Dalı Laboratuarını kullanmam konusunda izin ve desteği için sayın Prof. Dr. Kemal ÇORAPÇIOĞLU'na ve deney düzeneğinde yaşadığım her türlü sorunun çözümünde yoğun iş temposuna rağmen yardımlarını esirgemeyen Sayın Elektronik Mühendisi Ümit DEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Akademik hayatımda üzerimde çok emeği olan hocam Sayın Prof. Dr. Şükran DİLMAÇ'a, çalışmalarım sırasında yardımlarını ve manevi desteklerini her zaman hissettiren sevgili dostlarım Yrd. Doç. Dr. Esma MIHLAYANLAR, Yrd. Doç Dr. Semiha KARTAL, Yrd. Doç. Dr. Esin BENİAN ve Arş. Gör. Selin ARABULAN ve Nesrin ÖZPIRANGA'ya çok teşekkür ederim. Ayrıca katkılarından dolayı Makine Mühendisi Sayın Yrd. Doç. Dr. Doğan ERYENER'e teşekkür ediyorum.

Manevi desteğiyle her zaman yanımda olan Canım Anneme, her an sevgi, anlayış ve hoşgörülerini eksik etmeyen sevgili eşim Gökhan UMAROĞULLARI ve varlığıyla bana destek veren, biricik oğlum ATAHAN UMAROĞULLARI'na anlayışı ve desteği için sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. İyi ki varsınız…

İÇİNDEKİLER

ÖZET I

ABSTRACT III

ÖNSÖZ V

İÇİNDEKİLER VI

TABLO LİSTESİ X

ŞEKİL LİSTESİ XI

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ XXVIII

BÖLÜM 1. GİRİŞ 1

BÖLÜM 2. YAPI KABUĞUNDAN ISI VE NEM GEÇİŞİ 7

2.1. Isı ve Nem İle İlgili Tanımlamalar 7
2.1.1. Isısal Konfor 7
2.1.2. Isıl Atalet 11
2.1.3. Buhar Difüzyonu ve Yoğuşma 13

2.2. Yapı Kabuğundan Isı ve Nem Geçişini Etkileyen Faktörler 16
2.2.1. Çevresel Etkenler 16
2.2.2. Malzeme Özellikleri 19

2.3. Yapı Kabuğundan Isı ve Nem Geçişinin Hesabında Kullanılan Yöntemler 23
2.3.1. Sabit Rejim Şartları 24

2.3.2. Değişken (Periyodik) Rejim Şartları 25

2.4. Literatür Taraması 27

BÖLÜM 3. SAYISAL VE DENEYSEL YÖNTEM 40

3.1. Sayısal Yöntem 40
3.1.1. Sayısal Yöntemin Tanıtılması 41
3.1.2. İklim Verileri 51

3.2. Deneysel Yöntem 56
3.2.1. Deneysel Yöntemin Tanıtılması 56
3.2.2. Deney Düzeneğinde Yapı Kabuğu Kesit Grafikleri 61

3.3. Sayısal ve Deneysel Yöntem Sonuçlarının Sınanması 64
3.3.1. Yalıtımsız Durum (YD) 65
3.3.2. İçeriden Yalıtımlı Durum (İY) 67
3.3.3. Dışarıdan Yalıtımlı Durum (DY) 69
3.3.4. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Durum (İDY) 71

BÖLÜM 4. SAYISAL YÖNTEMİN UYGULAMASI 75

4.1. Soğuk İklim Bölgesi – Erzurum 79
4.1.1. Yalıtımsız Betonarme Duvar Kesiti 79
4.1.2. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 81
4.1.3. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 83
4.1.4. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 84
4.1.5. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 86
4.1.6. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 87
4.1.7. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 89
4.1.8. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 90

4.2. Ilıman-Nemli İklim Bölgesi – Edirne 96
4.2.1. Yalıtımsız Betonarme Duvar Kesiti 96
4.2.2. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 97
4.2.3. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 99
4.2.4. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 101
4.2.5. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 102
4.2.6. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 104
4.2.7. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 105
4.2.8. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 107

4.3. Ilıman-Kuru İklim Bölgesi – Ankara 112
4.3.1. Yalıtımsız Betonarme Duvar Kesiti 112
4.3.2. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 113
4.3.3. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 115
4.3.4. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 116
4.3.5. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 118
4.3.6. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 119
4.3.7. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 121
4.3.8. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 122

4.4. Sıcak-Nemli İklim Bölgesi – Antalya 128
4.4.1. Yalıtımsız Betonarme Duvar Kesiti 128
4.4.2. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 129
4.4.3. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 131
4.4.4. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 132
4.4.5. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 134
4.4.6. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 135
4.4.7. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 137
4.4.8. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 138

4.5. Sıcak-Kuru İklim Bölgesi – Diyarbakır 143
4.5.1. Yalıtımsız Betonarme Duvar Kesiti 143

4.5.2. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 144
4.5.3. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 146
4.5.4. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 147
4.5.5. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 149
4.5.6. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 150
4.5.7. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 152
4.5.8. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti 154

BÖLÜM 5. YALITIM KALINLIĞI VE YALITIM MALZEMESİ FARKLILIĞINA GÖRE DEĞERLENDİRME 161

5.1. Yalıtım Kalınlığına Göre Değerlendirme 161

5.2. Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Değerlendirme 169

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 176

KAYNAKLAR 184

ÖZGEÇMİŞ 194

TABLO LİSTESİ

Tablo adı **Sayfa no**

Tablo 2.1. Sıcaklığa bağlı olarak havanın maksimum nem miktarı 14
Tablo 2.2. Yalıtım malzemelerinin buhar difüzyon direnç faktörleri..... 23
Tablo 3.1. Meteorolojik Verilerin Bilgisayar Programına Giriş Dosyası 45
Tablo 3.2. Hesaplamalarda Kullanılan Yapı Malzemelerinin Fiziksel Özellikleri..... 47
Tablo 3.3. Farklı İklim Sınıflandırmaları..... 51
Tablo 3.4. Deney ve Hesap Sonuçlarının Standart Sapma Değerleri…… 74
Tablo 4.1. Soğuk İklim Bölgesinde Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması..... 95
Tablo 4.2. Ilıman Nemli İklim Bölgesinde Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması..... 111
Tablo 4.3. Ilıman Kuru İklim Bölgesinde Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması..... 127
Tablo 4.4. Sıcak Nemli İklim Bölgesinde Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması..... 142
Tablo 4.5. Sıcak Kuru İklim Bölgesinde Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması..... 158

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil adı **Sayfa no**

Şekil 2.1. Psikometrik Diyagram 9
Şekil 2.2. a) ASHRAE konfor bölgeleri b) konfor bölgesi dışında konfor şartlarının temini için tavsiye edilen teknikler..... 10
Şekil 2.3. Faz kayması ve sönüm oranı gösterimi 12
Şekil 2.4. Yapı kabuğuna etki eden çevresel etkenler 17
Şekil 2.5. Nem iletim mekanizmaları 18
Şekil 2.6. Periyodik rejimde sıcaklığın zamanla değişimini gösteren Sin ve Cos grafikleri 26
Şekil 3.1. WUFİ-ORNL/IBP Akım Şeması 44
Şekil 3.2. Örnek İl (Edirne) Dış Sıcaklık Değerlerine Ait Yıllık Değişimler 45
Şekil 3.3. Örnek İl (Edirne) Dış Ortam Bağıl Nem Değerlerine Ait Yıllık Değişimler 45
Şekil 3.4. Edirne İli Yıllık İç Ortam Sıcaklık Grafiği (EN 15026'ya Göre)..... 46
Şekil 3.5. Edirne İli yıllık iç ortam bağıl nem grafiği (EN 15026'ya göre)..... 46
Şekil 3.6. İç Sıva Malzemesinin Özellikleri..... 47
Şekil 3.7. Betonarme Bileşen Malzeme Özellikleri..... 47
Şekil 3.8. Dış Sıva Malzeme Özellikleri 48
Şekil 3.9. EPS (Genleştirilmiş Polistiren Köpük) Malzeme Özellikleri..... 48
Şekil 3.10. XPS (Haddeden Çekilmiş Polistiren Köpük) Malzeme Özellikleri..... 48
Şekil 3.11. MW (Mineral Yünü) Malzeme Özellikleri..... 49
Şekil 3.12. Soğuk İklim Bölgesi, İçeriden Yalıtımlı Duruma Ait Sonuç Grafikleri..... 50
Şekil 3.13. Türkiye İklim Bölgeleri Haritası 52
Şekil 3.14. Deney Düzeneğinin Planı (A-A Kesiti)..... 56
Şekil 3.15.a) Deney Düzeneğinin B-B Kesiti..... 57
Şekil 3.15.b) Deney Düzeneğinin D-D Kesiti..... 57
Şekil 3.16. Deney Düzeneğinin C-C Kesiti..... 58

Şekil 3.17. Deney Düzeneğinin Genel Görünümü..... 59
Şekil 3.18. Deney Düzeneğinin Buhar Üreten Boiler Sistemi..... 59
Şekil 3.19. Deney Düzeneğinin İç Ortam Duyargaları ve Fanı..... 60
Şekil 3.20. Deney Düzeneği Elektronik Kontrol Paneli..... 60
Şekil 3.21. Deney Düzeneği Bilgisayar Ortamındaki Grafik Ekranı..... 62
Şekil 3.22. Deney Düzeneğinde Oluşturulan Grafik Ortamı..... 63
Şekil 3.23. Deney Düzeneğinde Yapı Kabuğu Kesitinden Ölçüm Alınan Noktalar..... 63
Şekil 3.24. Yalıtımsız Durumda Kesitin 1. Bölgesinde (İç), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması..... 65
Şekil 3.25. Yalıtımsız Durumda Kesitin Orta Bölgesinde, Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması..... 65
Şekil 3.26. Yalıtımsız Durumda Kesitin 2. Bölgesinde (Dış), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması..... 65
Şekil 3.27. İçeriden Yalıtımlı Durumda Kesitin 1. Bölgesinde (İç), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması..... 67
Şekil 3.28. İçeriden Yalıtımlı Durumda Kesitin Orta Bölgesinde, Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması..... 67
Şekil 3.29. İçeriden Yalıtımlı Durumda Kesitin 2. Bölgesinde (Dış), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması..... 67
Şekil 3.30. Dışarıdan Yalıtımlı Durumda Kesitin 1. Bölgesinde (İç), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması..... 69
Şekil 3.31. Dışarıdan Yalıtımlı Durumda Kesitin Orta Bölgesinde, Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması..... 69

Şekil 3.32. Dışarıdan Yalıtımlı Durumda Kesitin 2. Bölgesinde (Dış), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması..... 69
Şekil 3.33. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Durumda Kesitin 1. Bölgesinde (İç), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması..... 71
Şekil 3.34. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Durumda Kesitin Orta Bölgesinde, Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması..... 71
Şekil 3.35. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Durumda Kesitin 2. Bölgesinde (Dış), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması..... 71
Şekil 4.1. Yalıtımsız Betonarme Duvar Kesiti (YD)..... 75
Şekil 4.2. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (İY)..... 75
Şekil 4.3. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (DY)..... 76
Şekil 4.4. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (OY)..... 76
Şekil 4.5. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (İDY)..... 76
Şekil 4.6. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (İOY)..... 77
Şekil 4.7. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (DOY)..... 77
Şekil 4.8. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (İDOY)..... 77
Şekil 4.9. Wufi Programından Elde Edilen Ilıman Nemli İklim Bölgesi-Dışarıdan Yalıtımlı Durum Yıllık Sıcaklık-Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişim Grafiği..... 78
Şekil 4.10. Erzurum-Yalıtımsız Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 80
Şekil 4.11. Erzurum-Yalıtımsız Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 80
Şekil 4.12. Erzurum-Yalıtımsız Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 80
Şekil 4.13. Erzurum-İY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 81
Şekil 4.14. Erzurum-İY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 81
Şekil 4.15. Erzurum-İY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 81
Şekil 4.16. Erzurum-DY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 83
Şekil 4.17. Erzurum-DY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 83

Şekil 4.18. Erzurum-DY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 83
Şekil 4.19. Erzurum-OY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 85
Şekil 4.20. Erzurum-OY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 85
Şekil 4.21. Erzurum-OY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 85
Şekil 4.22. Erzurum-İDY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 86
Şekil 4.23. Erzurum-İDY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 86
Şekil 4.24. Erzurum-İDY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 86
Şekil 4.25. Erzurum-İOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 88
Şekil 4.26. Erzurum-İOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 88
Şekil 4.27. Erzurum-İOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 88
Şekil 4.28. Erzurum-DOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 89
Şekil 4.29. Erzurum-DOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 89
Şekil 4.30. Erzurum-DOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 89
Şekil 4.31. Erzurum-İDOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 91
Şekil 4.32. Erzurum-İDOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 91
Şekil 4.33. Erzurum-İDOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 91
Şekil 4.34. Erzurum - Tüm Sistemlerin Sıcaklık Değerleri Karşılaştırması..... 93
Şekil 4.35. Erzurum - Tüm Sistemlerin Bağıl Nem Değerleri Karşılaştırması..... 93
Şekil 4.36. Erzurum - Tüm Sistemlerin Su İçeriği Değerleri Karşılaştırması..... 93
Şekil 4.37. Edirne-Yalıtımsız Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 96
Şekil 4.38. Edirne -Yalıtımsız Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 96
Şekil 4.39. Edirne -Yalıtımsız Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 96
Şekil 4.40. Edirne -İY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 98
Şekil 4.41. Edirne -İY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 98
Şekil 4.42. Edirne -İY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 98
Şekil 4.43. Edirne -DY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 100
Şekil 4.44. Edirne -DY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 100
Şekil 4.45. Edirne -DY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 100
Şekil 4.46. Edirne -OY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 101
Şekil 4.47. Edirne -OY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 101
Şekil 4.48. Edirne -OY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 101
Şekil 4.49. Edirne -İDY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 103

Şekil 4.50. Edirne -İDY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 103
Şekil 4.51. Edirne -İDY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 103
Şekil 4.52. Edirne -İOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 104
Şekil 4.53. Edirne -İOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 104
Şekil 4.54. Edirne -İOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 104
Şekil 4.55. Edirne -DOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 106
Şekil 4.56. Edirne -DOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 106
Şekil 4.57. Edirne -DOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 106
Şekil 4.58. Edirne -İDOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 107
Şekil 4.59. Edirne -İDOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 107
Şekil 4.60. Edirne -İDOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 107
Şekil 4.61. Edirne - Tüm Sistemlerin Sıcaklık Değerleri Karşılaştırması..... 110
Şekil 4.62. Edirne - Tüm Sistemlerin Bağıl Nem Değerleri Karşılaştırması..... 110
Şekil 4.63. Edirne - Tüm Sistemlerin Su İçeriği Değerleri Karşılaştırması..... 110
Şekil 4.64. Ankara-Yalıtımsız Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 112
Şekil 4.65. Ankara -Yalıtımsız Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 112
Şekil 4.66. Ankara -Yalıtımsız Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 112
Şekil 4.67. Ankara -İY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 114
Şekil 4.68. Ankara -İY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 114
Şekil 4.69. Ankara -İY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 114
Şekil 4.70. Ankara -DY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 115
Şekil 4.71. Ankara -DY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 115
Şekil 4.72. Ankara -DY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 115
Şekil 4.73. Ankara -OY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 117
Şekil 4.74. Ankara -OY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 117
Şekil 4.75. Ankara -OY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 117
Şekil 4.76. Ankara -İDY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 118
Şekil 4.77. Ankara -İDY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 118
Şekil 4.78. Ankara -İDY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 118
Şekil 4.79. Ankara -İOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 120
Şekil 4.80. Ankara -İOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 120
Şekil 4.81. Ankara -İOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 120

Şekil 4.82. Ankara -DOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 121
Şekil 4.83. Ankara -DOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 121
Şekil 4.84. Ankara -DOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 121
Şekil 4.85. Ankara -İDOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 123
Şekil 4.86. Ankara -İDOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 123
Şekil 4.87. Ankara -İDOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 123
Şekil 4.88. Ankara - Tüm Sistemlerin Sıcaklık Değerleri Karşılaştırması..... 125
Şekil 4.89. Ankara - Tüm Sistemlerin Bağıl Nem Değerleri Karşılaştırması..... 125
Şekil 4.90. Ankara - Tüm Sistemlerin Su İçeriği Değerleri Karşılaştırması..... 125
Şekil 4.91. Antalya-Yalıtımsız Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 128
Şekil 4.92. Antalya -Yalıtımsız Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 128
Şekil 4.93. Antalya -Yalıtımsız Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 128
Şekil 4.94. Antalya -İY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 130
Şekil 4.95. Antalya -İY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 130
Şekil 4.96. Antalya -İY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 130
Şekil 4.97. Antalya -DY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 131
Şekil 4.98. Antalya -DY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 131
Şekil 4.99. Antalya -DY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 131
Şekil 4.100. Antalya -OY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 133
Şekil 4.101. Antalya -OY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 133
Şekil 4.102. Antalya -OY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 133
Şekil 4.103. Antalya -İDY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 134
Şekil 4.104. Antalya -İDY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 134
Şekil 4.105. Antalya -İDY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 134
Şekil 4.106. Antalya -İOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 136
Şekil 4.107. Antalya -İOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 136
Şekil 4.108. Antalya -İOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 136
Şekil 4.109. Antalya -DOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 137
Şekil 4.110. Antalya -DOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 137
Şekil 4.111. Antalya -DOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 137
Şekil 4.112. Antalya -İDOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 139
Şekil 4.113. Antalya -İDOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 139

Şekil 4.114. Antalya -İDOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 139
Şekil 4.115. Antalya - Tüm Sistemlerin Sıcaklık Değerleri Karşılaştırması..... 141
Şekil 4.116. Antalya - Tüm Sistemlerin Bağıl Nem Değerleri Karşılaştırması.... 141
Şekil 4.117. Antalya - Tüm Sistemlerin Su İçeriği Değerleri Karşılaştırması..... 141
Şekil 4.118. Diyarbakır-Yalıtımsız Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 143
Şekil 4.119. Diyarbakır -Yalıtımsız Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 143
Şekil 4.120. Diyarbakır -Yalıtımsız Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 143
Şekil 4.121. Diyarbakır -İY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 145
Şekil 4.122. Diyarbakır -İY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 145
Şekil 4.123. Diyarbakır -İY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 145
Şekil 4.124. Diyarbakır -DY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 146
Şekil 4.125. Diyarbakır -DY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 146
Şekil 4.126. Diyarbakır -DY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 146
Şekil 4.127. Diyarbakır -OY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 148
Şekil 4.128. Diyarbakır -OY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 148
Şekil 4.129. Diyarbakır -OY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 148
Şekil 4.130. Diyarbakır -İDY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 149
Şekil 4.131. Diyarbakır -İDY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 149
Şekil 4.132. Diyarbakır -İDY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 149
Şekil 4.133. Diyarbakır -İOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 151
Şekil 4.134. Diyarbakır -İOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 151
Şekil 4.135. Diyarbakır -İOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 151
Şekil 4.136. Diyarbakır -DOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 152
Şekil 4.137. Diyarbakır -DOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 152
Şekil 4.138. Diyarbakır -DOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 152
Şekil 4.139. Diyarbakır -İDOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği..... 155
Şekil 4.140. Diyarbakır -İDOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği..... 155
Şekil 4.141. Diyarbakır -İDOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği..... 155
Şekil 4.142. Diyarbakır - Tüm Sistemlerin Sıcaklık Değerleri Karşılaştırması 157
Şekil 4.143. Diyarbakır - Tüm Sistemlerin Bağıl Nem Değerleri Karşılaştırması..... 157
Şekil 4.144. Diyarbakır - Tüm Sistemlerin Su İçeriği Değerleri Karşılaştırması 157
Şekil 5.1. İY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi..... 162

Şekil 5.2. İY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi 162
Şekil 5.3. DY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi..... 163
Şekil 5.4. DY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi..... 163
Şekil 5.5. OY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi..... 164
Şekil 5.6. OY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi..... 164
Şekil 5.7. İDY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi..... 165
Şekil 5.8. İDY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi..... 165
Şekil 5.9. İOY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi..... 166
Şekil 5.10. İOY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi..... 166
Şekil 5.11. DOY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi..... 167
Şekil 5.12. DOY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve
Su İçeriği Değişimi..... 167
Şekil 5.13. İDOY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi..... 168
Şekil 5.14. İDOY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi.. 168
Şekil 5.15. İY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağıl Nem ve
Su İçeriği Değişimi..... 169
Şekil 5.16. DY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağıl Nem ve
Su İçeriği Değişimi..... 170
Şekil 5.17. OY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağıl Nem ve
Su İçeriği Değişimi..... 170
Şekil 5.18. İDY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağ. Nem ve
Su İçeriği Değişimi..... 171
Şekil 5.19. İOY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağ. Nem ve
Su İçeriği Değişimi..... 172
Şekil 5.20. DOY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağ. Nem ve
Su İçeriği Değişimi..... 173
Şekil 5.21. İDOY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağ. Nem ve
Su İçeriği Değişimi..... 174

SİMGELER DİZİNİ

T	: Sıcaklık	°C
t_s	: Çiğ noktası	°C
φ	: Bağıl nem (Rölatif nem)	%
W_s	: Doymuş buhar miktarı	gr/m^3
Δ_t	: Faz kayması	
$\theta_{iç}$	: İç yüzey sıcaklık genliği	
$\theta_{dış}$	: Dış yüzey sıcaklık genliği	
c	: Özgül ısı	Wh/kg°C ve j/kg°C
$\Psi_Ö$	:Özgül nemlilik	
μ	: Buhar difüzyon direnç faktörü	
x	: Özgül nem	gr/kg
S_d	: Su buharı difüzyonu eş değer hava tabakası kalınlığı	m
λ	: Isıl iletkenlik katsayısı	W/mK
U değeri	: Isıl geçirgenlik katsayısı	W/m^2K
w	: Kılcal su emicilik katsayısı	kg/$m^2\sqrt{h}$
W	: Mutlak nem	gr/m^3

Kısaltmalar

DOY	Dışarıdan ve Ortadan Yalıtım
DY	Dışarıdan Yalıtım
İDOY	İçerden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtım
İDY	İçerden ve Dışarıdan Yalıtım
İOY	İçerden ve Ortadan Yalıtım
İY	İçerden Yalıtım
OY	Ortadan Yalıtım
YD	Yalıtımsız Durum
EPS	Genleştirilmiş Polistiren Köpük
XPS	Haddeden Çekilmiş Polistiren Köpük
MW	Mineral yünü

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde tasarruf, verimlilik ve performans kavramlarının önemi anlaşılmış ve yönetmeliklerle birlikte sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Binalarda enerji verimliliği, konfor şartlarının daha az enerji tüketerek, daha az çevre kirliliği oluşturarak ve daha düşük maliyetle sağlanmasıdır.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de toplam enerjinin çok önemli bir oranı binalarda kullanıcı konforunu sağlamak üzere ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır. Dünyada binalarda kullanılan enerjinin toplam enerji içerisindeki payı % 45-50'e kadar çıkabilmektedir. Bu durum binalarda enerji tasarrufunun ve yönetiminin ne kadar önemli olduğunun göstergesidir (Yılmaz, 2005). Ülkemizde ise 2008 yılı itibariyle enerji ihtiyacının ancak %28'i yerli kaynaklarla sağlanabilmektedir. Sanayide %24, ulaşımda %15 ve binalarda % 27 oranlarında enerji tüketilmiştir. Ayrıca 2007 yılı Seragazı Ulusal Envanterine göre toplam 106 milyon ton CO_2 emisyonunun %32'si bina sektöründen kaynaklanmaktadır. Herhangi bir önlem alınmaması durumunda 2020 yılına kadar CO_2 emisyonunun iki katına çıkacağı öngörülmektedir (Çalıkoğlu, 2010). Bu nedenle enerji korunumu ile ilgili çalışmalarda, yapı ve yalıtım sektörüne yönelik düzenlemeler ağırlıklı yer tutmaktadır.

Binalarda ısı kaybının %40'ı duvarlarda, %30'u pencerelerde, %17'si hava sızıntıları, %7'si çatılarda, %6'sı ise zemin döşemesinde gerçekleşmektedir. Görüldüğü gibi en fazla ısı kaybı duvarlarda gerçekleşmektedir (Aksoy, 2008). Bu çalışmada da yapı kabuğunda dış etkenlere maruz kalan en büyük yüzeyler olarak düşey kabuk bileşenleri incelenmiştir.

Yapı kabuğu, sürekli iç ve dış ortam ile temas ve etkileşim halinde olup iklimsel konforun sağlanmasında ve enerji korunumunda en önemli tasarım değişkenidir. Bina kabuğunun enerji korunum düzeyi; ısıl kütlesi, kabuk alanı/bina hacmi (A/V Oranı) ve saydamlık oranı, dış ve iç ortam sıcaklık, nem, hava kalitesinin kontrol düzeyi gibi birçok parametreden oluşmaktadır. Yapı teknolojisindeki gelişmelerle birlikte

geleneksel sistemlerde kullanılan homojen ve kalın yapı kabuğu, özellikle betonarme ve çelik iskelet sistemlerde taşıyıcılık görevini yitirmiştir. Bu sistemlerde yapı kabuğunun önemli bir bölümünü oluşturan dış duvarlar, sadece iç ortam ve dış ortamı birbirinden ayıran bir bölücü eleman görevini üstlenmiştir. Bu nedenle dış duvarın, taşıyıcı sisteme az yük verecek şekilde hafif ve ince olması anlayışı gelişmiştir. Ancak bunun sonucunda yapı fiziği açısından sorunlar gündeme gelmeye başlamıştır. Bu nedenle tek tabakalı duvar kuruluşları yerini çok tabakalı sistemlere bırakmıştır. Bu çalışma kapsamında betonarme yapı kabuğu yerine betonarme duvar ifadesi kullanılacaktır.

Duvar elemanında kullanılan yapı malzemeleri, az veya çok gözenekli yapıları nedeniyle çevredeki nemi bünyelerine alma, depolama, taşınmasını sağlama ve tekrar bünyelerinden atma özelliğine sahiptir. Geleneksel sistemlerde kullanılan homojen ve kalın duvarlarda hava ve nem geçişi hiç sorun oluşturmamaktadır. Ancak çok katmanlı duvarlarda kullanılan farklı yapı malzemelerinin, farklı nem geçirgenlik özelliklerine sahip olmaları nedeniyle, nem bazı katmanlardan hızlı bir şekilde geçerken, nem geçirgenlik direnci yüksek katmanlarda birikmesi söz konusu olabilmektedir. Malzeme nemliliği, dış duvarların ısıl ve nem ile ilgili performansını olumsuz yönde etki etmektedir. Bunun sonucunda ise duvarlar beklenen performansı yerine getirememekte ve bu tür sorunların çözümü çok zor hatta bazı durumlarda olanaksızdır. Bu tür sorunların ortaya çıkıp çıkmayacağı tasarım aşamasında belirlenebilirse, gerekli önlemler alınarak, yapı kabuğundan beklenen performans ölçütü karşılanacaktır. Yapı kabuğunun ısı ve nem açısından beklenen performansı gösterebilmesi için, tasarım aşamasında, malzeme seçimi, yalıtımın yeri ve dağılımının belirlenmesi, hem ülke ekonomisi açısından hem de yapısal bozulmaların önlenebilmesi açısından önemlidir. Aynı görevi yerine getirebilecek birçok dış kabuk seçeneğinin geliştirilmesi olanaklıdır. Bu doğrultuda değerlendirilerek en uygun seçeneğin uygulanması mümkün olacaktır.

Hava içerisinde bulunan birçok gazdan en önemlisi su buharıdır. Havadaki su buharının nem olarak tanımlanmakta ve havanın hacminin %4'ünü aşamamaktadır. Her sıcaklıkta havada su buharı bulunmaktadır ve yapı elemanlarına zarar vermektedir (Tepe, 2006).

Enerji tasarrufu sağlamak amacıyla ortaya konulan sistemlerde su buharı hareketi açısından değerlendirilme göz ardı edilmektedir. Yoğuşan suyun yapı malzemesine zarar vermemesi için yoğuşma miktarı sınırını aşmaması veya buharlaşma periyodunda bulunduğu bölgeden çıkması gerekmektedir. Fakat buharlaşma (kuruma) periyoduna kadar geçen süreçte yapı malzemesinin ısıl direnci etkilenmektedir. Malzeme içerisindeki nem, malzeme gözeneklerindeki kuru havanın yerine geçerek ısı akımını hızlandırır, çünkü suyun ısı iletkenlik katsayısı havaya göre 25 kat fazladır. Ayrıca buhar difüzyonu sırasında, nem ile birlikte ısı taşınımı da gerçekleşmekte ve toplam ısı geçişi artmaktadır. Teorik düzeyde yapılan hesaplamaların birçoğu yalıtım malzemesinin zamanla bozulması sonucu, hatalı durumları göstermektedir. Ayrıca standartların bir kısmında bu hesaplamalar sabit rejim şartlarını göz önüne aldığından, gerçekçi sonuçlara ulaşılamamaktadır. Bilindiği gibi ısıtma ve soğutma dönemlerinde bina ısı kayıp ve kazançlarının hesabında; çevre sıcaklığı, güneş ışınımı ve dolayısıyla yapı elemanının bulunduğu yön, iç ortam şartları, bina kabuğunu oluşturan yapı elemanının cinsi ve kalınlığı, kullanılan yalıtım malzemesinin cinsi, kalınlığı ve yeri önemli parametrelerdir. Bu konuda alınması gereken özel önlemler alınmadığında, yapı elemanlarında yoğuşma zararları ortaya çıkmaktadır.

Binalarda nem iletimi ve yoğuşmanın gerçekleşmesi, yapı kabuğunda bulunan gözenekli malzemelerin ısı iletkenliğini yükselterek yapısal hasarlara sebep olmaktadır.

Yapı kabuğunda nem etkisi karşısında görülen zararlı durumlar aşağıda sıralanmıştır; (Altun, 1997)

- Malzemelerin mekanik dayanımının azalması
- Metallerde korozyon oluşumu
- Priz geciktirici etki
- Nem ile birlikte taşınan tuzlarla yüzey bozulmaları
- Yüzeylerde görsel bozukluklar
- İç ortamdaki havanın nem miktarının artması
- Küf ve mantar oluşumu
- Donma, çözünme durumunda hacim değişikliği ile çatlakların oluşması
- Malzemelerin ısıl iletkenliklerinin artması

- Isıl geçirgenlik direncinin azalması
- Malzemelerin buhar difüzyon dirençlerinin azalması
- Taşınan nem miktarının artması

Yapı kabuğunda ısı ve nem iletiminin teorik ve deneysel çalışması birçok araştırma çalışmasının hedefi olmuştur. Mimarlar ve İnşaat Mühendisleri de bina bileşenlerinin ısı ve nem davranışlarını tahmin edebilmek için hesaplama ve simülasyon yöntemleri üzerine artan bir eğilim göstermektedirler. Bu yöntemler güncel görevlerinin yanı sıra, tarihi yapıların korunması veya mevcut binaların tadilatı gibi, yapı sektöründe günümüzde ve gelecekteki pek çok sorunun çözümü olacaktır (Wyrwal, 2002). Yapılan çalışmaların bir kısmı teorik düzeyde, sabit rejim şartlarında yürütülmektedir. Bunun yanı sıra, değişken rejim hesaplama yöntemlerinin, malzeme özelliklerinin ve zaman faktörünün de göz önünde bulundurulduğu, oldukça karmaşık yöntemler de kullanılmaktadır. Gerek sabit rejim, gerek değişken rejim şartlarında kabuğu oluşturan malzemelerin özellikleri ve iklim elemanlarının günlük ve yıllık değişimleri ile ilgili bazı kabuller yapılmaktadır. Bu kabullerle yeterince duyarlı sonuçlar elde edilememektedir.

Seçilen hesaplama modelinde, gerçeği en iyi biçimde yansıtacak dış ve iç iklimsel verilerin kullanılması ve yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin fiziksel özelliklerinde, zamana bağlı olarak meydana gelen değişimlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu değişimlerin ısı geçişi ve buhar geçişi üzerindeki etkilerinin göz önünde bulundurulması hesaplama modelinin kalitesini ve doğruluk olasılığını göstermektedir.

Bu çalışmada son yıllarda bilimsel çalışmalarda nem geçişi açısından en güvenilir yöntemlerden biri olarak düşünülen Künzel analitik metodu kullanılmıştır. Bu metot yardımıyla yapılan hesaplamalar, deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Günümüzde, yapı kabuğunun büyük bir yüzdesini betonarme kısımlar oluşturmaktadır. Betonun ısıl geçirgenlik direncinin düşük olması nedeniyle iskelet

sistemlerde, duvar birleşimlerinde meydana gelen ısı köprüleri büyük miktarda enerji kayıpları oluşturarak, enerji kullanımının artmasına neden olmaktadır.

Ayrıca, su buharının betonda yoğuşmasıyla, betonda; korozyon, donma, küflenme ve aderans kaybı gibi sorunlar meydana gelebilmektedir. Ayrıca betondan geçen su buharı beraberinde betona zarar verecek kimyasalları da taşıyabilir. Deprem sonrası yıkılan betonarme binaların pek çoğunda çelik donatıların paslandığı ve elemanın taşıyıcılık niteliğini kaybettiği görülmektedir. Paslanma sonucu çelik hacminde 6 kat artış meydana gelir. Bu genişleme, pas payında, donatı yönünde çatlakların oluşmasına yol açmaktadır(Akman, S).

Yapı kabuğu boyunca nem transferi sadece kabuğun sağlamlığını, iç hava kalitesini, yaşayanların sağlık ve güvenliklerini değil aynı zamanda kabuk sisteminin enerji etkinliğini de etkilemektedir.

Yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin yapı kabuğu içerisindeki sıralaması toplam ısı geçirgenlik direnci açısından bir değişkenlik oluşturmazken, nem geçişi açısından çok önemli bir faktördür. Teknolojik gelişmelere paralel olarak üretilen yeni yapı malzemelerinin çeşitliliğinin de etkisi ile aynı işlevi yerine getirebilecek, birçok dış kabuk seçeneğinin geliştirilmesi olanaklıdır. Bu tez çalışmasında, gerek yapı kabuğunda çok büyük oranda kullanılması gerekse yoğuşma açısından önem taşıması nedeniyle betonarme düşey kabuk elemanının farklı kesit biçimlenişlerinin ısı ve nem denetimi açısından en uygun sıralanışını belirlemek amaçlanmıştır.

Bu çalışmada;

- Yalıtımsız Betonarme Duvar,
- İçerden Yalıtımlı Betonarme Duvar,
- Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar,
- Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar,
- İçerden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar,
- İçerden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar,

- Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar,
- İçerden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar,

sistemleri, Türkiye'de bulunan sıcak-kuru, sıcak-nemli, soğuk, ılıman-kuru ve ılıman-nemli olmak üzere 5 iklim bölgesinde nem denetimi açısından değerlendirilmiştir. Bu amaçla, belirtilen yapı kabuğu kesitlerinde WUFI®2D-3 bilgisayar programı kullanılarak ısı ve nem geçişi hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca ısı ve nem geçişinin simüle edildiği deneysel bir düzenek yardımıyla 4 ayrı kabuk sistemi üzerinde ölçümler alınmıştır. Deneysel yöntem ve hesaplama yöntemi ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Tez kapsamında;

- Sayısal ve deneysel yöntemin sonuçlarını karşılaştırarak sınayan,
- Sayısal yöntemin Türkiye'nin değişik iklim bölgelerinde uygulama çalışmasını yaparak, betonarme düşey kabuk seçeneklerinin en uygun sıralanışını belirleyen,
- Yalıtım kalınlığı ve yalıtım malzemesi değişimi ve kabuk içerisindeki farklı konumunu değerlendiren

bir yaklaşım ortaya konulmuştur.

Bu çalışmayla betonarme duvar kesiti oluşumunda, su buharı yoğuşması sonucu, oluşacak fiziksel, kimyasal, biyolojik hasarların oluşumunun engellenmesi hedeflenmektedir. Bu durumda yapı ömrünün uzatılmasına katkıda bulunulacak ve hem yapı üretiminde hem de kullanımında zaman ve enerji tasarrufu sağlanacaktır.

BÖLÜM 2. YAPI KABUĞUNDAN ISI VE NEM GEÇİŞİ

2.1. Isı ve Nem İle İlgili Tanımlamalar

İç ve dış mekânlar arasında bir sınır oluşturan yapı dış duvarları, sürekli değişen iklim koşullarının etkisi altında kalmaktadır. Bu nedenle istenen iklimsel konfor, dış duvar elemanlarının ısı ve nem geçirgenliği, ısı depolama ve hava geçirgenlik özellikleriyle doğrudan ilgilidir (Özbalta, 2003). Isı iletimi açısından hedef, ısının geçişinin mümkün olduğunca durdurulmasıdır. Buhar geçişi açısından ise hedef, iç ortamdaki buharın mümkün olduğunca dış ortama iletilmesidir. Ancak iç ortamdan dış ortama iletilirken sıvı faza geçmeden, buhar olarak iletilmesi beklenmektedir (Dilmaç, 2007).

Nemin sebep olduğu olumsuzluklar;(Karoglou, 2007)

- Dış duvarlarda bozulma,
- Yüksek ısı enerjisi tüketimi,
- Olumsuz iç çevre,

koşullarıdır.

2.1.1. Isısal Konfor

Isısal konfor, kullanıcıların sağlıklı ve üretken olabilmeleri için gerekli şartların sağlanmasıdır. Konfor durumu, fizyolojik açıdan insanın çevresine minimum düzeyde enerji harcayarak uyum sağlayabildiği ve psikolojik açıdan çevresinden hoşnut olması olarak tanımlanabilir. İnsanların fizyolojik olarak ısısal konforda olabilmesi için vücut

iç sıcaklığının 37°C ve değişmez olması gereklidir. Isısal konforun korunabilmesi için vücut ısı girdi ve çıktısı arasında denge olmalıdır. İnsanlar etkinlik biçimlerine göre farklı düzeylerde ısı üretmektedir. Bu ısı üretimi, bazal metabolizma (istem dışı etkinlikler) ve kassal metabolizma (etkinlik düzeyi) olarak ikiye ayrılmıştır. Metabolik olarak ısı üretimi ısı girdilerinin sadece bir tanesidir. Bunun yanı sıra vücut yüzeyini kaplayan deri ışınım, taşınım ve iletim yollarıyla ısı kazanır ve kaybeder. Ayrıca, buharlaşma, solunum yollarıyla da ısı kaybı söz konusudur(Gedik, 2005).

Dolayısıyla konfor koşulları, kullanılmakta olan bir yapının sağlanması gereken optimal iç iklim durumunu ifade etmektedir. Bir mekân içerisinde insan, kendisini çevreleyen bir kabuk ve kabuğun sınırladığı hava ile ilişki içindedir. Isısal konfor şartlarını etkileyen parametreler çevresel ve kişisel olmak üzere iki grupta toplanır.

Isısal konforu etkileyen çevresel parametreler;

- Hava sıcaklığı
- Yapı kabuğunun iç yüzey sıcaklığı (Ortalama ışınımsal sıcaklık)
- Havanın nemi
- Hava hareketleridir

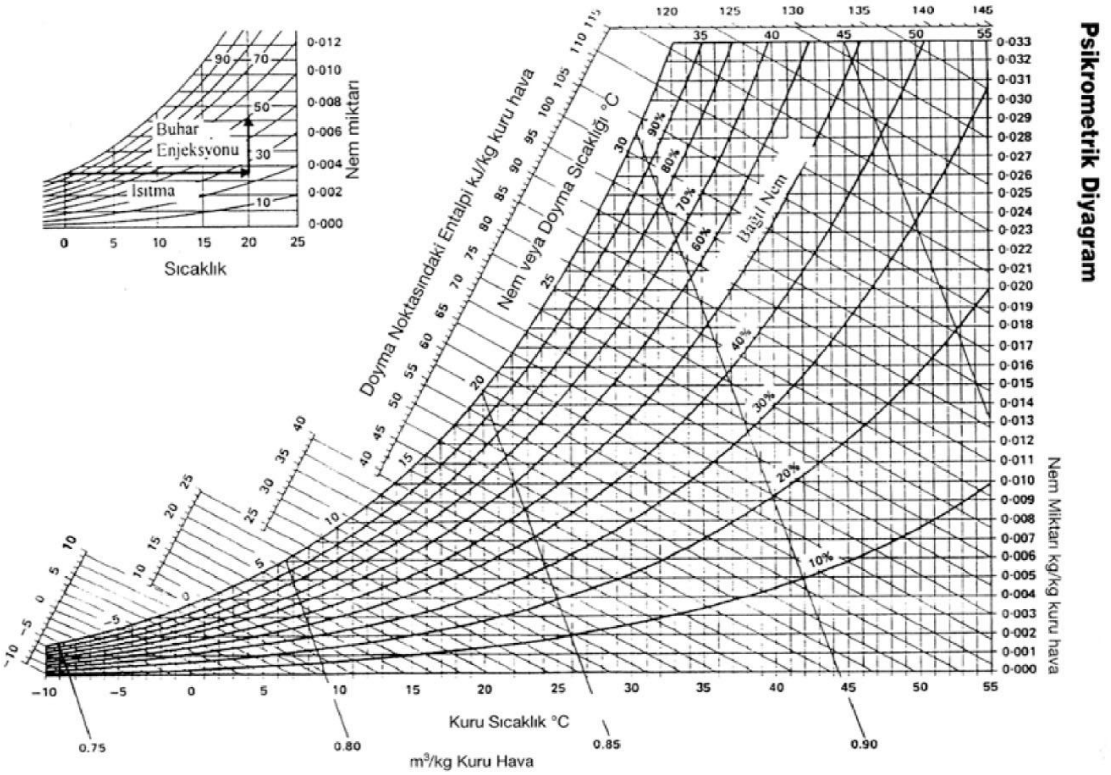
Isısal konforu etkileyen kişisel parametreler;

- Kişinin hareketlilik düzeyi (aktivitesi)
- Giysi durumudur (Ashre, 1989)

İç iklimsel konfor koşulları olarak, bu bileşenlerin yalnız belirli sınırlar arasında kalan değerleri geçerlidir. Şekil 2.2. optimal konfor durumunu tanımlamaktadır.

Bir insanın bir bölgede sağlıklı bir şekilde yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan meteorolojik değer aralığına “konfor aralığı denilmektedir. Klimaterapi uzmanlarının belirlediği kurallara göre, insan sağlığı açısından, aylık ortalama sıcaklık

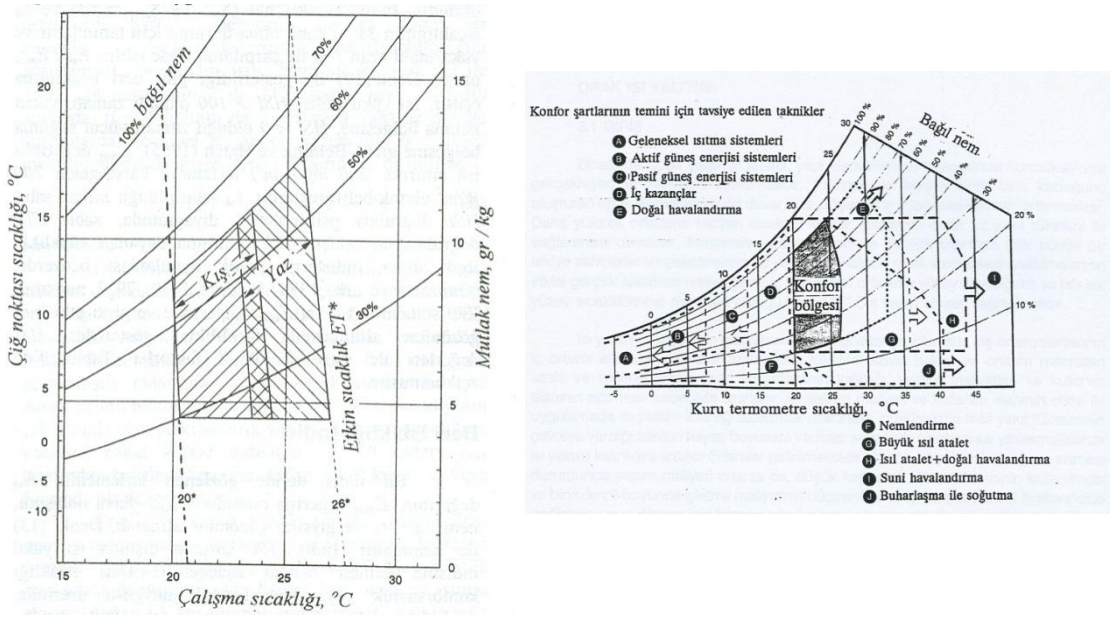
değeri 18-32°C, bağıl nem değeri %30-70, ortalama rüzgar esme hızı 6m/s'den az olan yerlerin iklimi olumlu kabul edilmektedir(Ülker, 1994-Kayhan, 2007).



Şekil 2.1. Psikometrik Diyagram (Derbentli, 1997-Ashrae-bölüm 6)

Psikometri, nemli havanın termodinamik özellikleri ve bu özellikleri kullanarak nemli havadaki işlemler ile ilgilenen termodinamiğin bir dalıdır. Çalışma kolaylığı bakımından nemli havanın termodinamik özellikleri grafiksel bir ortama aktarılmıştır. Bu grafiksel ortama psikrometrik diagram denir(Şekil 2.1). Psikrometrik diagram ilk defa 1923 yılında Molier tarafından oluşturulmuştur. Molier, diagramı oluştururken kuru termometre sıcaklıklarını apsis eksenine, nem miktarlarını ise ordinat eksenine yerleştirmiştir. Bugün kullandığımız diagram Molier'in diagramı ile hemen hemen aynıdır. Bu tasarımı sayesinde diagram sınırları içinde kalan herhangi bir noktanın termodinamik özelliklerini öğrenmek mümkündür. Sıcaklık ve nem arasındaki etkileşim psikrometrik diyagramlarla takip edilebilmektedir. Bu diyagramlarda nemli havanın

fiziksel özellikleri iki boyutlu çok eksenli bir grafik üzerinde gösterilmektedir. Yatay eksen kuru termometre sıcaklığını ifade etmektedir, yataya karşılık gelen eğri ise ıslak termometre değerlerini vermektedir. Düşey eksen nem miktarını göstermektedir, eğriler ise bağıl nem değerlerini vermektedir. Yapı fiziği açısından, ortam havasının kuru ve ıslak termometre sıcaklıklarının bilinmesi halinde ortamın bağıl neminin bu grafikler vasıtasıyla belirlenebilmesinin yanında, ideal konfor şartlarının (sıcaklık ve bağıl nem için ideal şartların) ve yoğuşma sıcaklıklarının gösterildiği bu kartlara benzer konfor grafiklerinin (Şekil 2.2) kullanımı da söz konusudur (Ashrae,1997-Oxley,1994-Colombo, 1994- Derbentli, 1997-Ching, 2006- Bobenhausen, 1994).



(a) (b)

Şekil 2.2. a) ASHRAE konfor bölgeleri (Derbentli, 1997) ve b) konfor bölgesi dışında konfor şartlarının temini için tavsiye edilen teknikler (Colombo, 1994) (Konfor şartları kişilerin tercihleri olarak belirlenmektedir).

Yapı kabuğunun iç yüzey sıcaklığı, yapı içi ısısal konforu etkileyen en önemli öğelerden birisidir. Çünkü kişi ile yapı kabuğunun iç yüzeyi arasında ışınım yoluyla sürekli ısı alışverişi söz konusudur. İç yüzey sıcaklıklarının konfor sınırlarında olması yapı kabuğunun ısı geçirmezlik açısından da uygun olduğunu gösterir. Bir binada iç ortamı sınırlayan yapı kabuğu iç yüzey sıcaklıklarının ortalaması, ortamın konfor

sıcaklığından 2,7^{o}C kadar sapması durumunda insan metabolizması için en uygun durum olduğu deneysel çalışmalarla saptanmıştır (Yaşar, 1989). Eichler (1972) ve Moritz'e (1965) göre bu sapma 3^{o}C olabilmektedir. Bu durumda genel bir ifadeyle, hacmin kuru termometre sıcaklığı ile iç yüzey sıcaklıkları ayrımı < ±3°Ç olduğu zaman ışınımsal sıcaklık açısından konfor oluşur (Fanger, 1972, Gedik, 2001, Yaşar, 1989).

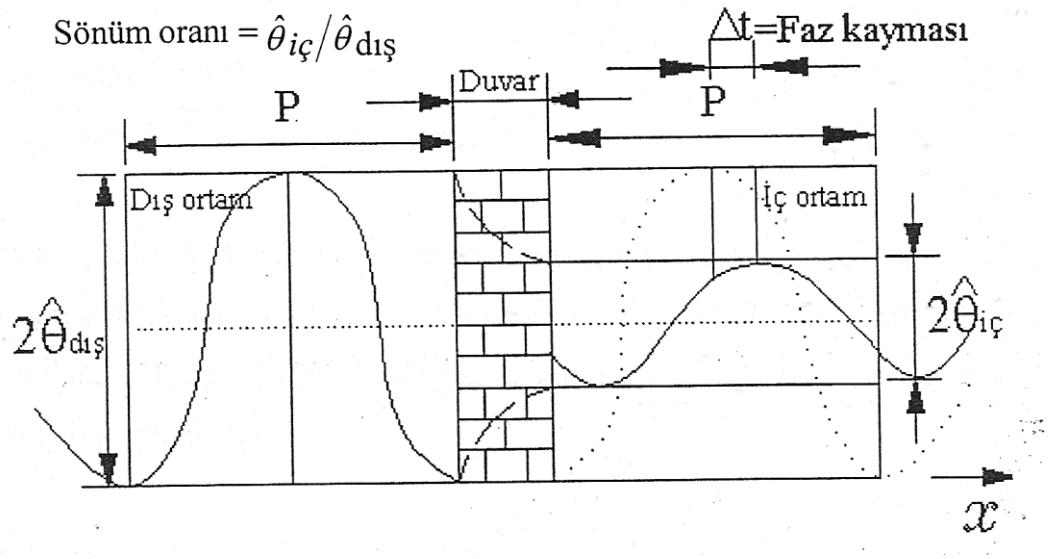
Nemin algılanması ise doğrudan doğruya sıcaklıkla ilişkilidir. Nem düşük olduğunda, konfor çok fazla bozulmaz fakat nem yüksek olduğunda buharlaşma yoluyla ısı kaybetme gerçekleşemediği için konfor şartları değişir. %50-60 bağıl nem değerleri konfor bölgesidir.

Binalarda enerji verimliliğinin arttırılması, binaların korunumu ve özellikle kullanıcıların sağlıklı ve üretken olmaları için öncelikle ısıl konforun sağlanması gerekir bu nedenle yalıtımın önemi büyüktür. Isıl konforun sağlanması için yapı kabuğunun dış ortamdaki ısıl konfor şartlarını bozan etkileri iç ortama iletmeyecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu konuda ilk yapılması gereken doğru ısı yalıtım uygulamasıdır (Dilmaç, 2002). Yapı fiziği açısından yalıtım sistemi uygulaması ve kullanılan yalıtım malzemesinin doğru seçilmesi gerekmektedir.

2.1.2. Isıl Atalet

Yapı kabuğunda, bir gün periyodunun herhangi bir anında sıcaklık profilleri farklıdır. Bu profiller, iç ortam ve çevre sıcaklıklarının farkına ve kabuğu oluşturan malzemelerin termofiziksel özelliklerine bağlıdır. Dış ortam sıcaklığı ve güneş ışınımı şiddeti gün boyunca periyodik olarak değiştiği için günün herhangi bir anında yeni sıcaklık profilleri oluşacaktır. Bu geçici durum süresince, sıcaklık kesit içerisinde sinüzoidal dalgalar şeklinde yayılmaktadır. Bu dalgaların genliği sıcaklık şiddetini, dalga boyu da zamanı simgelemektedir. Sinüzoidal sıcaklık dalgası kesit içerisinde ilerlerken genliği, malzemelerin özelliklerine bağlı olarak gittikçe azalmakta ve iç

yüzeye, başlangıçtaki değerinden önemli ölçüde küçülerek ulaşmaktadır. Sıcaklık dalgasının, dış yüzeyden iç yüzeye ulaşana kadar geçen zaman, yani eşdeğer sıcaklığın en yüksek olduğu zaman ile iç yüzey sıcaklığının en yüksek olduğu zaman arasındaki fark **faz kayması** olarak adlandırılır. Bu işlem boyunca dalganın genliğinde meydana gelen küçülme miktarı, yani iç yüzey sıcaklığının genliğinin eşdeğer dış sıcaklığın genliğine olan oranı da, **sönüm oranı** olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.3). Bu iki özellik yapıların ısı depolama kapasitelerini hesaplamak için önemli karakteristiklerdir (Özel, 2003).



Şekil 2.3. Faz kayması ve sönüm oranı gösterimi (Cihan, 2004)

Isıl yayınım katsayısı, fiziksel olarak ısının ortam içerisindeki ilerleme hızını, yani zaman içerisinde nüfuz ettiği derinliği göstermektedir ve ortamın ısıl ataletinin bir ölçüsüdür. Isı yayınımı yüksek olan malzemeler düşük ısıl atalete sahiptirler. Isıl yayınım özelliği yüksek olan malzemelerde sıcaklığın zamana göre değişimi, ısıl yayınım özelliği düşük olan malzemelere göre daha fazladır (Özel, 2003). Dolayısıyla sönüm oranının düşük ve faz farkının büyümesinde etkili olan ısı yayınım katsayısının küçük olmasıyla ısıl ataleti yüksek kabuk kesitleri oluşturulabilir. (Zorer Gedik, 2010)

2.1.3. Buhar Difüzyonu ve Yoğuşma

Atmosferi oluşturan hava içerisinde birçok gaz bulunur. Bu gazlardan bazıları süreklidir ve oranları değişmez. Bazılarının ise farklı faktörlere bağlı olarak zamana ve mekâna göre değişkenlik gösterir. Bu değişken gazlar içerisinde gerek iklim gerekse yapı fiziği açısından en önemlisi su buharıdır ve hava içerisindeki su buharı nem olarak tanımlanmaktadır. Havadaki nem oranı "rölatif nem" veya "bağıl nem" olarak ifade edilir ve % olarak gösterilir. Her sıcaklıkta havada su buharı bulunur ve yapı elemanlarını etkiler. İçinde su buharı bulunmayan hava ancak deneysel olarak elde edilir ve 'kuru hava' olarak adlandırılır. Su buharı hacmi her koşulda hava hacminin % 4'ünü aşamaz. Havanın su alabilmesi, hava sıcaklığına ve havanın su buharına doyma derecesine bağlı olarak değişmektedir.

Mutlak nem (W) : Belirli bir sıcaklıktaki havanın birim hacmi içinde bulunan su buharının birim kütlesine denilmektedir. Buna su buharı yoğunluğu da denir. Birimi gr/m^3 veya kg/m^3'tür. Mutlak nem miktarı kuru hava için gr/m^3 olarak verilir. Ancak teknik olarak yalnızca su buharı basıncıyla ifade edilir. Havanın yoğuşma sıcaklığı, büyük ölçüde havanın bağıl nemine bağlıdır (Tepe, 2006-Özer, 1982).

Özgül nem (X): Birim kütledeki nemli hava içerisindeki su buharının kütlesidir. Buna nemli havanın nem miktarı veya kütle konsantrasyonu da denir, birimi gr/kg dır.

Bağıl (Rölatif) nem (φ) : Belirli bir sıcaklıktaki hava içerisindeki su buharı miktarının, aynı şartlardaki hava içerisinde bulunabilecek maksimum su buharı miktarına oranıdır. % olarak ifade edilir.

Doygunluk; Hava, sıcaklığa bağlı olarak belirli miktar buharı içinde tutabilir. Sıcaklık düştükçe, havanın içinde tutabileceği buhar miktarı azalır. Belirli barometrik şartlar altında hava, maksimum su buharını bünyesinde bulundurduğunda, bu durum doymuş hava olarak adlandırılır. Doymuş hava %100 bağıl nemliliktir. Bu durum

duyularla algılanamaz. Doymuş hava eğer soğuksa havasızlık hissi uyandırır. Ilık-kuru hava ise boğazı ve burnu kurutur ve sık sık sert kuru bir öksürüğe yol açar (Oxley, 1994).

Doygun havanın su buharı miktarı arttırılırsa, su buharı yoğuşarak suya dönüşür. Doygun havanın sıcaklığının düşürülmesi halinde de su buharının bir kısmı yoğuşacaktır ve yapı malzemesi yüzeyinde yoğuşmayla birlikte soğuk yüzeyler oluşmasına sebep olur. Hava sıcaklığındaki artış, havanın taşıyabileceği nem miktarını arttırır. Su buharı molekülleri sıvı halde olduğu gibi gaz halinde de, sıcaklığı yüksek olan bölgeden, düşük sıcaklıktaki bölgeye doğru hareket etmektedir. Bu olay malzeme içerisinde gizli olarak meydana geliyorsa **yoğuşma,** malzeme yüzeyinde gözle görülür durumda ise görünür yoğuşma olarak adlandırılmaktadır. (Tepe, 2006- Oxley ve Gobert, 1994-Anonim, 2007).

Tablo 2.1. Sıcaklığa bağlı olarak havanın maksimum nem miktarı (Özer-1982)

T, sıcaklık (°C)	Nem Miktarı (gr/m^3)	T, sıcaklık (°C)	Nem Miktarı (gr/m^3)
-20	1,05	16	13,59
-15	1,58	18	15,31
-10	2,30	20	17,22
-8	2,69	22	19,33
-6	3,13	24	21,68
-4	3,64	25	22,93
-2	4,22	26	24,24
0	4,98	28	27,09
2	5,60	30	30,21
4	6,39	32	33,64
6	7,23	34	37,40
8	8,23	36	41,51
10	9,39	39	46,00
12	10,64	40	50,91
14	12,03		

Çiğ noktası (t_s): Belirli şartlardaki doymuş havanın sıcaklığıdır. Bu sıcaklık doyma halinden yoğuşmaya geçiş halini ifade ettiğinden doyma sıcaklığı, yoğuşma noktası da denir.

Doymuş buhar miktarı (W_s) : Birim hacimdeki havanın belirli sıcaklıkta taşıyabileceği maksimum nem miktarına doymuş buhar miktarı denir, birimi gr/m^3'tür.

Buhar basıncı: Su buharının nemli havada içindeki kısmi atmosferik basıncıdır. Birimi milibardır. Birimi milibar, mmHg, kg/m^2 olarak kullanılır. Su buharı basıncı yüksek olan bölgeden daha düşük olan bölgeye doğru bir nem taşınması söz konusudur. Bu hareket difüzyonu tanımlamaktadır(Oxley, 1994).

Difüzyon: Herhangi bir maddenin yoğunluğunun yüksek olduğu bir ortamdan, düşük olduğu bir ortama geçmesi yada yer değiştirmesine difüzyon denilmektedir. Her iki ortamda madde yoğunluğu eşitleninceye kadar geçiş devam eder. Malzeme gözenek çapının, su moleküllerinde daha geniş olduğu durumlarda meydana gelen nem taşıma tipidir. İki ortam arasında kısmi buhar basıncı farklılığı olduğu durumlarda meydana gelmektedir(Altun, 1997)

Nem taşınma tipleri arasında, normal şartlarda, sürekli olarak meydana gelen ve en etkili olanı, buhar difüzyonudur. Buhar difüzyonu sonucu oluşan nem, duvarların ısıl ve nem ile ilgili performansını etkilemektedir.

Buhar difüzyonu sonucu oluşan nemliliğin en önemli etkisi yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin ısı iletkenliği ve buhar difüzyon direnci üzerindeki etkisidir. Bunun yanı sıra günümüzde yapı kabuğundan beklenen performans, ısı kayıp ve kazançlarının, dolayısıyla ısıtma ve soğutma enerjisi harcamalarının ve bunlara bağlı olarak çevresel atıkların azaltılmasıdır. Bu bağlamda nem nedeni ile kabuğun performansını kaybetmemesi için tasarım aşamasında alınacak önlemler belirlenerek uygulamaya geçilmelidir(Altun, 1997).

2.2. Yapı Kabuğundan Isı ve Nem Geçişini Etkileyen Faktörler

Bina duvarlarından mevsime bağlı olarak gerçekleşen nem transferi, yapı kabuğunda nem etkisi sonucu bozulmanın en önemli nedenidir. Bilinen inceleme yöntemleri, nem geçiş mekanizmaları, duvar kesiti biçimlenişleri, malzeme özellikleri, mevsimsel meteorolojik veriler ve hesaplamaları, duvarın nem içeriği, kapiler su emme, kuruma oranı verilerini kapsamaktadır. Nem geçişini etkileyen faktörler, çevresel etkenler ve malzeme özellikleri olmak üzere iki ana grupta toplanabilir.

2.2.1. Çevresel Etkenler

Enerji tasarrufunun çok önemli olduğu günümüzde, yapma çevreye ilişkin tasarım parametrelerini incelediğimizde,

- Enerji etkisi
- Çevre etkisinin minimize edilmesi
- Kullanıcıların güvenlik ve sağlığının korunması

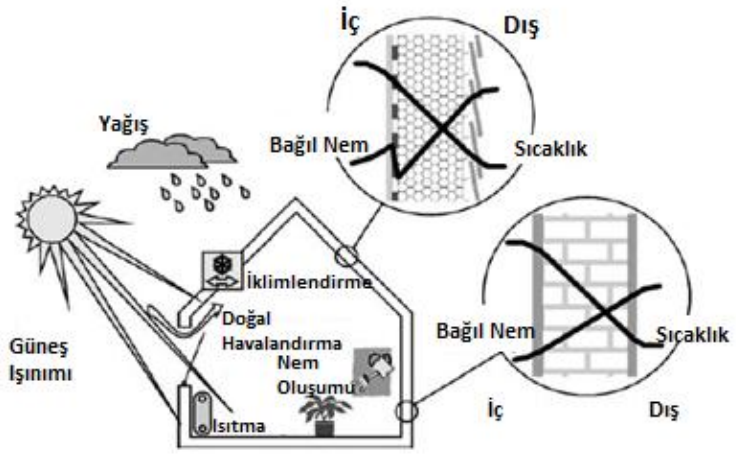
olarak sıralanmaktadır (Karagiozis ve Salonvaara, 2001). Yapı kabuğu dış çevre ve iç çevreyi birbirinden ayıran bir ayırıcı görevi üstlenmiştir. Doğrudan dış çevre ve iç çevre ile etkileşim içindedir. Söz konusu çevresel etkenler; sıcaklık, nem, güneş ışınımı, yağış miktarı, rüzgâr yönü ve hızıdır.

Sıcaklık: Dış hava sıcaklığı ve iç hava sıcaklığı yapı kabuğu ile etkileşim halindedir. Dış hava sıcaklığı 24 saatlik periyotlarla değişmektedir. Gün boyu sıcaklık değişimi bir sinüs eğrisi ile tarif edilebilir. Meteoroloji istasyonlarında dış hava sıcaklığı, kuru termometre ile birer saatlik aralıklar ile ölçülmektedir. İç hava sıcaklığı ise kullanıcı konfor gereksinimlerine, mekân fonksiyonlarına bağlı olarak değişmektedir.

Nem Etkisi: Nem üç safhada bulunur; gaz (buhar), sıvı ve katı (buz) halde nem geçişi boyunca, buharlaşma, yoğuşma, donma ve çözülme aşamaları gerçekleşmektedir (Karagiozis ve Salonvaara, 2001).

Nemin duvar bünyesine girmesi 5 işlem ile açıklanabilir (Karagiozis ve Salonvaara, 2001).

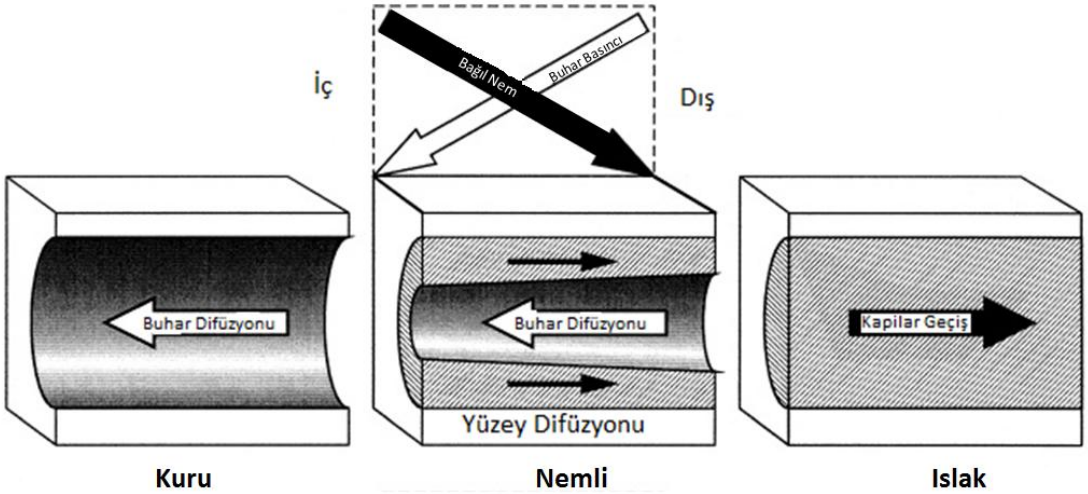
- İlk inşa nemi
- Buhar difüzyonu
- Sıvı difüzyonu
- Su sızıntısı
- Yapı kabuğu boyunca (soğuk iklimlerde daha önemli olan) iç ve dış nemli hava sızıntıları



Şekil 2.4. Yapı kabuğuna etki eden çevresel etkenler (Künzel, 2005)

Nem Güneş ve rüzgâr etkenlerinin değişimine bağlı olarak farklılık gösterir. Ayrıca yeryüzü bitki örtüsüne, su yüzeylerine, topoğrafik duruma bağlı değişimler göstermektedir. Meteoroloji istasyonlarında saatlik bağıl nem ölçümleri yapılmaktadır. Yapı elemanlarında pratik nem (sürekli nem) ve yapı nemi (özgül nemlilik) olmak üzere

iki tür nem bulunmaktadır. Yapı elemanındaki pratik nem, elemanın içinde bulunduğu çevre koşulları olan, hava sıcaklığı, coğrafi yön, bağıl nem gibi etkenlerden kaynaklanan ve bünyesinde sürekli barındırdığı nemdir. Yapı nemi ise uygulama aşamasında beton, harç gibi malzemelerin bünye suyu ve ıslatılmalarından kaynaklanan ilk inşa nemi olarak adlandırılan geçici nemidir (Avlar, 2006-Gedik, 2005).



Şekil 2.5. Nem iletim mekanizmaları (Karagiozis, Künzel ve Holm, 2001)

Nem farklı sebeplerle yapı kabuğu bünyesine girmekte, değişik etkilerle taşınmakta ve belirli bir süre depolanmaktadır. Depolanan nemin en önemli etkisi kabuğun ısı ve nem ile ilgili performansıdır. Yapı kabuğundaki nemin taşınma biçimi, depolanan nemin miktarı ve bünyede kalma süresi, kabuğu oluşturan malzemelerin fiziksel özelliklerine ve çevresel etkenlere bağlıdır (Altun, 1997). Gözenekli malzemelerdeki nem iletimi çoğunlukla, buhar difüzyonu ve kapiler iletime bağlıdır. (Şekil 2.5) Buhar basıncının iç ortamda dışarıdan daha yüksek olduğu ve bağıl nem için bunun tersinin söz konusu olduğu durumlarda kış koşulları altında duvardaki kapilerite düşünülmüştür.

Güneş Işınımı: Yapı kabuğunun opak yüzeylerini etkileyen güneş enerjisi fiziksel olarak radyan enerjidir. Radyan enerji kendisini yutan bir yüzeye çarptığı zaman ısı enerjisine dönüşebilen elektromanyetik dalgalardır. Farklı dalga boylarında ve farklı şiddettedir.

Yapı kabuğunun opak yüzeylerine gelen güneş ışınımının bir bölümü yansıtılır, geriye kalanı ise yutulur. Masif kütlede depolanan bu enerji, ısı iletim mekanizmaları ile iç ortama aktarılır. Yapı kabuğunun güneş ışınımına ilişkin, yutuculuk, yansıtıcılık, geçirgenlik gibi optik, toplam ısı geçirgenlik katsayısı, ısı depolama kapasitesi, ısı yayınım katsayısı, faz kayması ve sönüm oranı gibi termofiziksel özellikleri güneş enerjisi kazancında belirleyici etkenlerdir (Kartal, 2009).

Yağış Miktarı: Yağışlar, rüzgârında etkisiyle yapı bileşenlerinin yüzeyine çarparak fiziksel aşınmaya, ıslatarak da kimyasal aşınmaya neden olmaktadır. Yapı bileşenlerinin bünyesine giren sular, taşıdıkları tuzların kristalleşmesi sonucu malzemede parçalanmalara yol açmaktadır. Yağış miktarı yapı kabuğunda su etkisi olarak görülmektedir. Kabuğu oluşturan malzemelerin su geçirgenlik, kılcal emicilik özellikleri oranında kabuğu etkilemektedir.

Rüzgâr Yönü Ve Hızı: Rüzgâr, yeryüzündeki sıcaklık ve basınç farklılıklarından oluşan hava akımlarıdır. Bu hava hareketlerinin yeryüzüne yaklaştıkça, zamana bağlı olarak hızı ve yönü değişim göstermektedir. Rüzgâr yönü ve hızı yapı kabuğunda meydana gelen ısı iletimini ve buhar basıncını etkilemektedir. Tasarımda yapı ve yerleşme ölçeğinde hâkim rüzgarın hızı ve esme sayısı gibi nicelikler ele alınmaktadır. Meteoroloji istasyonlarında esme yönü, esme sayısı ve hızı anemograflarla 2-10m yükseklikte ölçülür ve kaydedilir. Bu değerler kullanılarak aylara göre rüzgar gülleri çizilir (Gedik,2005).

Yapı kabuğuna etki eden çevresel etkenlerden bu çalışma kapsamında, nem etkisi detaylı bir şekilde incelenmiştir.

2.2.2. Malzeme Özellikleri

Yapı elemanları kendilerini meydana getiren malzemelerin su ve su buharı ile ilgili özellikleri ve çeşitli etkiler sebebiyle, su, buz ve su buharı içerebilmektedir. Bir

yapı elemanının veya malzemesinin nemliliği o anda içinde bulundurduğu su miktarı ile belirtilir. Bu nemlilik yapı malzemelerinin su ve su buharına ait özelliklerine bağlıdır.

Yapı malzemeleri normal iklim şartlarında belirli oranlarda nem içermektedir. Bu duruma doğal nemlilik denir. Yapıların doğal nemliliğine sebep olan etkenler öncelikle 0,1 mm'den küçük mikro gözeneklerdir. Çevredeki nem artarsa malzemenin nemi de artar, azalırsa malzemenin nemi de azalır. Malzeme yoğunluğu arttıkça gözenek toplam hacmi azalacağından bünyesine nüfuz eden nem miktarı da azalacaktır.

Malzeme nemliliğinin bazı malzeme özelliklerini değişime uğratması nedeniyle önemli yapısal sorunlara yol açtığı bilinmektedir. Özellikle, buhar difüzyonu sonucu oluşan malzeme nemliliği, malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları ve buhar geçirgenlik özelliklerinde meydana gelen artışlar ve bozulmalar sonucu, yapı kabuğunun performansını olumsuz yönde etkilemektedir.

Yapı kabuğu bünyesindeki nem, duvarı oluşturan malzemelerin özelliklerinden, öncelikle gözenek büyüklüğü, tipi ve biçimi ile çevresel etkenlere bağlı olarak farklı şekillerde taşınmaktadır. En etkili nem taşıma biçimi buhar difüzyonudur. Ayrıca nem, malzeme özelliklerine ve çevre koşullarına bağlı olarak, kabuğu oluşturan malzemelerin bünyesinde, adsorpsiyon ve kılcallık kuvvetleri ile depolanmakta veya serbest su olarak birikmektedir (Altun, 1997).

Adsorpsiyon; Su moleküllerinin, malzeme gözeneklerinin yüzeyinde, 'Van der Waals' kuvvetleri nedeniyle birikmesidir. Bu şekilde adsorbe edilen nemin miktarı ile havanın belirli sıcaklıktaki bağıl nem oranı ile doğrudan ilişkilidir. Adsorbe edilen nem miktarı, malzeme gözeneklerinin alanı ile biriken su tabakasının kalınlığına bağlıdır (Altun, 1997).

Isıl Geçirgenlik Katsayısı (U değeri): Çeşitli kalınlıklardaki katmanlardan oluşan yapı bileşeninin $1m^2$sinden, 1°C sıcaklık farkı bulunması durumunda saatte kJ cinsinden geçen ısı miktarını vermektedir, birimi W/m^2K'dir.

Isıl iletkenlik katsayısı (λ): Homojen bir malzemenin, birbirine paralel iki yüzeyi arasında 1 m mesafe ve 1°K sıcaklık farkı olduğu durumda, birim zamanda, birim alandan ısı iletimi ile geçen ısı miktarıdır. Birimi W/mK dır. Malzeme nemliliği ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Duvar içerisindeki sıcaklık dağılımını, dolayısıyla kısmi buhar basınç değerlerini etkilemektedir.

Özgül Isı (c): Bir malzemenin 1 kg.ının sıcaklığını 1°K yükseltebilmek için gerekli ısı miktarıdır. Malzemeler özgül ısısı sıcaklığa bağlı olarak değişim göstermektedir. Birimi Wh/kg°C ve J/kg°C dır. Duvar içerisindeki sıcaklık dağılımını, dolayısıyla kısmi buhar basınç değerlerini etkilemesi nedeniyle buhar difüzyonunu etkileyen bir etmendir (Altun, 1997).

Özgül nemlilik ($\Psi_{ö}$): İnşaat sırasında yapı malzemesinin bünyesine giren sudan doğan nemliliktir. Bu nemlik yapı elemanlarının meydana getirilişi sırasında özellikle katılan su (konstrüksiyon suyu) ile dış etkiler sonucu (yağmur, kar vb.) katılan sudan oluşur.

Buhar Difüzyon Direnç Faktörü (μ değeri): Bir malzemenin buhar difüzyon direncinin aynı kalınlık ve şartlardaki hava tabakasından kaç kat büyük olduğunu gösteren değere difüzyon direnç faktörü μ değeri de denilmektedir, birimsizdir. Difüzyon direnç faktörü, malzeme nemliliği, sıcaklık ve barometrik basınca bağlı olarak değişmektedir.

Su Buharı Difüzyonu Eş Değer Hava Tabakası Kalınlığı (S_d): Bulunması gereken malzeme tabakasındaki ile aynı buhar basıncı dayanımına sahip hareketsiz hava tabakasının kalınlığıdır. Bir yapı malzemesi tabakasının, su buharı difüzyonu eş değer hava tabakası kalınlığı (S_d), kalınlığı (d) ve su buharı difüzyon direnci katsayısı (μ) kullanılarak formül ile hesaplanır.(TS EN ISO 13788, 2004)

$S_d = \mu.d$

Burada;

S_d : Su buharı difüzyonu eş değer hava tabakası kalınlığı (m),

μ : Su buharı difüzyon direnci faktörü (Birimsiz),

d : Yapı malzemesi tabakasının kalınlığı (m),

Kılcal Su Emicilik Katsayısı (w): Kapiler emicilik, malzemenin herhangi bir yüzeyi ile etkileşim halinde bulunan suyu, bir basınç olmaksızın içine alarak kılcal kanalları aracılığıyla herhangi bir doğrultuda yükseltmesi hatta yatay olarak hareket ettirmesidir. Su geçirgenliğinin aksine, kılcal boruların çapları ne kadar küçükse, suyun kapilarite ile malzeme içine girmesi ve malzeme içinde ilerlemesi o kadar kolay olur. Sıcaklığa ve malzeme yapısına bağlı olup ölçülmesi zor olduğundan katsayı olarak kabul edilir. Kılcal su emicilik katsayısı, birim alandan, sürenin karekökü boyunca bünyesine alınarak, kılcallık ile herhangi bir yöne iletilen su miktarıdır. Birimi $kg/m^2\sqrt{h}$, sıcaklık ve malzeme nemliliğine bağlı olarak değişim gösterir.

Nem Depolama Özelliği: Gerek kılcallık kuvvetleri, gerek adsorpsiyon, yolu ile serbest su olarak malzeme gözeneklerine depolanan su ve nem, buhar difüzyonunun hızını arttırmaktadır.

Yapı elemanı kesitinde, malzeme sıralanışında μ değerinin önemli bir yeri vardır. Buhar kesici veya dengeleyici olarak tanımlanan membranlarda μ değeri 20.000 ile 50.000 arasındadır. Alüminyum folyo gibi tam geçirimsiz folyolarda ise bu değer 1.000.000 dur. Bu değer malzemenin metre cinsinden kalınlığı ile çarpılarak Sd (hava tabakası kalınlığı) değerini oluşturur. Bu değer metre cinsinden ne kadar büyükse malzemenin o oranda buhar geçişine direnci yüksektir. μ değerini ortalama 35 olarak aldığımız sıva kalınlıkları ile birlikte 24 cm (3cm dış sıva + 19 cm tuğla + 2 cm iç sıva) kalınlıkta tek katmanlı bir tuğla duvarın Sd değeri 3 metrenin üzerindedir. Yani hiç yalıtım yapılmamış dışarıdan sıvalı bir tuğla duvar 3 metre kalınlığında bir hava tabakasının buhar direncine eşdeğerdir. Bu durum betonarme duvarlarda ise, μ değeri 85 ile 135 arasında değişen, 25 cm kalınlığında bir betonarme perde duvarın ortalama μ değerini 100 kabul edersek Sd değeri 25 metre olarak karşımıza çıkar. Buhar kesici olarak tanımlanan hava katman kalınlığının minimum 80 m olarak kabul edildiğini dikkate alırsak Sd değeri 25m olan betonarme perde duvarın dahi bu tür bir buhar kesiciye oranla 3 kattan daha fazla nefes aldığı söylenebilir. Bu durum duvarların hiçbir yalıtım

malzemesi kullanılmadan 3m ile 25m arasında değişen Sd değerlerine sahip olduğunu göstermektedir (Eriç, 1994)

Tablo 2.2. Yalıtım malzemelerinin buhar difüzyon direnç faktörleri

Malzeme	**μ değeri**
MW Mineral yünler	1
EPS Genleştirilmiş Polistiren Köpük	20 - 100
XPS Haddeden Çekilmiş Polistiren Köpük	80 - 450
WW Odun talaşı levhalar	2-5
PUR poliüretan köpük	30-100

Bir yapı elemanının ısıl açıdan yeterliliğini devam ettirebilmesi için kesit içinde yoğuşma olmaması gerekir. Çünkü malzeme içinde suyun bulunması, o malzemenin ısıl iletkenliğinin artmasına sebep olur. (Dilmaç, 2007)

2.3. Yapı Kabuğundan Isı Ve Nem Geçişinin Hesaplamasında Kullanılan Yöntemler

Binalardaki nem transferi çok karmaşık bir işlemdir ve birçok fiziksel olay tarafından etkilenmektedir.

Yapı kabuğundaki hidrotermal performansın belirlenmesi için ihtiyaç duyulan veriler aşağıda belirtilmiştir (Karoglou, 2007).

- Yapının geometrisi (bina şekli ve yüksekliği)
- İç ve dış çevre sınır durumları

- Malzeme özellikleri
- Fiziksel, kimyasal, termodinamik ve birleştirilmiş nem matematiği, ısı hava transferi
- Performans eşikleri

Literatürde, binaların uzun süreli hidrotermal performansını belirlemek amacıyla birçok yöntem ve model bulunmaktadır. Bu modeller, aşağıda sıralanan parametrelerin derecelerine göre çeşitlilik göstermektedir (Karoglou, 2007).

- Nem transfer ölçütleri (1, 2 ve 3 boyutlu)
- Akım tipi zamana bağlı, statik veya dinamik
- Bilginin kalitesi ve elde edilebilirliği
- Verilerin doğruluk olasılığı

Isı ve nem iletimi zamana bağlı olarak davranışlarında değişiklik göstermektedir. Hesaplamalarda kullanılan çevresel etmenlerin özelliklerine bağlı olarak sabit rejim ve değişken rejim olarak ele alınmaktadır. Isı iletimi problemlerinde sıcaklık ve dolayısı ile ısı akışının hızı zamana bağlı olarak değişmektedir. Bu duruma zamana bağlı değişken rejimde ısı iletimi denilmektedir. Bazı durumlarda ise ısı yüksek sıcaklıktaki bir sistemden düşük sıcaklıktaki bir sisteme aktarılırken sistem içerisindeki sıcaklıkların zamanla değişiklik göstermediği varsayılır. Bu duruma (zamandan bağımsız) sabit rejimde ısı iletimi denilmektedir (Yaşar, 1989).

2.3.1. Sabit Rejim Şartları

Gerçekte yapı malzemelerinin ısı iletkenlik, özgül ısı ve yoğunluk gibi termofiziksel özellikleri sıcaklığa ve zamana bağlıdır. Ancak, binalarda iç ve dış ortam sıcaklığı değişimleri aralıklarında, bu özelliklerin değişimi bazı durumlarda (özellikle soğuk dönem koşullarında) ihmal edilebilecek düzeyde kabul edilmektedir. Bu nedenle

birçok uygulamada bu bağımlılıklar göz önüne alınmaz ve bu özelliklerin sıcaklık değişimlerini etkilemediği ve zaman boyutunda değişmediği kabul edilir. Sabit rejim şartlarında sıcaklık, bağıl nem oranı, güneş ışınımı v.b. dış iklim şarlarının sürekli olarak veya belirli dönemler boyunca sabit kaldığı varsayılmaktadır. Bu durumda sadece elemanın ısı iletimine karşı göstereceği ısıl direnç (R) önemlidir. Bu direnç elemanı oluşturan katmanlardaki malzemelerin ısıl iletkenlik değerleri (λ) ve katman kalınlıklarından (d) faydalanılarak bulunur. Her katmanın ısıl direnci d/λ ile hesaplanır. Elemanın toplam ısıl direnci ise bunların toplamından oluşmaktadır. Bu durumda yapı elemanını oluşturan katmanlarının sıralanışının, ısıl davranışa etkisi yoktur. Sabit rejimde, sadece yapı elemanından iletilen ısı enerjisi miktarı ve kesit sıcaklıkları hesaplanmaktadır (Cihan, 2004)

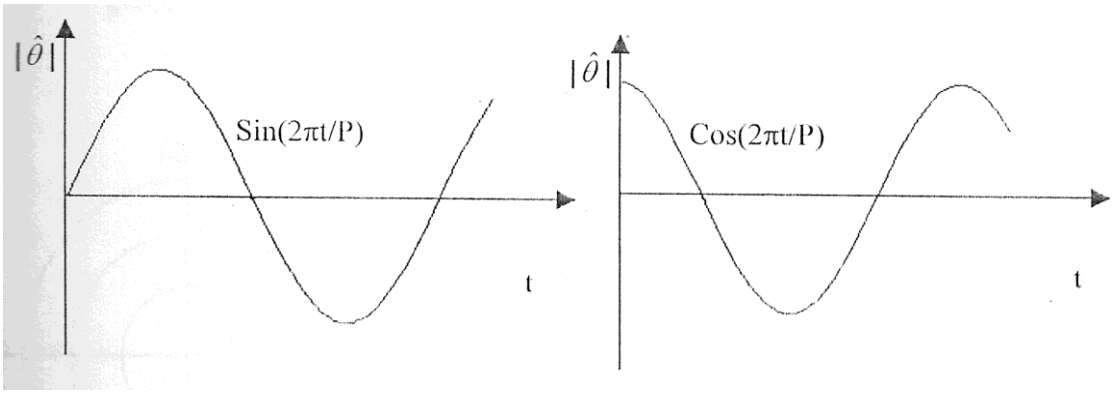
En önemli ve yaygın kullanılan yöntem Helmuth Glaser tarafından geliştirilen grafiksel yöntemdir. TS 825 de bu yöntemin kullanılmasını önermektedir. Ülkemizde ve yurt dışında Glaser yöntemini esas alan birçok yöntem geliştirilmiştir.

Son yıllara kadar buhar difüzyonu ve bina bileşenlerinin termofiziksel özelliklerini ölçmek için standart hesaplama metodu olarak Glaser metoduna dayandırılmaktaydı. Fakat kılcal geçirimlilik ve hava geçişi olmaksızın sabit şartlar altında kabul edilmektedir. Günümüzde, bina bileşenlerinin ısı ve nem geçişinin sayısal simülasyon modellerinin uygulanması, sayıca artış göstermiştir (Janssen, 2007).

2.3.2. Değişken (Periyodik) Rejim Şartları

Değişken rejim, değişken sıcaklıkların etkisi altında meydana gelir. Herhangi iki eşit zaman aralığında iletilen ısı enerjisi miktarı farklıdır. Yapı elemanının ısıl davranışının değerlendirilmesi açısından ısı iletiminin zamanla değişimi önemlidir. Değişken rejim şartlarında elemanın ısıl direncinin yanı sıra, elemandan ısının geçiş hızı ve elemanda ısının depolanabilme kapasitesi de önemlidir. Bu özellikler üzerinde,

elemanı oluşturan malzemelerin ısıl iletkenliğinin yanında özgül ısılarının ve yoğunluklarının da önemi büyüktür. Ayrıca sabit rejimden farklı olarak yapı elemanını oluşturan katmanların sıralanışı da önemlidir. Bu rejimde, ısı iletimi miktarı ve kesit sıcaklıklarının yanında, ortam ve yüzey sıcaklıklarının değişim genliklerinin oranı (sönüm oranı) ve dış sıcaklığın iç ortamı etkilemesi için geçen süre (faz kayması-zaman gecikmesi) de hesaplanır. Binalar için değişken rejimde ısı iletimi, ısı akısının 24 saatlik bir periyotla sinüzoidal değişim gösterdiği periyodik rejim şartlarında yapılmaktadır. Sıcaklık T yerine θ sembolü ile ifade edilmektedir. θ ise sinüzoidal değişimin kompleks genliğini göstermektedir. (Şekil 2.6)



Şekil 2.6. Periyodik rejimde sıcaklığın zamanla değişimini gösteren Sin ve Cos grafikleri (Cihan, 2004)

Literatürde incelenen gerek sabit rejim, gerek periyodik rejim şartlarını kullanan yöntemlerde iklim verileri ve malzeme özellikleri ile ilgili bazı kabuller yapılmaktadır. Bu kabullerle yapılan hesaplamalarda yeterince hassas sonuçlar elde edilememektedir. **Bu tez çalışması kapsamında literatürde sık karşılaşılan, güvenilir ve hassas sonuçlar veren Künzel metodu deneysel çalışma ile desteklenerek Türkiye iklim koşullarında betonarme duvar elemanlarının yalıtım durumları değerlendirilmiştir.**

2.4. Literatür Taraması

Binalarda enerji korunumu, ısı kayıplarının azaltılması ve yapı kabuğunda ısı ve nem geçişi ile ilgili pek çok deneysel ve teorik araştırma yapılmıştır. Aşağıda bu çalışmalarla ilgili özet bilgiler sunulmuştur.

Şerefhanoğlu (1983), bu konuda ülkemizde yapılan ilk çalışmalardan birisidir. Bu çalışmada, farklı duvar malzemelerinden oluşan yalın ve katmanlı dış duvarların iç yüzey sıcaklıkları belirlenerek, ısısal konfor açısından uygunluğu araştırılmıştır. Brüt beton duvarın tüm kesitler içerisinde en olumsuz sonuçları verdiği ortaya konulmuştur. Ülkemiz iklim koşullarında katmanlı duvar kuruluşları ile ısısal konforun sağlanabileceği vurgulanmıştır.

İbrahim (1987), sıcak ve nemli iklimlerde, ısı yalıtımlı ve yalıtımsız binalarda çatı ve duvarların ısıl davranışını deneysel olarak araştırmıştır. Bu amaçla inşa edilen, aynı özelliklere sahip iki binada yalıtımlı ve yalıtımsız durumun farkını ortaya koymuştur. Binaların duvar ve çatılarında uygulanan ısı yalıtımının , ısı geçişini azaltmak için etkili bir tedbir olduğu ve yalıtımlı durumda bina ömrünün uzaması konusu üzerinde durmuştur.

Oğulata vd. (1992), çalışmasında, ısı kazancının ve iç ortam sıcaklığının, dış duvar yönlerine, farklı duvar kalınlıklarına ve farklı duvar malzemesine bağlı olarak değişimini incelenmiştir.

Altun (1997), tez çalışmasında, dış duvarların performansına buhar difüzyonunun etkisini araştırmıştır. Dış ve iç iklimsel verilerin kullanılması ve dış kabuğu oluşturan malzemelerin fiziksel özelliklerinde, çevresel etmenlerden yararlanarak, dış kabukta oluşan olaylara ve zamana bağlı olarak meydana gelen değişimler göz önünde bulundurularak bir hesaplama modeli geliştirmiştir. Bu hesap modelinde, Husseini-Ricken yönteminden yola çıkılmıştır. Bu yöntemin değişken rejimde, buhar difüzyonunun hesaplanmasında yeterli olduğu ancak malzemelerin buhar difüzyon dirençlerinin, malzeme nemliliğine bağlı olarak değişimlerini göz önünde

bulundururken, ısı geçirgenlik katsayılarının malzeme nemliliğine bağlı değişimi göz ardı edildiği ve bunun gibi bazı kabullerin yöntemin eksiklikleri olduğu belirtilmektedir. Altun tezinde Husseini-Ricken yönteminin eksik yönlerini gidererek yeni bir hesaplama modeli geliştirdiğini öne sürmektedir.

Altun'un çalışması kapsamında geliştirilen yaklaşımda Türkiye'de bulunan 5 iklim bölgesinde, aylık ortalamaların 10 yıllık ortalaması alınarak, iklim verileri oluşturulmuştur. İç ortam iklim koşulları sabit kabul edilmiştir. Yalıtım tek parça halinde, İçeriden yalıtım, dışarıdan yalıtım ve ortadan yalıtımlı örnekler üzerinde değerlendirme yapılmıştır. Örneklerde duvarların masif kısımları 8,5 veya 13,5cm yatay delikli tuğla, ısı yalıtımı olarak taneli polistrol kullanılmıştır. Yalıtım kalınlığı 3 cm olarak alınmıştır. Hesaplamalar her 2 ay sonunda oluşan bağıl nem değerlerine göre 1 yıl için yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar grafikler halinde ortaya koyulmuştur. Ayrıca ikinci bir uygulama çalışması olarak, İstanbul ilinde iç ortam koşulları, üç ayrı sıcaklık ve bağıl nem değerine göre (T_i=21°C, φ_i=%50, T_i=23°C, φ_i=%60, T_i=25°C, φ_i=%70) değiştirilerek sonuçları açıklanmıştır. Sonuç olarak, aynı koşullardaki her üç yalıtım sisteminin, Türkiye'nin 5 iklim bölgesinde de kritik nemliliği aşmadığı ve tüm iklim bölgelerinde kullanılabileceği vurgulanmıştır. Kritik nemlilik olarak bağıl nemin %100'ün üzerine çıktığı durum kabul edilmiştir. Değişken rejim şartlarında ilgili standartlarda uygun sınır değerler belirlenmediği için çalışmada da kesin değerler verilmemiş genel anlamda duvar seçenekleri karşılaştırılmıştır.

Asan, (1998), yalıtım kalınlığının bir yapı elemanının faz kayması ve sönüm oranı üzerindeki etkisini incelemiştir. Asan (2000), çalışmasında yalıtımı duvarın farklı yerlerine tek parça ve iki parça olarak yerleştirerek, faz kayması ve sönüm oranını incelemiştir.

Künzel ve Hartvig (1998), "Wufi 2D" bilgisayar programı ile kuruma performansı açısından, içeriden ve dışarıdan yalıtım sistemleri analiz edilmiştir. Dışarıdan yalıtımın kuruma açısından ideal durum olduğu açıklanmıştır. Yalıtım malzemesi olarak mineral yünü(MW) ve expande polistren köpük (EPS) karşılaştırılmıştır. MW, EPS'ye göre daha hızlı şekilde kurumaya yöneldiğinden, buhar

difüzyon direnci yüksek bir dış sıva malzemesi uygulandığında nem yüzey altında birikmektedir. Bu durum donma sıcaklığına yakın durumlarda bir tehlike oluşturabilmektedir. Önlemek için MW yalıtımda sıva yerine başka bir kaplama malzemesi uygulanması önerilmiştir.

Oustad vd. (2000), makalede "Wufi 1D ve 2D" bilgisayar modelleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla Trondheim'deki bir test evinde yapılan ölçümlerle hesaplama sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapı elemanı olarak kompozit çatı elemanı seçilmiştir. Sonuçlarda Wufi 1D ve 2D programlarının her ikisininde binalardaki ısı ve nem transferinin simülasyonunda kullanışlı bir araç olduğu, bununla beraber 2 yönlü modelin daha kesin sonuçlar verdiği açıklanmıştır.

Karagiozis ve Salonvaara (2001), makalede Amerikanın güney doğu kıyısında bulunan sıcak ve nemli iklim verileri kullanılarak, uygun iç ortam iklim şartlarını sağlamak amacıyla gazbeton blok yapının kuruma kalitesi analiz edilmektedir. Çatı ve duvarlar ve döşemeler gibi bütün yapı elemanlarının bireysel hidrotermal davranışı araştırılmıştır. Gerçek iklim verilerine dayanan(sıcaklık, buhar basıncı, rüzgar hızı, güneş enerjisi, güneş radyasyonu, bulutluluk durumu ve yağış gibi) dış sınırlarla, çeşitli nem kontrol ve ısı yalıtım stratejileri incelenmektedir. Gazbeton bloklardaki ilk inşa nemine bağlı olarak nem geçişi hesaplanmıştır. Bu yaklaşım sonucunda su buharının yapı kesitine girmesi ve çıkması sırasındaki aşamaları açıklanmış dikdörtgen formunda bir bina modellenerek, yalıtımsız durum ve 25 mm'lik EPS ile dışarıdan yalıtımlı durum için hesap metodu uygulanmıştır. Burada yapının kuruma performansında dış yalıtımın etkisi tanımlanmıştır. Simülasyonlar "LATENITE 3.0 VTT" programı ile yapılmıştır. Ağustos ayına ait değerlendirme yapılmıştır. Su buharı kontrolünün sağlanamaması durumunda kesit içerisinde ve yüzeyde görülen küflenme ve mantar oluşumlarının büyümesi ile ilgili de hesaplamalar öngörülmektedir.

Zorer Gedik, (2001), çalışmasında hazır beton duvar elemanlar sınıflandırılarak, ısısal konfor açısından incelenmiştir. İncelemede, ülkemizde üretilen ve uygulanan hazır dış duvar elemanlarından seçilen örnekler, ısı yalıtım yönetmeliğinde (TS 825, 2008)

verilen dört derece gün bölgesinin Ocak ayı dış hava sıcaklığı ortalamalarına göre, iç yüzey sıcaklıkları ve yoğuşma açısından kontrol edilerek değerlendirilmiştir.

Şenel (2001), tez kapsamında, betonarme perde duvarların deprem yükleri altındaki davranışlarını incelemek amacıyla deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Gaur ve Bansal (2002), çalışmalarında iç ortam sıcaklık değişimlerinin nem geçişine etkileri incelenmişlerdir. Yeni Delhi'de, kompozit duvar için, Ocak ve Haziran aylarına ait dış iklim sıcaklık verileri ile iç ortam sıcaklığının sabit kabul edildiği günlük ortalamaya göre nem geçişine etkileri hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda Ocak ayında, havalandırma oranındaki değişiklikler yazdan daha fazla etki etmektedir. Sonuçlar göstermektedir ki, iç ortam ve dış çevre havası içindeki nem, oda sıcaklığını etkiler ve hidroskopik bölgede oda sıcaklığını, ısının yönüne, miktara ve nem içeriğine bağlı olarak 2-3 derece yükseltir.

Çiçek (2002), doktora çalışmasında, düşey dış kabuk bileşenlerinden ısı ve nem geçişi konusunda kullanılan yöntemler doğrultusunda bilgisayar destekli bir deneysel ölçme aleti geliştirmiştir. Bu deney aleti ile yapay olarak iç ve dış ortam iklimlendirmesi gerçekleştirilmiş ve yapı elemanının ısı ve nem ölçümleri yapılmıştır. Bu deneysel düzenek sayesinde farklı yapı kabuğu modellerinin sıcaklık ve nem ölçümlerinin yapılabilmesi olanaklı olacaktır.

Özel (2003), doktora tezinde yaz ve kış şartlarında, hem ısı kazancı hem de ısı kaybı açısından yapı kabuğundaki yalıtımın yeri ve kalınlığının faz kayması ve sönüm oranı açısından ideal durumunu araştırmıştır. Opak kısımlar için, yalıtımın duvar içindeki en uygun yerinin tespiti yapılmıştır. Bunun için;12 farklı konfigürasyonda, farklı yönlere bakan duvarlarda, yalıtım tabakası, tek parça iki ve üç parça halinde 1 cm'lik aralıklarla kaydırılarak yerleştirilmiştir. Dış yüzeyde periyodik olarak 24 saatlik değişen güneş ışınımı ve sıcaklık değerleri alınmıştır. Ilıman kuru iklim bölgesinde bulunan Elazığ ili iklim verilerine göre kış şartları 15 Ocak günü için, yaz şartları ise 15 Temmuz günü için alınmıştır. İç yüzeyde ise yaz şartlarında 23°C, kış şartlarında 20°C sabit sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Hesaplamalar, değişken rejimde geçici rejim

şartlarına göre “sonlu farklar yöntemi” kullanılarak “MATLAB” tabanında geliştirilen bir bilgisayar programında yapılmıştır. Yalıtım kalınlığı olarak 6cm kalınlık, duvar ısıl kütlesi olarak 20cm tuğla duvar ve beton blok, yalıtım malzemesi olarak da mantar ve camyünü levha kullanılmıştır. Ayrıca yalıtım kalınlığı 10cm ve 20 cm olarak arttırılarak da yalıtım kalınlığının duvar kalınlığına oranı açısından değerlendirme yapılmıştır.

Özel’in tez çalışmada ilk değerlendirme, yalıtımın tek parça yalıtım olarak konumlandırıldığı durumlar açısından kendi içerisinde karşılaştırılmış ve en iyi durumun yalıtımın dışta konumlanması, en kötü durumun ise içte konumlanması olduğu ortaya koyulmuştur. İki parça yalıtım kullanılması durumda en iyi konum 2 parçanın yarısı dışta yarısı ortada olduğu konumdur. Üç parça yalıtım kullanıldığı durumda en iyi durumun yalıtımın eşit kalınlıklarda kullanıldığı içte, ortada ve dışta konumlandığı durum olarak analiz edilmiştir. Bu tez çalışması sonunda tüm konumlanma durumları birlikte değerlendirildiğinde duvar içerisindeki yalıtım tabakalarının üç eşit parça halinde duvarın dış, iç ve orta yüzeylerinde yerleştirilmesi durumunda yaz ve kış şartları için iç ortamın sıcaklık dalgalanmalarını çok az etkilediği ve ısıl atalet açısından en ideal durum olduğu tespit edilmiştir. İkinci olarak iyi durumun ise birbirine eşit iki parça yalıtımın yarısı dışta yarısı ortada yerleştirilmesi halinde elde edilmiştir. En kötü durumlar ise yalıtımın bir bütün olarak içte ve ortada kullanılması durumunda elde edilmektedir. Üç parça yalıtım uygulandığında, neredeyse sabit iç duvar sıcaklığının elde edildiği görülmektedir. Bu durum da iç ortamın neredeyse dış sıcaklık dalgalanmalarından etkilenmediği, yani konforlu iç ortam sıcaklığının elde edildiği sonucu ortaya koyulmuştur. Termal kütle ve yalıtım malzemesinin farklı özelliklerde olması ve duvarların farklı yönlere bakması durumlarında da yalıtımın konumunun değişmediği öngörülmektedir. Maksimum yük seviyesi açısından değerlendirmede de aynı sonuçlar elde edilmiştir. Özel’in doktora çalışmasında nem ile ilgili değerlendirme yapılmamıştır. Buradaki optimum durumun nem açısından değerlendirilmesi bu doktora tezi çalışmasında yapılmıştır. Özel’in tezi kapsamında, hem yaz hem kış şartlarında bir binanın opak ve saydam yapı elemanlarından kazanılan ve kaybedilen ısı yüklerini optimum düzeyde tutabilmek amacıyla yapı elemanının faz kayması ve sönüm oranı gibi önemli parametrelerinin değişimi araştırılmıştır.

Drchalova ve Cerny (2003), yapı malzemelerinin nem yayılımının değerlendirilmesi için basit bir yaklaşık metot sunmuşlardır. Metot izotropik olmayan malzemeler için nem yayılımını tanımlayabilmede kullanılabilir. Metodun pratik uygulaması için, Dekalux and Dekalit P olarak Çekoslavakya da üretilen iki fiber içeren metal plaka yapı malzemeleri kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar göstermektedir ki, hafif olan dekalit p için, plaka içinde ve boyunca iki basit oryantasyon için k nem geçişlerindeki büyüklük farkının düzeni gözlemlenmiştir. Metot, demir çubuk örneklerine uygulaması ile test edilmiş ve iki genel kullanımlı metot ile karşılaştırma yapılmıştır.

Cammalleri ve Lyon (2003) çalışmalarında yapılarda su ve nem ile ortaya çıkan hasarlara değinilmiş. Bu hasarları engellemek, iç hava kalitesini düzenlemek ve yapı dayanımını arttırmak amacı ile yapı kabuğunda geliştirilecek bir havalandırma sisteminden söz edilmektedir.

Mukhopadhyaya vd., (2003), makalesinde hidrotermal modellemeden ve dört farklı kaplama sistemi ile duvarlar üzerindeki çalışmanın sonuçlarını açıklamaktadır. Burada; dış kaplama, dış yalıtımlı bitiş sistemleri (EIFS), duvar ve cephe giydirme sistemleri anlatılmaktadır. Bu duvarlar çeşitli Amerika iklimlerine maruz bırakılmışlardır. Hidrotermal cevapları, sıcaklık ve bağıl nemden türetilmiş olan RHT işareti denilen, yeni geliştirilen bir alıcı ile değerlendirilmiştir. Bu makalede sunulan sonuçlar ve tartışmalar açıkça dış duvar sistemlerinin entegre edilmiş dizayn metodolojisinin kullanışlılığını ve ihtiyacını göstermekte ve farklı tasarım fikirlerinin uygulanmasına olanak tanımaktadır.

West ve Holmes (2005), beton döşemelerin bitiş elamanları ile kaplanmasından önce kuruma periyodunun sürecinin tahmin edilmesini anlatmaktadır. Döşeme kalınlığına göre geçirimsiz kaplamanın uygulanmasından önceki ve sonraki zaman dilimini belirtmektedir. Kullanılmakta olan standartta belirtilen, su geçirmez döşeme kaplaması, kurumuş yüzey hidrometre testi kullanılarak zemin %75 bağıl nemliliğe erişmeden uygulanmamalıdır. Doğal ve kuvvetlendirilmiş kuruma ortamında kuruyan beton döşemelerdeki testler göstermiştir ki, döşeme kaplaması uygulandığında betonun

derinlerindeki nem oranında büyük değişiklik vardır. Döşeme kaplaması döşeme yüzeyine uygulandığında, bu nem kalıntısı döşeme derininde eşitlenir ve uzun zaman boyunca yüzeyde su buharı basıncı üretir ki bu da kaplamalara zarar vererek ciddi tamir işlerine yol açar. Bu makale sonlu eleman modelini kullanarak kuruma boyunca nem içeriğinin değişmesini öngörür. Model döşeme kalınlığını, w/c oranını, ortam koşullarını, sınır koşullarını hesaplar. Lineer olmayan yayılım katsayısını ve buharlaşma oranlarını kullanır.

Künzel vd., (2005), çalışmalarında yapı kabuğunun hidrotermal davranışları yapının tüm performansını nasıl etkilediği anlatılmaktadır. Enerji hesaplamaları için tüm yapı simülasyon aletleri ve yapı kabuğunun ısı ve nem transferinin simülasyonu için sayısız yöntemler vardır. Bunun yanında, pratik uygulamalar için her iki modelin çalışan kombinasyonu geliştirilmiştir. Bu makalede birleştirilmiş model olarak, hesaba katılan nem kaynakları içinde mevcut olan ve iç ortamda yerleşen, kapiler hareketle kabuktan içeri giren, difüzyon ve su buharı emilimi ve iç ve dış iklim koşullarına cevap veren nem yayılımı tanımlanmıştır. Yeni model saha serileri ile sunularak onaylanmıştır ve yapı kabuğunun nem bariyeri kapasitesi araştırılmıştır. Sonuçta hidrotermal yapı performans modelinin gelecek uygulamalarının mümkün alanı adreslenmiş ve daha ileri araştırmalar için ihtiyaçlar tanımlandırılmıştır. Hesaplama modeli olarak WUFI programı kullanılmıştır.

Qin vd., (2006), gözenekli yapı malzemelerinde ısı ve nem geçişini hesaplamak için çift yönlü analitik bir model önermektedirler. Bu model ile malzeme boyunca sıcaklık değişimleri ve nem içerikleri çözümlerden elde edilebilmektedir. Denklemler, Darcy yasası, Fick Kanunu ve Fourier Kanunu ile açıklanmıştır. Transfer fonksiyonu yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürdeki diğer analitik ve deneysel yöntemlerle karşılaştırıldığında, doğru fakat daha karmaşıktır.

Davidovic vd. (2006), havalandırmalı (Vinyl Siding) duvar sistemlerinde kuruma oranlarının önceden tahmin edilebileceği bir eşitlik geliştirmişlerdir. Bu eşitliği onaylayan Pensilvanya Eyalet Üniversitesi'nde Bina Çevre Laboratuarında yapılan deneylerle desteklenmiştir.

Erbil ve Akıncıtürk (2006), konutlarda iç mekan yaşam kalitesinin ve iklimsel konfor koşullarının istenen düzeye ulaştırılması amacıyla Bursa'da tünel kalıp sistemi ile üretilen bir toplu konut örneği ele alınarak, incelenmiştir. Kullanıcılarla yapılan anketlerin ve termal kamera çekimlerinin TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Standardı'nda belirtilen hesaplama yöntemiyle birlikte değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuç bölümünde, dıştan ısı yalıtımı uygulaması yapılarak, yapı kabuğunda meydana gelen olası yoğuşma problemlerinin önüne geçilmesi ve yapının ömrünün arttırılması önerilmektedir.

Leivo ve Rantala (2006), sabit durum şartlarında, toprağa oturan döşemelerde, kapiler su emme olayının hariç tutularak, sadece su buharı difüzyonunun tek işlem olarak varsayıldığı nem davranışını incelemişlerdir. Yalıtımsız durum ve iki farklı yalıtım malzemesi kullanılarak döşeme altı yalıtımlı durum incelenmiştir. Yalıtım malzemesi olarak buhar difüzyon dirençleri farklı değerler alan EPS ve Mineral yünü kullanılmıştır. İç havanın bağıl nem farklılığına ve toprakaltı sıcaklığının değişimine göre bağıl nem farkları grafiklerle ifade edilmiştir.

Nussbaumer vd., (2006) kuru bir betonarme duvarın(4 yıllık) 18 cm kalınlıkta, yedi farklı şekilde simule edilerek deneysel ve sayısal değerlendirilmesi yapılmıştır. Her bir örnekte, vakumlu yalıtım paneli içeren altı adet genleştirilmiş polistren levha ile yalıtılmıştır. Bu çalışmanın amacı yapı inşasında duvarlara uygulanan vakum yalıtımlı panellerin termal performansını tanımlamaktır. Konvansiyonel yalıtımla ve zarar veren sistemlerle ilgili karşılaştırmalar yapılmıştır. Vakum yalıtım panellerinin gaz ve nem geçişine karşı metalik laminat bariyer olarak kapanmasından dolayı, kesin etkilere karşı özel önlem alınmıştır. Ölçülen verinin fonksiyonel sunumu, kararlı hal koşullarında, sunulmuştur. Bunun ötesinde infrared termografi yüzeydeki üç boyutlu hesaplanan sıcaklık dağılımın doğrulanması için kullanılmıştır. Yeni araştırmalar uluslar arası enerji ajansının ' yapıların ve yapı sistemlerindeki yüksek performaslı termal yalıtımı' araştırma programının bir parçasıdır.

Hens (2006), makalesinde, harç ile bağlanan kompozit levhaların su buharı geçiş dayanımının ölçülmesi için, glasier mantığını temel alan bir test metodu sunmaktadır. Veri ve sonuçlardan, harçlı bağlayıcılar, saf maddeye karıştırılan kompozit tabakanın hava iletimini yükseltir ve su buharı geçişini düşürür. Isıl olarak yalıtılmış bina parçalarında dış bitiş elemanlarında kompozit tabakalar kullanılması, boşluklu duvarlarda ve ziftli çatılarda kullanıldığı gibi, çatlak kondansasyon riskini azalttığı ve rüzgar etkisiyle ıslanan kaplamanın kurumasını hızlandırdığı öngörülmektedir.

Tepe (2006), tez kapsamında ortamın bağıl neminin betonun fiziksel özelliklerine olan etkileri ortaya çıkarılmış ve olumsuzluklara karşı çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Ayrıca betonun hizmet ömrü boyunca karşılaşacağı nem, rutubet ve diğer dış etkilere karşı nasıl korunacağına planlama aşamasında karar verilebilmesi sağlanacaktır.

Yılmaz (2006), tez çalışmasında, betonarme yapılarda kolon ve kiriş bölgelerinde meydana gelen ısı kayıplarına sebep olan ısı köprülerinin nasıl oluştuğunu, ısının nasıl iletildiğini ve hangi tedbirler alınarak bu kayıpların önlenebileceği üzerinde durulmuştur. Bu sayede binanın ısı kayıplarının azaltılması, enerji tasarrufunun sağlanması, ısıl konforun yakalanması, yapıda meydana gelen yoğuşmanın önlenmesi, binanın ömrünün uzatılması, hava kirliliğinin azaltılması gibi birçok kazanç sağlanabildiği belirtilmiş, ayrıca örnek bir bina projesi üzerinde dış duvarlarda ve kolon-kiriş (donatılı beton) bölgelerinde oluşan ısı kayıpları TS 825'e göre hesaplanmıştır.

Yücedağ (2006), tez çalışmasında Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Sistemi, literatür araştırmaları ile beraber incelenmiş ve Türkiye iklim koşulları üzerinde uygulanabilirliği TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Yönetmeliği'ne göre "konut ölçeğinde" incelenmiştir. Bursa İli'nde seçilen örnek konut üzerinde TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Yönetmeliği'ne göre enerji ihtiyacı, ısı kaybı, yoğuşma ve buharlaşma grafikleri ile beraber irdelenmiştir. Türkiye'nin dört gün bölgesinde ayrı ayrı hesaplamalar yapılmış ve birbirleri ile tablolar ve grafikler halinde karşılaştırılmıştır. Yapılan hesaplamalar Yalıtımlı Beton Sandviç Panel Sistemi'nin

Türkiye iklim koşullarında "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Yönetmeliği'ne uygun olduğunu, bununla birlikte yoğuşma problemlerine karşı tedbirler alınması gerektiğini ortaya koymuştur.

Janssen vd. (2007), atmosferik şartlar altında yapı bileşenlerinde ısı ve nem transferinin simulasyonu için enerji ve kütle koruma modelini amaçlamışlardır. Bu çalışma Glasier metodu tabanlı, yapı bileşiklerinin hidrotermal davranışının değerlendirilmesi için bir araçtır. Genellikle nemin, kapiler basınç altında transfer edildiği kabul edilmektedir. Kapiler emicilik sıvı ve gaz halinde farklı basınçlar altında tanımlanmaktadır. Çalışma kapsamında yapı bileşenlerindeki nem transferinin sayısal etkileri incelenmiştir.

Karoglou vd., (2007), çalışmalarında yapılardaki tek boyutlu nem transferi için bir simülatör geliştirmişlerdir. Bu simülatör Excel platformunda çevre dostu olarak geliştirilmiş ve dört üniteyi kapsamaktadır: a.işlem modeli, b. Problem çözüm algoritması, c. Veritabanı ve d. Grafik arayüzü. Sunulan simülatör, yapı bozulma açılımı, uygun koruma stratejisinin seçimi, sıva seçimi(malzeme, ölçü, yer değiştirme zamanı). Çalışmada nem ile ilgili hesaplamalar yapan birçok bilgisayar programı analiz edilmiştir. Bu çalışmada hazırlanan model özellikle restorasyon uygulamalarından önce problem tespiti ve alternatif restorasyon malzemeleri arasında karşılaştırma imkanı sağlaması amaçlanmıştır.

Vydra (2007), ladin ağacından yapılmış bir iskelet strüktürde oluşan ısı köprülerinin 3 boyutlu nem dengesinin hesaplandığı bir çalışmadır. Yoğuşma ve kapiler emme yoluyla oluşan nem içeriği üzerinde standartlarla karşılaştırılmıştır. Glasier metodunu temel alan bir çalışmadır.

Teasdale vd. (2007), ahşap çerçeveli duvar kurulumunun yağmur sızıntısı ve rüzgar simulasyonu ile deneysel ve sayısal sonuçlarını karşılaştırmışlardır.

Ochs vd. (2008), bu çalışmada, gözenekli yalıtım malzemelerinin nemli haldeki, ısı iletkenlikleri araştırılmıştır. Wufi programı ile hesaplamalar yapılmış, su buharı miktarı hesaplanırken kapiler su emme göz ardı edilmiştir.

Woloszyn ve Rode (2008), IEA ECBCS Annex 41 işbirliği ile yapılmış bir çalışmadır. İç ortam nemi, binaların enerji tüketimini ve hava kalitesini etkileyen önemli bir faktördür. Malzemelerdeki, su emme, olası kondensasyon, hava değişimi, ve nem kaynağı gibi bazı faktörlere bağlı olarak iç ortam nemliliği modellenmiştir.

D'Orazio, vd. (2009), bu çalışmada, konutlarda duvarların iç yüzeyinde sıva ve bitiş malzemelerinde oluşan mantar ve küfler incelenmiştir. Yapılan hesaplamalarda iç ortamda ve duvar iç yüzeyinde bağıl nem oranları bulunmuştur. Hesaplamalar, laboratuar ortamında sıva örneklerinden alınan numuneler ile deneysel olarak da desteklenmiştir. Genel araştırma kapsamında, pencere bileşenleri ve duvarların, Avrupa standartlarına bağlı olarak, iç ortam ve hava kalitesine etkileri incelenmiştir.

Kwiatkowski vd. (2009), farklı parametreler altında duvarlar ve çatıların yoğuşma risklerini, yağmur suyu etkilerini veya ısı nem performanslarını hesaplamak amacıyla wufi programı kullanılmıştır. Çok tabakalı bina bileşenleri için, gerçek iklim verileri kullanılarak hesaplar yapılmaktadır.

Yukarıda yapılan mevcut çalışmalar incelendiğinde, yapılarda ısı kazanç ve kayıplarına yönelik pek çok çalışma yapıldığı görülmektedir. Ancak, özellikle ülkemizde yapılan çalışmaların pek çoğunda su buharı hareketi açısından değerlendirmeler göz ardı edilmektedir. Yapı kabuğunu oluşturan malzemelerin yapı kabuğu içerisindeki sıralaması ısı geçirgenlik direnci açısından bir değişkenlik oluşturmazken, nem geçişi açısından çok önemli bir faktördür. Uluslar arası yapılan çalışmalarda ise farklı hesap yöntem ve modellerin ortaya konulması yanında, yapı kabuğunda farklı malzemelerin özellikle kuruma performansları üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Ayrıca yapı malzemelerinin su emme ve depolama özellikleri ile ilgili deneysel çalışmalar ve nem sonucu ortaya çıkan küf vb. olumsuzlukların konfor koşullarına etkilerini inceleyen çalışmalar izlenmiştir.

Ulusal çalışmalardan bu doktora tez çalışmasına veri sağlayan iki önemli doktora tezi bulunmaktadır. Daha önce belirtildiği gibi Altun (1997) doktora tez çalışmasında buhar difüzyonunun etkisi ile ilgili detaylı bir çalışma yapmış ve yeni bir hesap modeli geliştirmiştir. Ancak örnekleme çalışmasında yalıtım kalınlığı, yalıtım malzemesi ve duvar malzemesi sabit kabul edilmiştir. Ayrıca duvar seçeneği olarak yalıtımın tek parça halindeki üç farklı konumu incelenmiştir. Bu doktora çalışmasında Altun'un tezinden farklı olarak, hem yalıtımın yapı kabuğu içerisindeki konumu farklı seçeneklerle incelenmiş, hem yalıtım malzemesi değişimi, hem de yalıtım kalınlığının değişimi incelenmiştir. Ayrıca deneysel çalışma ile karşılaştırılmıştır.

Bu doktora çalışmasında yalıtımın yapı kabuğu içerisindeki konumları belirlenirken Özel'in doktora tezinde incelediği seçeneklere yakın bir inceleme nem açısından incelenmiştir. Yapı kabuğu seçenekleri yalıtımın tek parça, iki parça ve üç parça halinde kullanılması açısından benzerlik göstermektedir. Fakat kullanılan hesap yöntemi ve program farklılık gösterirken aynı zamanda Türkiye'deki tüm iklim bölgeleri için hesaplamalar yapılmış ve yalıtım malzemesi değişimine ve kalınlığına göre de değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca bu incelemede deneysel çalışmada kullanılmıştır.

Bu doktora çalışmasında diğer çalışmalardan farklı olarak;

- Ülkemiz iklim koşullarındaki tüm iklim bölgeleri için gerçek iklim verileri kullanılarak değerlendirme yapılmıştır.
- Kullanılan hesap yöntemi periyodik rejimde hesap yapan bir yöntemdir. Gerçek koşullara yakın sonuçlar elde edilmekte ve Science Citation Index'te yayınlanan birçok bilimsel araştırmada kanıtlanmakta ve kabul görmektedir. Ayrıca bu tez kapsamında yapılan deney çalışmasında da elde edilen sonuçlar, hesap sonuçları ile yakın ve paralel grafikler ortaya koymuştur.
- Yalıtımın yapı kabuğu içerisindeki diğer çalışmalardan farklı konumları nem geçişi açısından incelenmiştir. Yalıtım malzemesinin tek parça, iki ve üç parça

halinde yapı kabuğunun farklı bölgelerinde konumlanması ve bu konumların her iklim bölgesinde, birbirlerine göre durumları değerlendirilmiştir.

- Yalıtım malzemesi olarak üç farklı malzeme kullanılarak, malzeme farklılığı değişimi ortaya koyulmuştur.
- Ayrıca yalıtım kalınlığı değişimi de incelenmiştir.

Yukarıda sıralanan özellikleri ile diğer çalışmalardan farklılık gösteren bu çalışma, ülkemiz koşullarında tüm iklim bölgelerinde betonarme yapı kabuğu seçeneklerinin birbirlerine göre olumlu ve olumsuz durumlarının karşılaştırılabileceği bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada yapı elemanının betonarme düşey yapı kabuğu analiz edilmiştir. Ancak binaların ısı ve nem ile ilgili performansı, düşey bileşenlerin yanı sıra, yatay bileşenler, saydam bileşenler, bina hacmi, kullanım biçimi, pasif ve aktif enerji sistemlerine bağlı olarak değerlendirilmektedir. Bu tez çalışması ile bu tür çalışmalara kaynak olacak veri sağlanacaktır.

BÖLÜM 3. SAYISAL VE DENEYSEL YÖNTEM

Bu bölümde, tez kapsamında amaçlanan, ısı ve nem denetimi açısından en uygun betonarme düşey yapı kabuğu sıralanışını ortaya koyabilmek için ülkemiz iklim koşullarında belirlenen illerin meteorolojik verileri kullanılarak, sayısal ve deneysel olarak örneklemeler yapılmıştır. Yapı kabuğu kesitleri, yalıtımın betonarme duvar içerisindeki farklı konumları ve yalıtımsız durum dahil olmak üzere 8 farklı konum olarak belirlenmiştir. Yalıtım kalınlığı iki parça ve üç parçaya bölünebilmesi açısından toplam 6 cm olarak belirlenmiş ve tüm sistemlerde 6 cm, 3cm ve 2 cm tabakalar halinde kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucu grafikler oluşturulmuş ve sistemlerin karşılaştırması yapılmıştır.

Ayrıca hesaplama metodu ile karşılaştırabilmek amacıyla bazı yapı kabuğu kesitlerinin modelleri oluşturularak deneysel ölçümleri yapılmıştır. Hesap sonuçları ve deneysel sonuçlar grafiklerle gösterilmiştir.

3.1. Sayısal Yöntem

Binalarda nem ile ilgili yapı fiziği sorunlarının özellikle, güneş ışınımı etkisinin daha az olması sebebiyle, kuzey yönüne bakan duvarlarda ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu nedenle yapılan sayısal çalışmada duvar yönü olarak kuzey yönü seçilmiştir. Ayrıca duvarların yatayla yaptığı açı 90^{o} olarak kabul edilmiştir. Duvar malzemesi olarak, nem problemleri ile sıkça karşılaştığımız bir malzeme olması nedeniyle, betonarme malzeme kullanılmıştır.

3.1.1. Sayısal Yöntemin Tanıtılması

Çok tabakalı yapı bileşenlerinde higrotermal davranışları önceden bildiren modeller, yapı uygulayıcıları ve araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Hesaplama modelinin seçimi; doğru belirlenen başlangıç şartlarıyla, sınır koşullarına, malzeme özelliklerine, ölçme sonuçlarına ve güvenilir deneysel araştırmalara gereksinim duymaktadır (Lucas, 2002, Rode, 1995).

Son yıllarda, bina bileşenlerinin ısı ve nem geçişinin sayısal simülasyon modellerinin uygulanması da artmaktadır. Fakat yapılan çalışmaların bir kısmı teorik düzeyde, sabit rejim şartlarında yürütülmektedir. Bunun yanı sıra değişken rejim hesaplama yöntemlerinin, malzeme özelliklerinin ve zaman faktörünün de göz önünde bulundurulmasıyla, oldukça karmaşık metotlar olarak karşımıza çıktığını görmekteyiz. Gerek sabit rejim, gerek değişken rejim şartlarında kabuğu oluşturan malzemelerin özellikleri ve iklim elemanlarının günlük ve yıllık değişimleri ile ilgili bazı kabuller yapılmaktadır. Bu kabullerle yeterince duyarlı sonuçlar elde edilememektedir.

Günümüzde, duvar konstrüksiyonlarının ve katmanlarının zamana bağlı ısı, su ve nem akışı 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, su ve nem akışını tek boyutlu olarak hesaplamaktadır (Pehlevan, 2011).

Bu çalışmada son yıllarda bilimsel çalışmalarda nem geçişi açısından en güvenilir metotlardan biri olarak düşünülen WUFİ bilgisayar programı, Künzel analitik metodu kullanılmıştır. Bu metot yardımıyla yapılan hesaplamalar, deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Wufi programı, Hartwig M. Künzel'in doktora tezi kapsamında geliştirilmiş, tek ve çift boyutlu hesaplama modelidir. "CEN EN 15026 Hygrothermal performance of building components and building elements — Assessment of moisture transfer by numerical simulation", standardına göre hesap yapmaktadır. Almanya Çalışma ve Güvenlik Bakanlığı tarafından desteklenmiştir. WUFI®2D-3 çok tabakalı yapı bileşenlerinin hidrotermal davranışlarının hesaplanması amacıyla kullanılan 2 boyutlu ısı ve nem transferi modelidir. Model standart malzeme özelliklerine (nem depolama, geçirgenlik fonksiyonları vb) ihtiyaç duymaktadır. Gerçek iklim şartları altındaki bileşenlerin davranışlarını araştırmak amacıyla, ölçülmüş iklim verilerini kullanır. İlk inşaat nemi ile birlikte, bileşenlerin kuruma zamanını, yoğuşma riski, yağmur etkisi ve farklı parametreler altındaki duvar ve çatıların hidrotermal performansı için kullanılmaktadır (Kwiatkowski, 2009).

Uluslar arası literatür tarandığında, birçok matematiksel yöntem ve hesaplama amacıyla kullanılan bilgisayar programlarından bahsedilmektedir. Özellikle periyodik rejim şartlarında hesaplamalar yapan ve güncel kullanımı olan programlar arasında, yapı sektöründe geniş kullanım alanı olan , *Wufi-Ornl* bilgisayar programıdır. Programın, literatürde birçok makalede kullanımına rastlanmış ve sonuçları incelenmiştir. Amerika, Kanada ve Avrupa'da yaygın kullanımı görülmektedir (Karoglou, 2007, Kwiatkowski, 2009, Woloszyn, M., 2008).

Modelde esas alınan enerji ve kütle eşitlikleri aşağıda sunulmuştur.

Nem Transferi $$\frac{\partial w}{\partial \phi} \cdot \frac{\partial \phi}{\partial t} = \nabla \cdot (D_\phi \nabla \phi + \delta_p \nabla (\phi p_{sat}))$$ (1)

Enerji Transferi $$\frac{\partial H}{\partial T} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) + h_v \nabla \cdot (\delta_p \nabla (\phi p_{sat}))$$ (2)

c = özgül ısı, J/kgK

D_ϕ = sıvı iletim katsayısı, kg/ms

H = toplam ısı, J/m^3

h_V =faz değişiminin sınır ısısı, J/kg

k = ısıl iletkenlik, W/(mK)

p_{sat} =doymuş buhar basıncı, Pa

t =zaman, s

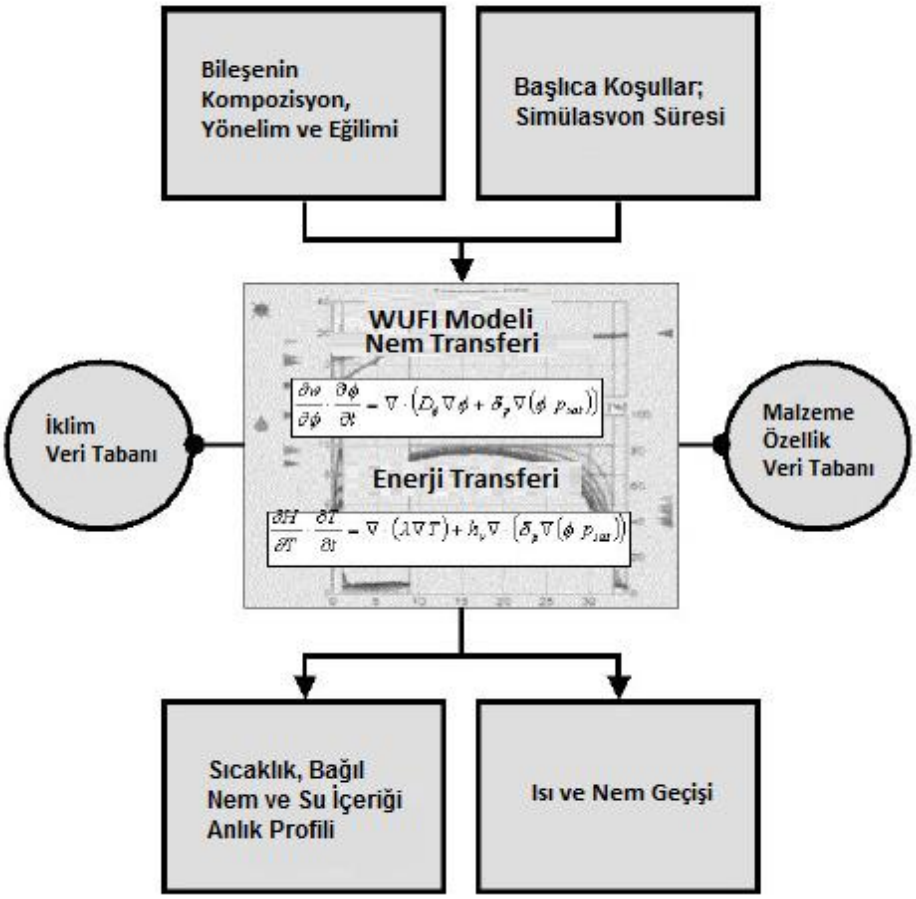
T =sıcaklık, K

W =nem içeriği, kg/m^3

δ_P =buhar geçirgenliği, kg/(msPa)

ϕ =bağıl nem

Her iki eşitlikte sol taraftaki terimler depolama terimlerini, sağ taraftakiler ise ısı ve neme etki eden geçiş terimlerini içermektedir. Birleştirilmiş transfer eşitlikleri, kapalı sonlu hacim şeması tarafından sayısal olarak çözülmektedir. Hesaplama modelinin işleyişi Şekil 3.1'deki akım şemasında gösterilmiştir. Gerekli veri girişi incelenen bina bileşeninin kompozisyonunu, yönelimini ve eğilimini içerir. Malzeme özellikleri ve iklimsel koşullar veritabanından seçilebilmektedir.



Şekil 3.1. WUFİ-ORNL/IBP Akım Şeması

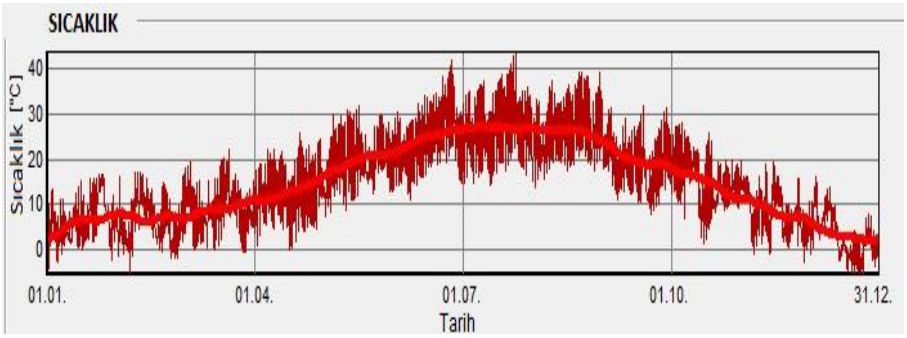
Bu program, Windows tabanında, bina kabuğu bileşenlerinin hidrotermal analizini yapan bir programdır. Hesaplamalarda kullanılan iklim dosyaları, ölçülmüş iklim verilerine bağlı sinüs eğrileridir. Model hidrotermal hesaplamalarda çalışılmış olan, güneş radyasyonu, yağış durumu, rüzgar hızı, bağıl nem ve sıcaklık gibi saatlik iklim verilerine ihtiyaç duyar. Amerika, Japonya, Avrupa'ya ait tüm şehirlerin gerçek zamanlı iklimsel verileri programın veri tabanında mevcuttur. Başka iklim bölgesinde hesaplama yapılması istendiğinde ise .wac uzantılı excel tabanında bir dosya şeklinde, Saatlik Sıcaklık (°C), Saatlik Mahalli Basınç (hPa), Saatlik Nem (%), Saatlik Güneşlenme Şid J/cm²) vb. İklim verileri girdi olarak kaydedilmektedir. Program ısı ve nem geçişini hesaplayarak, kütle ve ısı transferinin bir modelini oluşturmaktadır (Blom, 2008).

Tablo 3.1. Meteorolojik Verilerin Bilgisayar Programına Giriş Dosyası

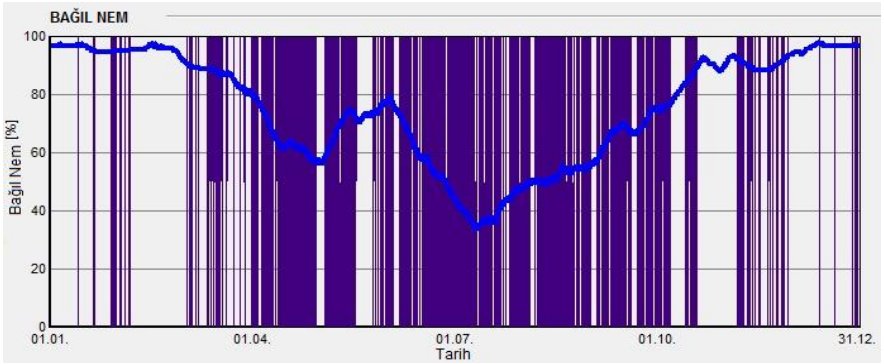
Location: Location
Description: Description
Longitude [°]: Altitude [m]:
Latitude [°]: Time Zone [h]:
Example.wac
Export to .WAC file
Ver.: 1.2

Year	Month	Day	Hour	cumul. Hour	Temperature [°C] Air Temperature	Air Humidity Rel. Humidity [0..1]	Radiation [W/m²]	Air Pressure [hPa]	Rain [Ltr/m²h]	Wind Direction [°]	Wind Speed [m/s]	Cloud Index [-]
1	1	1	1	1								
1	1	1	2	2								
1	1	1	3	3								
1	1	1	4	4								
1	1	1	5	5								
1	1	1	6	6								
1	1	1	7	7								
1	1	1	8	8								
1	1	1	9	9								
1	1	1	10	10								
1	1	1	11	11								
1	1	1	12	12								
1	1	1	13	13								
1	1	1	14	14								
1	1	1	15	15								
1	1	1	16	16								
1	1	1	17	17								
1	1	1	18	18								
1	1	1	19	19								
1	1	1	20	20								
1	1	1	21	21								
1	1	1	22	22								
1	1	1	23	23								
1	1	1	24	24								
1	1	2	1	25								
1	1	2	2	26								

WAC KLI



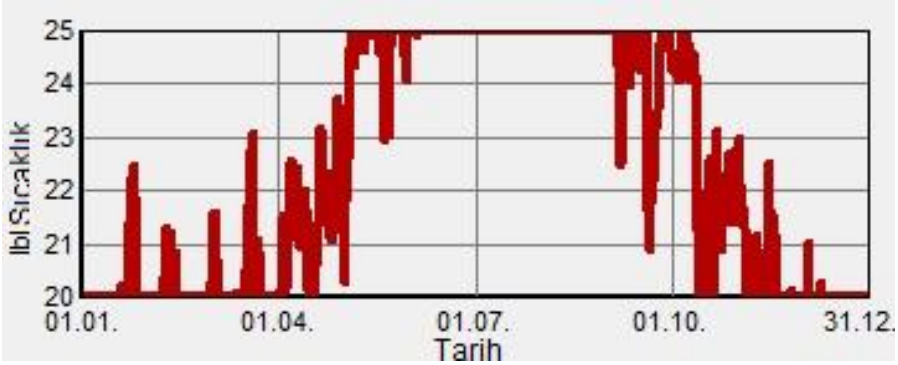
Şekil 3.2. Örnek İl (Edirne) Dış Sıcaklık Değerlerine Ait Yıllık Değişimler



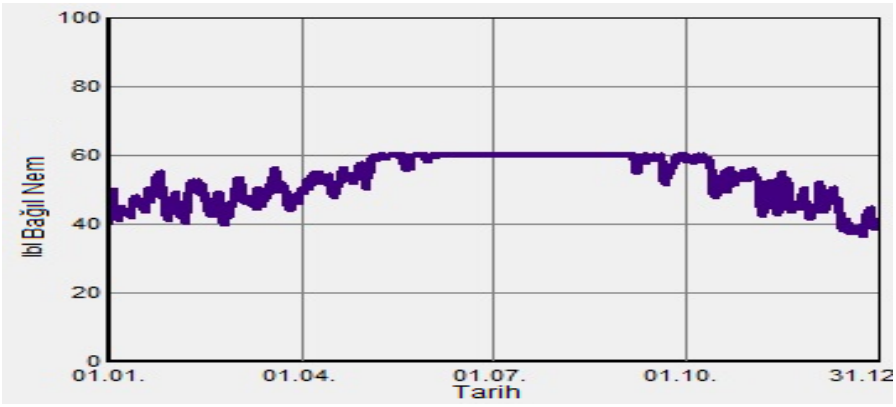
Şekil 3.3. Örnek İl (Edirne) Dış Ortam Bağıl Nem Değerlerine Ait Yıllık Değişimler

İç ortama ait veriler EN 13788, EN 15026 ve ASHRAE 160P standartları kullanılarak, seçilmektedir. Seçilen standartta binanın fonksiyonuna göre iç ortam

nemlilik düzeyi seçilmektedir. Belirlenen nem düzeyine göre konfor açısından yıl boyunca sağlanması gereken sıcaklık ve nem değerleri program tarafından oluşturulmaktadır.



Şekil 3.4. Edirne İli Yıllık İç Ortam Sıcaklık Grafiği (EN 15026'ya Göre)



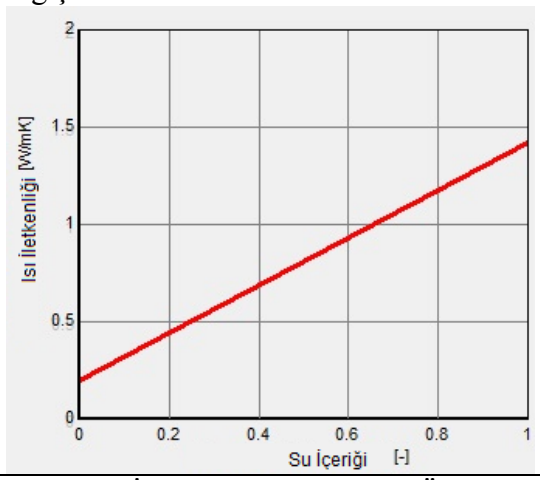
Şekil 3.5. Edirne İli yıllık iç ortam bağıl nem grafiği (EN 15026'ya göre)

Simülasyon sonuçlarının doğruluğu çoğunlukla malzeme özelliklerinin elde edilebilirliğine bağlıdır. Güvenilir malzeme özelliklerinin eksikliği modern simülasyon modellerinin en önemli sorunlarındandır. Wufi programında, programın bir parçası olan malzeme veritabanı, Kuzey Amerika da sıkça kullanılan malzeme özellik veritabanı (ASHARE 2000) yer almaktadır. Her malzeme için ihtiyaç duyulan minimum parametreler, ısı kapasitesi, ısı iletim katsayısı, yoğunluğu, porozitesi, buhar difüzyon direnç faktörüdür. Eğer higroskopik emicilik ve kapilarite dikkate alınacaksa nem depolama eğrisi ve sıvı iletimi de eklenmelidir (Karagiozis, 2001).

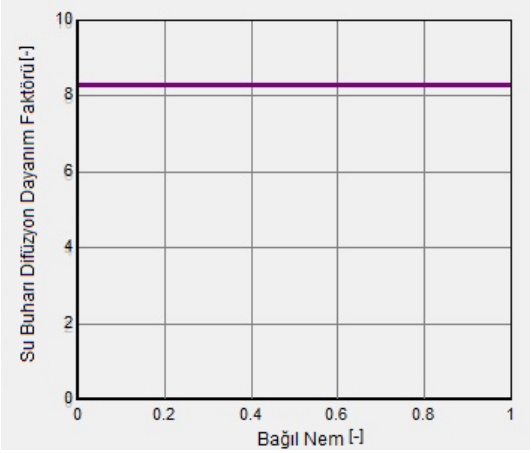
Tablo 3.2. Hesaplamalarda Kullanılan Yapı Malzemelerinin Fiziksel Özellikleri (Wufi)

	Yoğunluk γ (kg/m^3)	Porozite (m^3/m^3)	Özgül Isı Kapasitesi C (J/kgK)	Isı İletkenlik Katsayısı λ (W/mK)	Su buharı Difüzyon Direnç Faktörü μ (-)
Alçı Sıva	850	0,65	850	0,2	8,3
Betonarme C12-15	2200	0,18	850	1,6	92
EPS density=30 kg/m^3	30	0,95	1500	0,04	50
XPS	40	0,95	1500	0,03	100
MW	60	0,95	850	0,04	1,3
Çimento-kireç Sıva	1310	0,36	850	0,87	8

Su içeriğine göre ısı iletkenliğinin değişimi

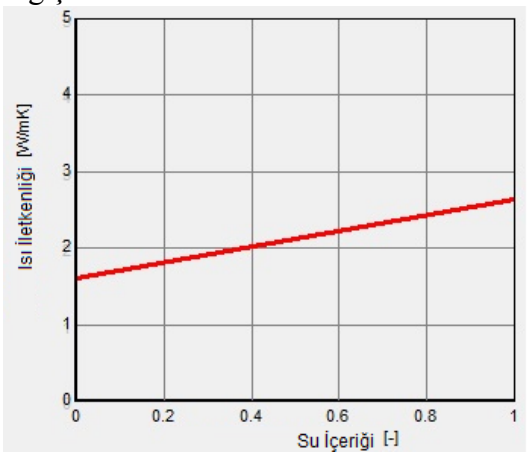


Bağıl neme göre μ değeri değişimi

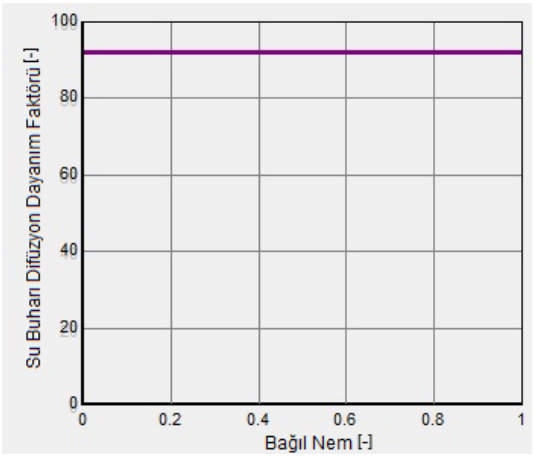


Şekil 3.6. İç Sıva Malzemesinin Özellikleri

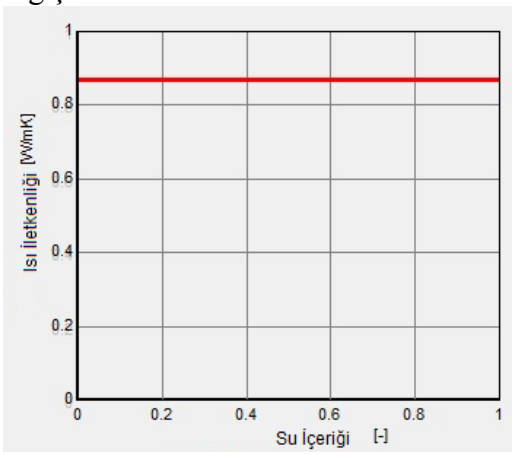
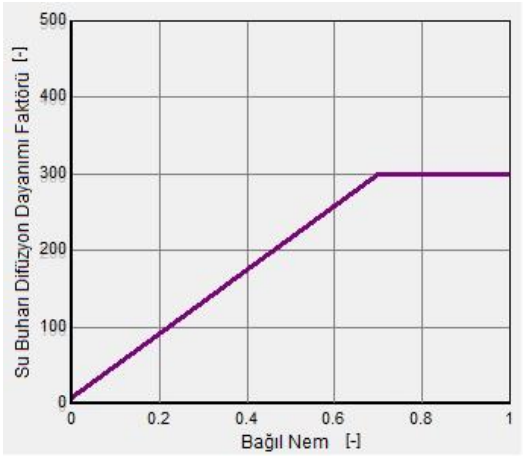
Su içeriğine göre ısı iletkenliğinin değişimi



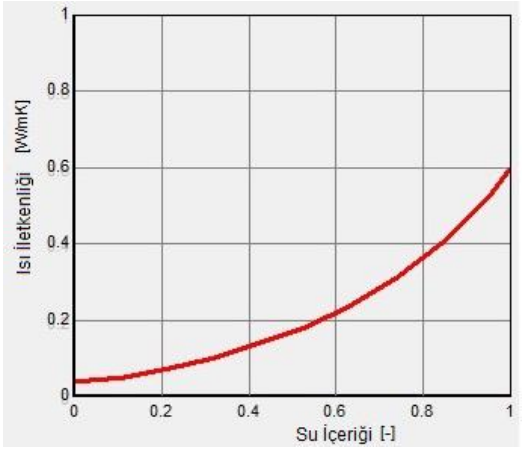
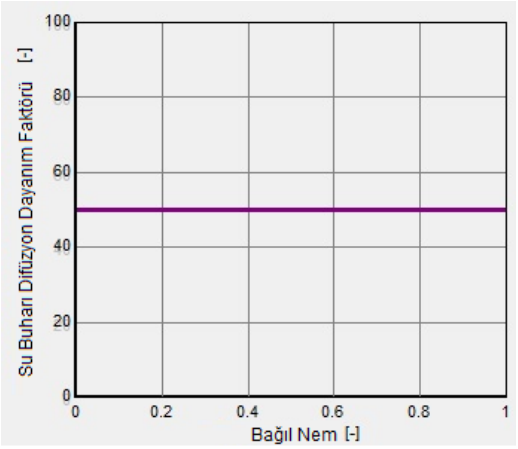
Bağıl neme göre μ değeri değişimi



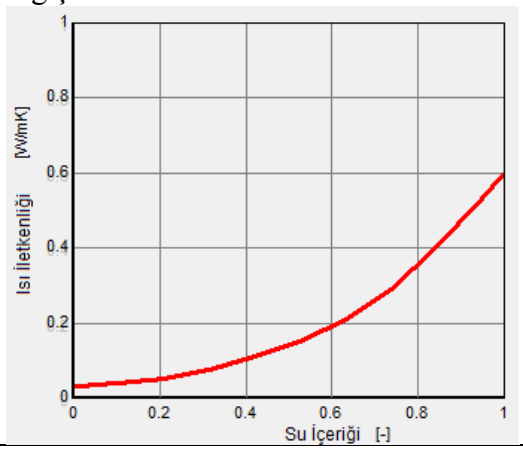
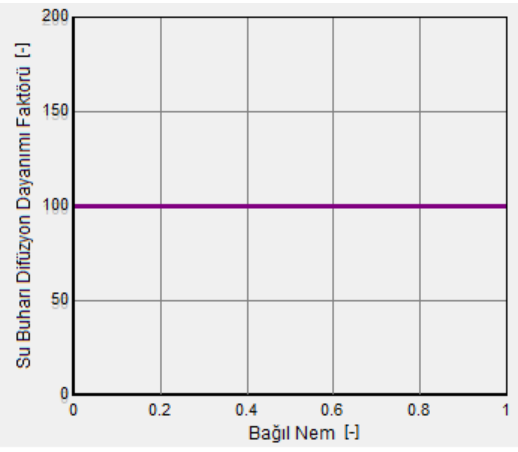
Şekil 3.7. Betonarme Bileşen Malzeme Özellikleri

Su içeriğine göre ısı iletkenliğinin değişimi	Bağıl neme göre μ değeri değişimi
	

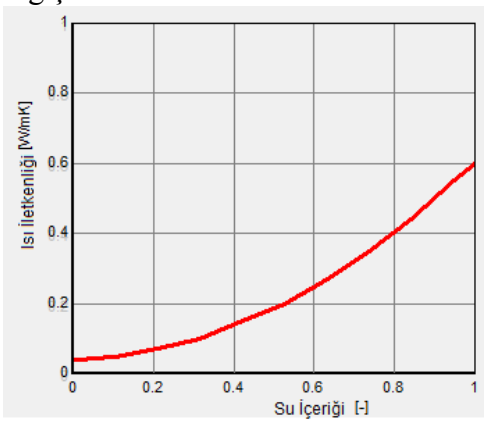
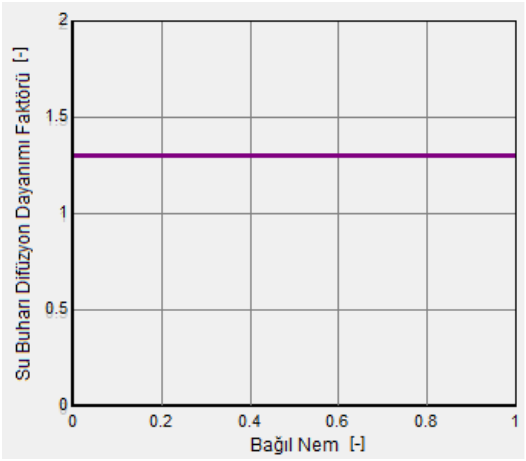
Şekil 3.8. Dış Sıva Malzeme Özellikleri

Su içeriğine göre ısı iletkenliğinin değişimi	Bağıl neme göre μ değeri değişimi
	

Şekil 3.9. EPS (Genleştirilmiş Polistiren Köpük) Malzeme Özellikleri

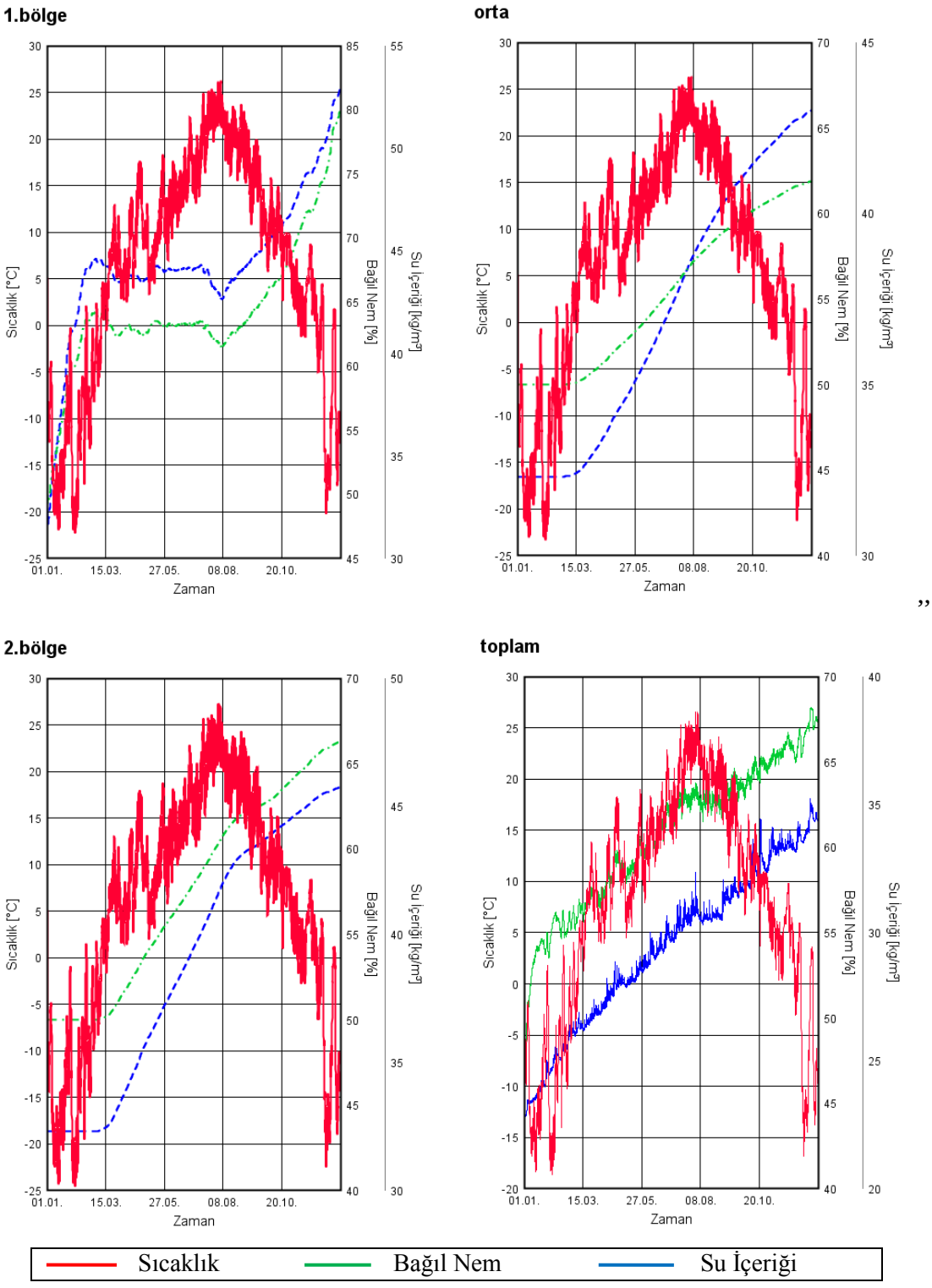
Su içeriğine göre ısı iletkenliğinin değişimi	Bağıl neme göre μ değeri değişimi
	

Şekil 3.10. XPS (Haddeden Çekilmiş Polistiren Köpük) Malzeme Özellikleri

Su içeriğine göre ısı iletkenliğinin değişimi	Bağıl neme göre μ değeri değişimi
	

Şekil 3.11. MW (Mineral Yünü) Malzeme Özellikleri

Programda yapılan hesaplamaların sonuçları hem sayısal hem de grafik anlatımda elde edilebilmektedir. Grafik anlatımda elde edilen sonuçlara örnek olarak Şekil 3.12.'de Soğuk İklim Bölgesi, İçeriden Yalıtımlı Duruma ait grafikler verilmiştir. Çalışmamızda hedeflediğimiz amaç farklı sistemlerin birbiri ile karşılaştırılması olduğundan, çalışma kapsamında sayısal veriler kullanılarak "Excel" ortamında grafikler oluşturulmuştur.



,,

Şekil 3.12. Soğuk İklim Bölgesi, İçeriden Yalıtımlı Duruma Ait Sonuç Grafikleri

3.1.2. İklim Verileri

İklimi oluşturan sıcaklık, yağış, nem, güneşlenme süresi ve şiddeti, basınç, rüzgâr hızı ve yönü, buharlaşma gibi parametrelerden birinin veya bir kaçının farklılaşması, değişik iklim tiplerini oluşturmaktadır. Aynı veya benzer iklimsel özelliklerin görüldüğü alanlar sınırlandırıldığında ortaya farklı iklim kuşakları çıkmaktadır (Tablo 3.3.)

Tablo 3.3. Farklı İklim Sınıflandırmaları (www.meteor.gov.tr)

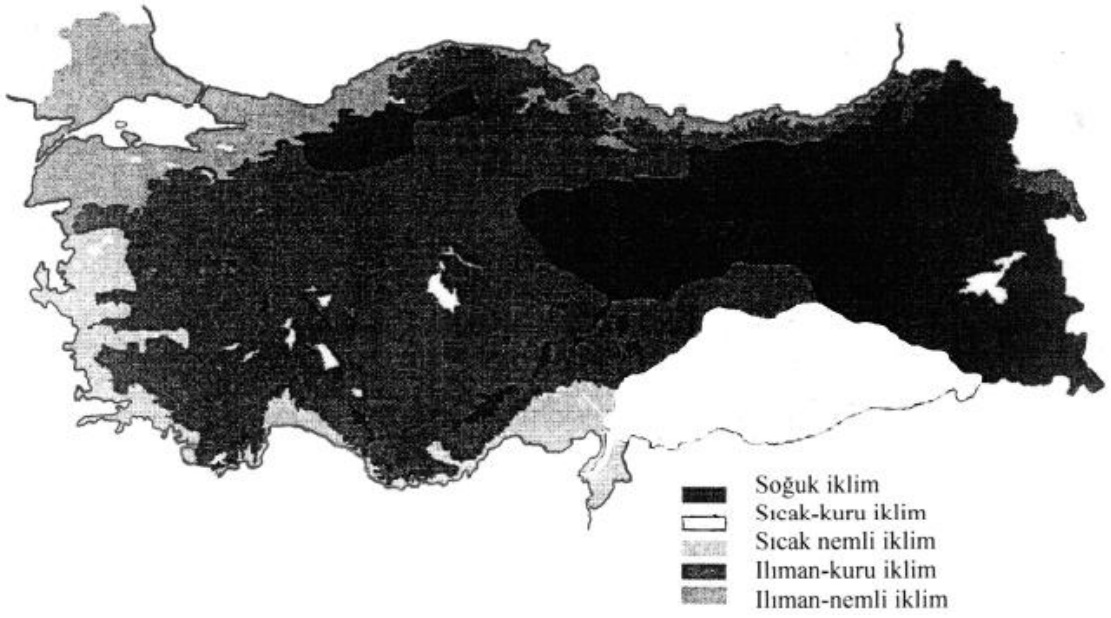
Martonne'un iklim sınıflandırması	Köppen'in iklim sınıflandırması	Supan'ın iklim sınıflandırması
• Sıcak iklimler • Muson iklimler • Çöl iklimleri • **Subtropikal iklimler (Türkiye)** • Orta kuşak iklimler • Soğuk iklimler	• Soğuk iklimler • **Ilıman iklim kuşağı (Türkiye)** • Sıcak-nemli iklim kuşağı • Sıcak-kurak iklim kuşağı	• Sıcak kuşak (yıllık ort. 20^0 C veya üstünde olan alanlar) • **Orta kuşak (yıllık ort. 20-10^0 C arasında olan yerler, Türkiye)** • Soğuk kuşak (en sıcak ort. 10^0 C olan yerler)

Türkiye, Supan'ın iklim sınıflamasına göre "Orta kuşak", Köppen'in iklim sınıflamasına göre "Ilıman", Martonne'nin iklim sınıflamasına göre "Subtropikal kuşak karalarının batı bölümünde gözlenen Akdeniz" makroklima bölgesinde yer almaktadır (Şensoy vd., 2005). Çeşitli çalışmalarda, yükseklik, denize olan uzaklık, dağ sıraları vb. gibi coğrafi yapıya ait özellikler ile yapılı çevre verileri bağlamında Türkiye iklim bölgeleri farklı sınıflamalarda ele alınmıştır. Bunlar;

- Zeren'in (1978, 1987) çalışmalarında; soğuk, ılıman-kuru, ılıman-nemli, sıcak-kuru ve sıcak-nemli olmak üzere 5 bölgeye,
- Ayan'ın (1985) çalışmasında soğuk, ılıman, Akdeniz, sıcak-nemli ve sıcak-kuru olmak üzere 5 bölgeye,

- Karaman'ın (1995) çalışmasında sıcak-nemli, sıcak-kuru, ılıman-nemli, ılıman-kuru ve soğuk olmak üzere 5 bölgeye,
- Gürsel'in (1991) çalışmasında sıcak-nemli, sıcak-kuru, ılıman-nemli, ılıman-kuru ve soğuk olmak üzere 5 bölgeye,
- Göksu'nun (1999) çalışmasında soğuk, ılıman-kuru, ılıman, ılıman-nemli, sıcak nemli, sıcak-kuru ve karışık olmak üzere 7 bölgeye,
- Orhon'un (1988) çalışmasında sıcak-nemli, sıcak-kuru, ılıman-nemli, ılıman-kuru ve soğuk olmak üzere 5 bölgeye,
- Akşit'in (2005) çalışmasında sıcak-nemli, sıcak-kuru, ılıman-nemli, ılıman-kuru ve soğuk olmak üzere 5 iklim bölgesine ayrıldığı görüşmüştür.

Bu tez çalışmasında Zeren (1978, 1987), Orhon (1988), Karaman (1995), Gürsel (1991) ve Akşit (2005) çalışmalarına dayanılarak Türkiye iklim bölgeleri soğuk iklim, ılıman-nemli, ılıman-kuru, sıcak-nemli ve sıcak-kuru iklim olmak üzere beş iklim bölgesi olarak ele alınmıştır. (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Türkiye İklim Bölgeleri Haritası (Koca, 2006)

Soğuk İklim Bölgesi

Uzun ve şiddetli kışların görüldüğü soğuk iklim bölgesinde yılın neredeyse yarısında sıcaklık 0 ºC'nin altındadır. Bölge için en düşük ortalama sıcaklık -20 ºC civarındadır. Yağışlar yaz aylarında yağmur, kış aylarında kar niteliğindedir. Kar yağışları genellikle Ekim'de başlar ve Mayıs ayının ortalarına dek sürer. Buna karşılık yazlar kısa ve serin karakterdedir. Yağmur miktarı az ve bağıl nemlilik düşüktür. Zorlu iklim şartları rüzgâr etkisiyle daha da sertleşmektedir (Göksu, 1999).

Ağrı, Ardahan, Bayburt, Bingöl, Bitlis, Bolu, **Erzurum**, Gümüşhane, Hakkâri, Kastamonu, Kars, Muş, Sivas, Tunceli, Van ve Yozgat illeri soğuk iklim bölgesinde yer almaktadır (Orhon vd, 1988, Akşit, 2005).

Ilıman-Nemli İklim Bölgesi

Yazları ılıman, kışları az soğuk karakterlidir. Şiddetli kışlar ve çok sıcak yazlar görülmemektedir. Genelde yaz ve kış aylarındaki sıcaklık farkının az olduğu, insan konforuna en yakın özellikler gösteren iklimdir. Ancak yükseklik ve deniz kenarında olma durumlarına göre yaz ve kış aylarında, az veya çok sıcaklık farkları oluşabilmektedir. Yağışlar mevsimlere dağılmıştır ve genellikle Ocak, Şubat, Haziran aylarında görülmektedir. En sıcak aylar Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarıdır. Bu iklimin en önemli özelliği yağış miktarının ve nemin yüksek oluşudur (Göksu, 1999).

Amasya, Artvin, Balıkesir, Bartın, Bilecik, Bursa, Çanakkale, Düzce, **Edirne,** Giresun, İstanbul, Karabük, Kırklareli, Kocaeli, Ordu, Rize, Sakarya, Samsun, Sinop, Tekirdağ, Tokat, Trabzon, Yalova ve Zonguldak illeri ılıman-nemli iklim bölgesinde yer almaktadır (Orhon vd, 1988, Akşit, 2005).

Ilıman-Kuru İklim Bölgesi

Ilıman-kuru bölgede gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı çoktur. Ortalama dış sıcaklık +30ºC ila -5 ºC arasında değişmektedir. Bu durum yükseklikten çok, denizin yazın serinletici kışın ılımanlaştırıcı etkisini engelleyen dağların bulunmasına bağlıdır. Yaz geceleri serin karakterli olup, sıcaklık ortalaması 27-37 ºC dir. Kış sıcaklık ortalaması 8-15 ºC arasında değişmektedir (Göksu, 1999).

Afyon, Aksaray, **Ankara**, Burdur, Çankırı, Çorum, Elazığ, Erzincan, Eskişehir, Iğdır, Isparta, Karaman, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Konya, Kütahya, Malatya, Nevşehir, Niğde ve Uşak illeri ılıman-kuru iklim bölgesinde yer almaktadır (Orhon vd, 1988, Akşit, 2005).

Sıcak-Nemli İklim Bölgesi

Sıcak-nemli iklimin en önemli özelliği, yoğun yağış, yüksek nem oranı ve sıcaklıktır. Yaz ve kış aylarındaki sıcaklık farkı azdır. Kış ayları yağışlıdır. Hâkim rüzgâr veya dağ-ova, deniz-kara arasındaki hava akımları istenen özelliklerdedir (Göksu, 1999).

Adana, **Antalya**, Aydın, Denizli, Hatay, İzmir, Manisa, Mersin, Muğla ve Osmaniye illeri sıcak-nemli iklim bölgesi içinde yer almaktadır (Orhon vd, 1988, Akşit,2005).

Sıcak-Kuru İklim Bölgesi

Sıcak-kuru iklim bölgesinde yazlar aşırı sıcak ve kuru karakterdedir. Bölgede yüksek sıcaklık ortalaması 40 ºC civarındadır. Kışlar soğuktur. Yıllık ortalama sıcaklık 16.4 °C ve nispi nem % 53.6 civarındadır. Yaz-kış ışınım oranı ve gece-gündüz sıcaklık farkı yüksektir. Yazları yağışın pek görülmediği bölgede bulutluluk oranı az, nem oranı düşüktür. Yılın bazı zamanlarında kuru ve şiddetli rüzgârlar esmektedir (Göksu, 1999).

Adıyaman, Batman, **Diyarbakır**, Gaziantep, Kahramanmaraş, Kilis, Mardin, Siirt, Şırnak ve Urfa illeri sıcak-kuru iklim bölgesinde yer almaktadır (Orhon vd, 1988, Akşit, 2005).

Bu tez çalışmasında Türkiye iklim bölgelerinden Erzurum (soğuk iklim), Edirne (ılıman-nemli), Ankara (ılıman-kuru), Antalya (sıcak-nemli iklim) ve Diyarbakır (sıcak-kuru) illeri örnek olarak seçilmiştir.

- Bu çalışmada öncelikle betonarme yalıtımsız duvar elemanının hesaplamaları yapılmış ve daha sonra yalıtımın yapı kabuğundaki dış duvar elemanlarında, tek parça, iki parça ve üç parça olarak yerleştiği 7 farklı konum incelenmiştir.

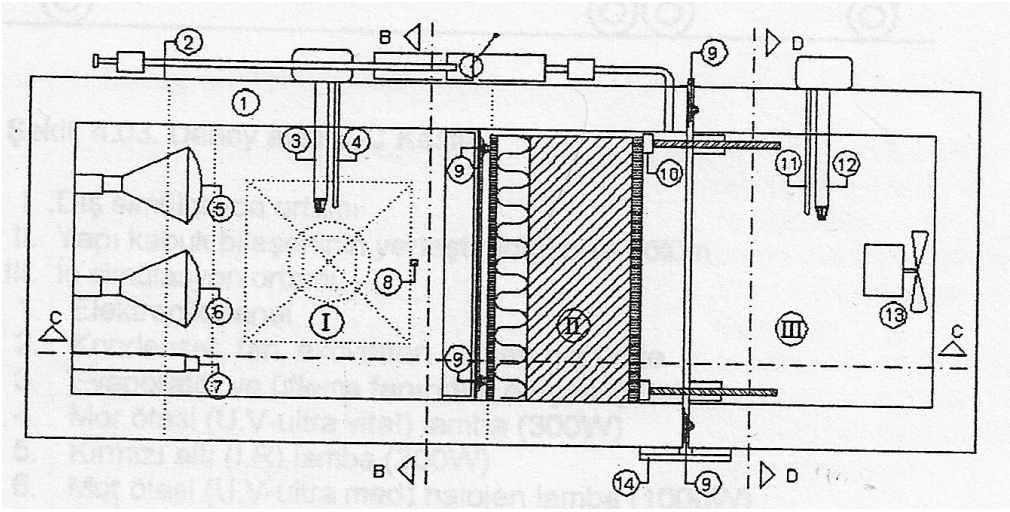
- Her konum 5 iklim bölgesi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca Ilıman Nemli İklim Bölgesi için; yalıtım malzemesi kalınlığı kesit içerisinde toplam 2cm, 4cm ve 6 cm olarak değiştirilerek her konum için yalıtım kalınlığının değişimi hesaplanmıştır.

- Yine Ilıman Nemli İklim Bölgesi için; Yalıtım malzemesi olarak mineral yünü (MW), genleştirilmiş polistren köpük (EPS) ve haddeden çekilmiş polistren köpük (XPS) malzemeleri seçilerek, yalıtım malzemesi değişimi hesaplanmıştır.

3.2. Deneysel Yöntem

3.2.1. Deneysel Yöntemin Tanıtılması

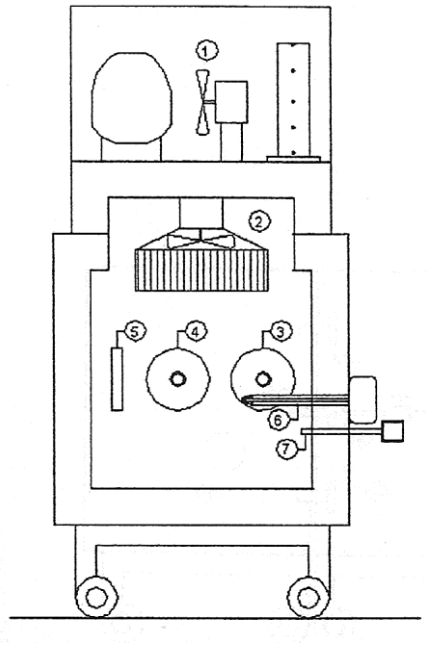
Bu tez çalışmasında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yapı Fiziği Laboratuarında, Ali Çiçek'in doktora tezi için geliştirilmiş deney düzeneği beklentiler doğrultusunda düzenlenerek kullanılmıştır. Deney düzeneği iç ve dış ortam koşullarının simüle edildiği iki kabinden oluşmaktadır. Ölçüm yapılacak olan yapı kabuğu bileşeni iki ortamın arasında konumlandırılmıştır. İç ortam iklimi için sıcaklık ve nem değerleri kontrol altına alınmaktadır. Dış ortam koşullarının oluşturulmasında ise iklim koşullarının sağlanabilmesi için saatlik sıcaklık ve nem değerleri girilmektedir. Ortam sıcaklığı -21° C- +60° C aralığında, ortamın bağıl nemi ise %08 - %100 aralığında seçilebilmektedir.



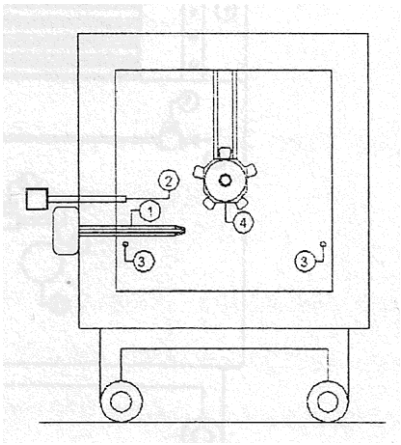
Şekil 3.14. Deney Düzeneğinin Planı (A-A Kesiti)

I. Dış simülasyon ortamı
II. Yapı kabuk bileşeninin yerleştirildiği orta bölüm
III. İç simülasyon ortamı

1. İç ve dış yüzeyi paslanmaz çelik 7cm yalıtımlı deney kabini
2. Paslanmaz çelik gövde
3. Dış simülasyon ortamı nem algılayıcı (higrometre)
4. Dış simülasyon ortamı sıcaklık algılayıcı (termometre)
5. Mor ötesi (UV) lamba
6. Kırmızı altı (IR) lamba
7. Mor ötesi (UV-ultra med) halojen lamba
8. Terleme suyu atış kanalı
9. İzolasyon contası
10. Kabuk bileşenini sıkıştırma elemanı
11. İç simülasyon ortamı sıcaklık algılayıcı (termometre)
12. İç simülasyon ortamı nem algılayıcı (higrometre)
13. İç ortamda hava dağılımını sağlayan fan ve motoru
14. Kilit sistemi



Şekil 3.15.a) Deney Düzeneğinin B-B Kesiti

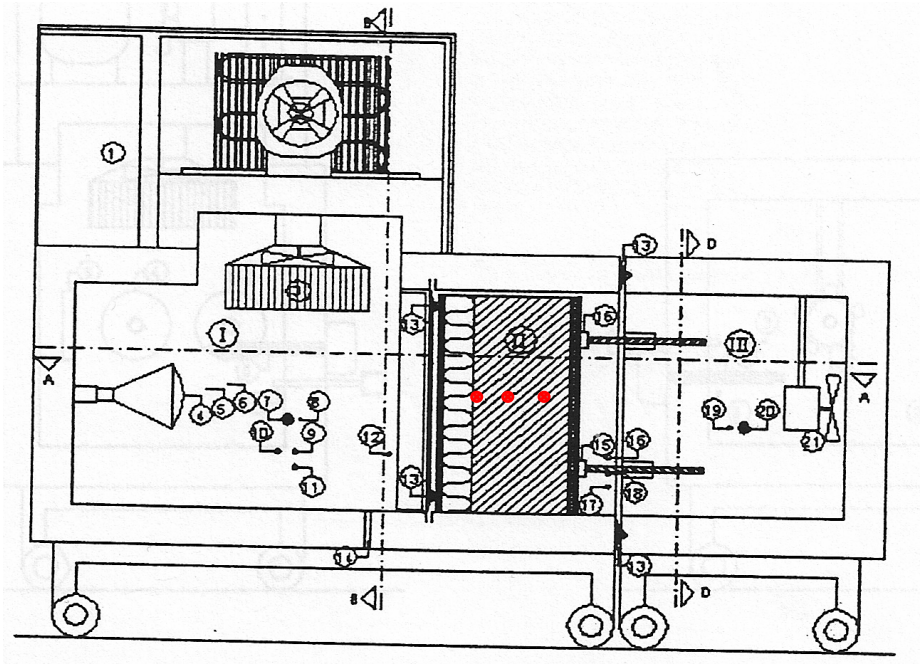


Şekil 3.15.b) Deney Düzeneğinin D-D Kesiti

1. Kondanser, fan, ekovattan oluşan dış ünite
2. Evaporatör ve üfleme fanından oluşan iç ünite
3. Mor ötesi (UV) lamba
4. Kırmızı altı (IR) lamba
5. Mor ötesi (UV-ultra med) halojen lamba
6. Dış simülasyon ortamı nem algılayıcı (higrometre)
7. Dış simülasyon ortamı sıcaklık algılayıcı (termometre)

1. İç simülasyon ortamı nem algılayıcı (higrometre)
2. İç simülasyon ortamı sıcaklık algılayıcı (termometre)
3. Yapı kabuk bileşeninin sıkıştırma elemanı
4. İç ortamda hava dağılımını sağlayan fan ve motoru

Deney düzeneğinin istenilen dış ortam koşullarında tutulabilmesi için, ısıtma, soğutma ve gerekli hava nemini sağlamak amacıyla, buharlı nemlendirici ünite bu cihaz için geliştirilmiştir. Hava ve nemin karışımı sağlanmakta, kullanılan fan aracılığıyla ortamın her bölgesinde eşit koşullar elde edilebilmektedir. Dış ortam sıcaklığının düşürülmesini sağlamak amacıyla bir dış, bir iç üniteden oluşan soğutma tesisatı bulunmaktadır. Sistemde emiş yapan bir fan da bulunmaktadır. İç ünitede ise bir evaporatör ve üfleme yapan bir fan yer almaktadır.



Şekil 3.16. Deney Düzeneğinin C-C Kesiti

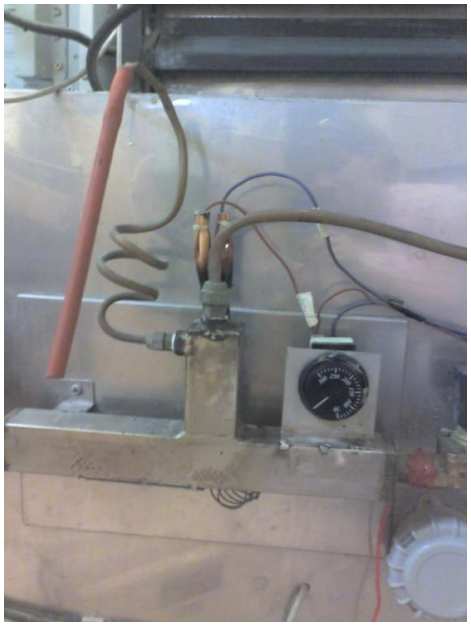
I. Dış simülasyon ortamı
II. Yapı kabuk bileşeninin yerleştirildiği orta bölüm
III. İç simülasyon ortamı

1. Elektronik panel
2. Kondenser, fan, ekovattan oluşan dış ünite
3. Evaporatör ve üfleme fanından oluşan iç ünite
4. Mor ötesi (UV) lamba
5. Kırmızı altı (IR) lamba
6. Mor ötesi (UV-ultra med) halojen lamba
7. Dış simülasyon ortamı nem algılayıcı (higrometre)
8. Dış simülasyon ortamı sıcaklık algılayıcı (termometre)
9. Dış simülasyon ortamı nemlendirici ağzı
10. Dış simülasyon ortamı gaz karbon monoksit ağzı
11. Dış simülasyon ortamı gaz kükürt dioksit ağzı
12. Yapı kabuk bileşeninin dış yüzeye yakın olan 2. Bölge sıcaklık ve nem ölçme aygıtı giriş ağzı
13. İzolasyon contası
14. Terleme suyu atış kanalı
15. Yapı kabuk bileşeninin sıkıştırma elemanı
16. İç simülasyon ortamı nemlendirici ağzı
17. Yapı kabuk bileşeninin iç yüzeye yakın olan 1. Bölge sıcaklık ve nem ölçme aygıtı giriş ağzı
18. Yapı kabuk bileşeninin orta bölge sıcaklık ve nem ölçme aygıtı giriş ağzı
19. İç simülasyon ortamı sıcaklık algılayıcı (termometre)
20. İç simülasyon ortamı nem algılayıcı (higrometre)
21. İç ortamda hava dağılımını sağlayan fan ve motoru



Şekil 3.17. Deney Düzeneğinin Genel Görünümü

Dış ortam ünitesinde gerekli nem koşulları, elektrik enerjisi ile çalışan bir boiler yardımı ile gerekli buhar sağlanmaktadır (Şekil 3.18). Şehir şebekesinden sağlanan su deney süresince boilerde üretilen buhar, bilgisayar programı ile kumanda edilerek, kabinin iç ve dış ortamına, istenilen oranda ve istenilen süre ile verilebilmektedir.

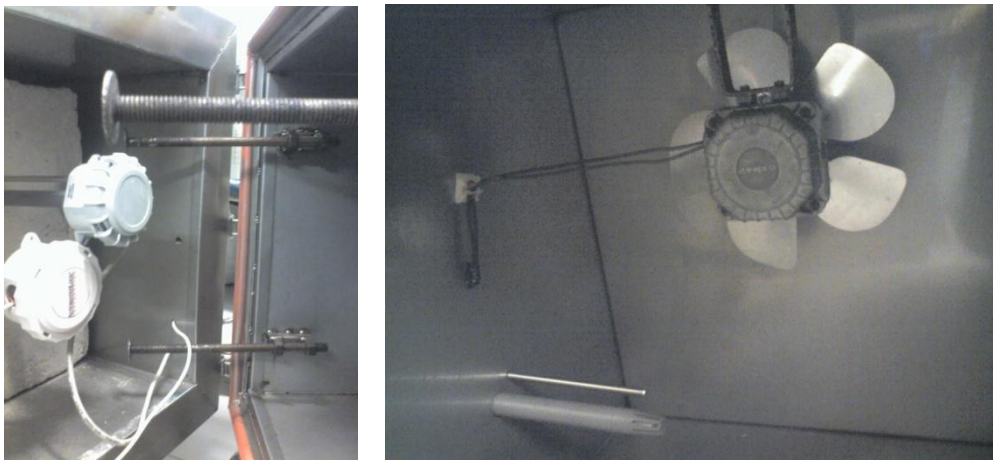


Şekil 3.18. Deney Düzeneğinin Buhar Üreten Boiler Sistemi

İç ortam ve dış ortam ünitelerinde sıcaklık ve nem değerlerini ölçmek üzere,

- İç ortam sıcaklık ve nem ölçümü
- Dış ortam sıcaklık ve nem ölçümü
- Yapı kesiti içerisinde üç ayrı noktadan sıcaklık ve nem ölçümü (şekil 3.16)

gerçekleştirilmektedir. Ölçüm cihazlarının hassasiyeti ±0,2°C, ölçüm aralığı -55°C-+150°C, nem ölçüm aralığı %10-%99 RH ‘dır.



Şekil 3.19. Deney Düzeneğinin İç Ortam Duyargaları ve Fanı

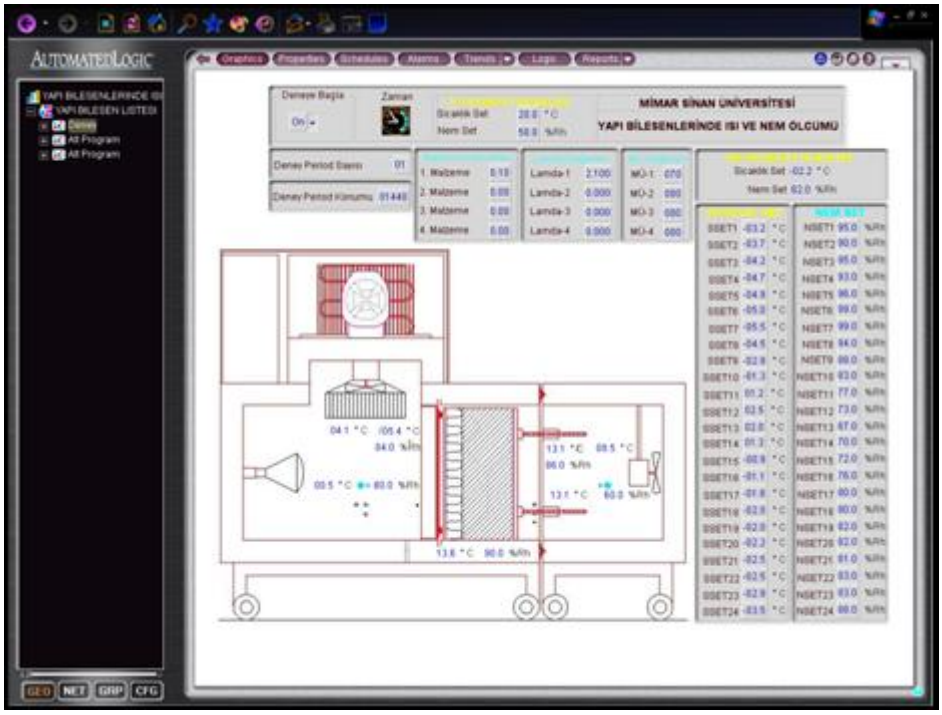


Şekil 3.20. Deney Düzeneği Elektronik Kontrol Paneli

3.2.2. Deney Düzeneğinde Yapı Kabuğu Kesit Grafikleri

Deneysel düzenekte gerekli ölçümlerin yapılabilmesi verilerin sunumu ve kaydı için, A.B.D.'de geliştirilmiş Webctrl.4.1. adlı bina otomasyon sistemi programından yararlanılmıştır. Program Windows XP işletim sisteminde çalışmaktadır. İç ortam ve dış ortam ünitelerinin kontrolünü ve ölçülen verilerin grafik ortamda sunulabilmesini sağlamaktadır. Bunun için grafiksel programlama yazılımı kullanılmıştır. Ölçümler dakikalık aralıklarla kaydedilmektedir. Kaydedilen veriler grafiklere dönüştürülmekte ve grafiklerde istenilen aralıklar işaretlenerek sonuç grafikleri oluşturulabilmektedir.

- Deneyde 1 periyot 24 saat esasına göre programlanmıştır. Kullanıcı her saat dilimi için ayrı ayrı dış ortam sıcaklık ve nem değerleri girebilmektedir. İlk saat dilimi sonunda sistem otomatik olarak ikinci saat dilimindeki değerlerle çalışmaya devam etmektedir.
- Sistem, verilen sıcaklık ve nem değerlerini sağlayabilmek için sürekli olarak algıladığı sıcaklık ve nem değerlerini karşılaştırmaktadır. Gerekli donanımlarını otomatik olarak devreye sokarak verilen değere ulaşmaya çalışmaktadır.
- Deney ölçümleri sırasında 10 günlük periyot 1 günde ölçülebilmektedir. Bu nedenle 3 aylık kış dönemi boyunca ölçüm yapıldığı düşünülmüş ve 90 günlük periyot olarak 12960 dakikalık (60 dakika x 24 saat =1440 dakika, 1440 dakika x 90 gün = 12960 dk) ölçüm aralığı belirlenmiştir. Dış ortam sıcaklık ve nem değerleri saatlik olarak girilmektedir.
- Ölçümler dakikalık aralıklarla kaydedilmektedir. Kaydedilen veriler grafiklere dönüştürülmekte ve grafiklerde istenilen aralıklar işaretlenerek sonuç grafikleri oluşturulabilmektedir.



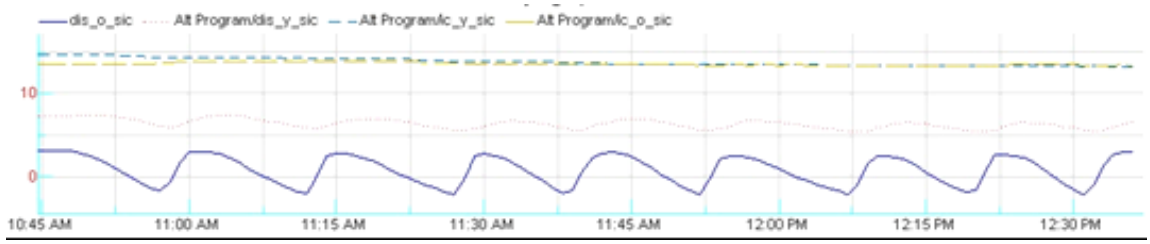
Şekil 3.21. Deney Düzeneği Bilgisayar Ortamındaki Grafik Ekranı

İlk olarak üç aylık kış dönemini simule ederek 9 günlük zamanlama programı yapılmıştır. Deney düzeneğinde 10 gün 1 günde simule edilebilmektedir.

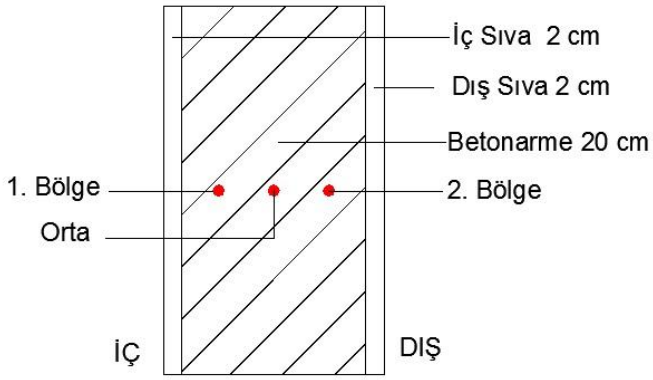
Bu durumda 60 dakika x 24 saat =1440 dakika

1440 dakika x 90 gün = 12960 dk olarak programlama yapılmıştır.

Deney düzeneğindeki program ile oluşturulan grafikler hesaplama sonuçlarıyla karşılaştırma yapılabilecek nitelikte olmadığından, dakikalık olarak kaydedilen sayısal verilere ulaşılarak, çözümlenmesi yapılmıştır. Çözümlenen bu değerler Excel programına aktarılarak hesaplama sonuç grafikleriyle çakıştırılmıştır.



Şekil 3.22. Deney Düzeneğinde Oluşturulan Grafik Ortamı



Şekil 3.23. Deney Düzeneğinde Yapı Kabuğu Kesitinden Ölçüm Alınan Noktalar

Karşılaştırmanın daha ayrıntılı yapılabilmesi amacıyla bir günlük değerler alınarak saatlik ortalamalar karşılaştırılmıştır. Kabuk bileşeninde üç ayrı noktadan ölçümler alınmıştır. Bu noktalar içeriden, dışarıdan ve ortadan olmak üzere eşit mesafelerde alınmıştır. Şekil 3.23' de 1. bölge (iç ortama yakın), orta nokta ve 2. bölge (dış ortama yakın) olmak üzere ifade edilmiştir.

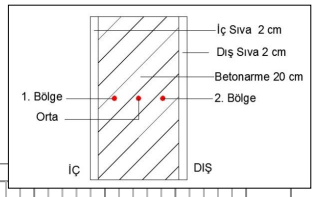
3.3. Sayısal ve Deneysel Yöntem Sonuçlarının Sınanması

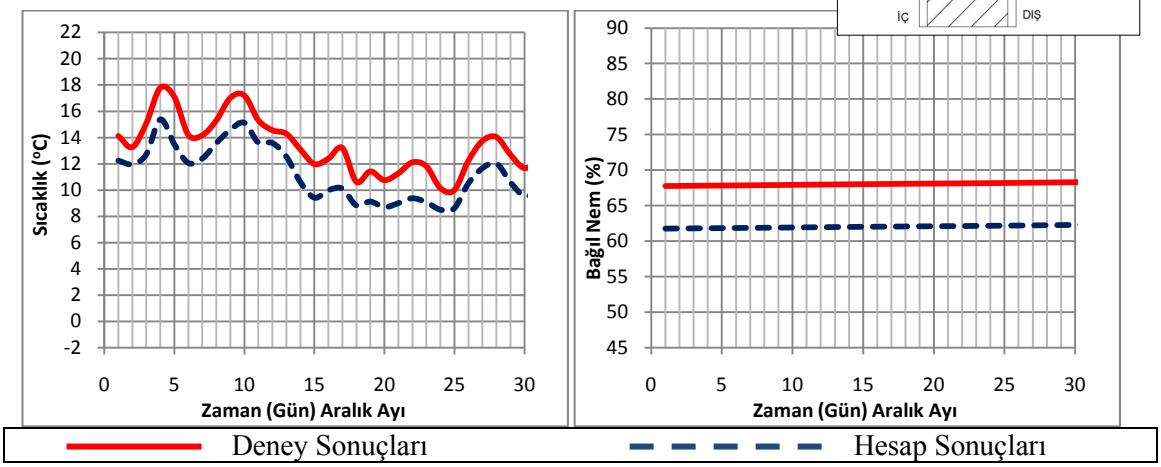
Hesaplama metodu ile karşılaştırabilmek amacıyla yapılan deneysel ölçümler, uzun zaman alması nedeniyle sınırlı sayıda yapı kabuğu örneği incelenmiştir. Ülkemiz koşullarında en çok kullanılan sistemler göz önünde bulundurularak deney modelleri oluşturulmuş ve ölçümler alınmıştır. Grafiklerden görüldüğü gibi hesaplanan ve ölçülen sıcaklık ve nem değerlerinin birbiriyle paralellik göstermesi de deney modellerinin yeterliliğini kanıtlamaktadır.

Deneysel ölçüm yapılan yapı kabuğu kesitleri Yalıtımsız Durum (YD), İçeriden Yalıtımlı (İY), Dışarıdan Yalıtımlı (DY) ve İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı (İDY) durumlardır. Kabuk gövde elemanı olarak 20 cm betonarme, yalıtım malzemesi olarak EPS(Genleştirilmiş Polistiren Köpük) kullanılmıştır. EPS malzeme 3cm ve 6cm tabakalar halinde uygulanmıştır. İklim bölgesi olarak ılıman nemli iklim bölgesinden Edirne örnek olarak alınmıştır. Edirne'ye ait saatlik iklim verileri dış ortam koşullarını belirlemiştir. Karşılaştırma 1 aylık periyot için yapılmıştır. Aralık ayı verileri esas alınmıştır.

Ölçümler dakikalık olarak alınmaktadır. Günlük grafikler oluşturulurken, saatlik aritmetik ortalamalar alınmıştır. Aylık grafiklerde ise günlük aritmetik ortalamalar kullanılmıştır. Grafiklerde kesikli çizgi hesap sonuçlarını, sürekli çizgi ise deney sonuçlarını ifade etmektedir.

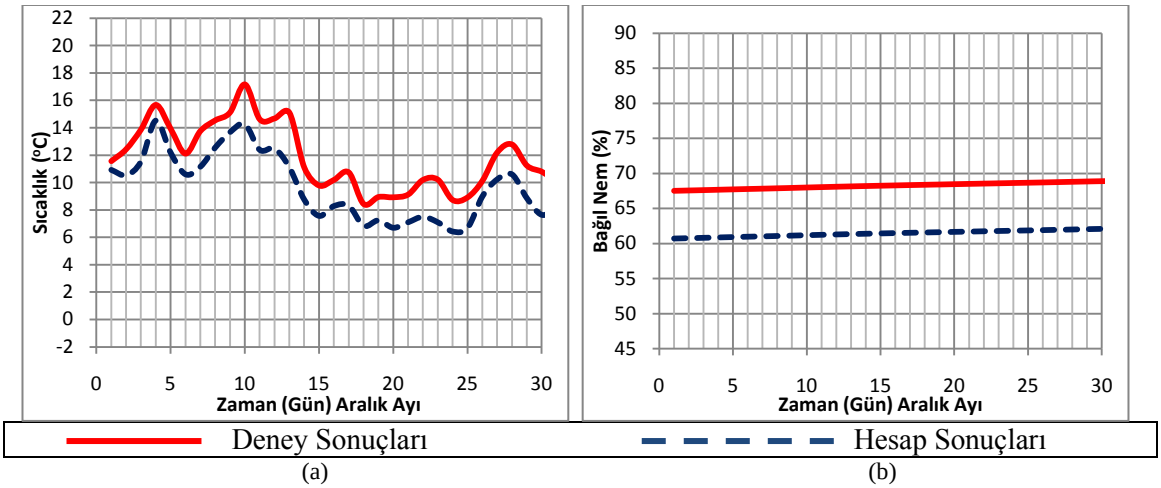
3.3.1.Yalıtımsız Durum (YD)





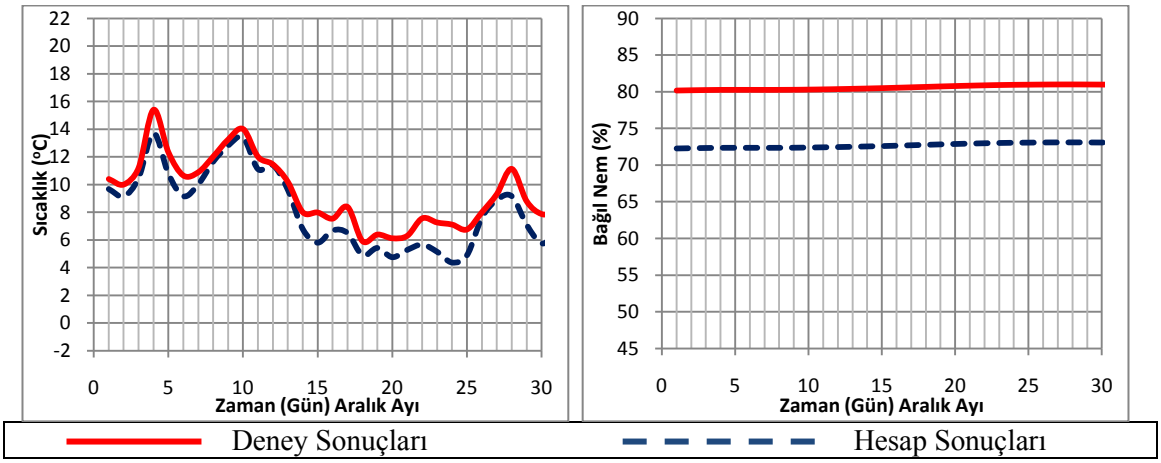
(a) (b)

Şekil 3.24. Yalıtımsız Durumda Kesitin 1. Bölgesinde (İç), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması



(a) (b)

Şekil 3.25. Yalıtımsız Durumda Kesitin Orta Bölgesinde, Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması



(a) (b)

Şekil 3.26. Yalıtımsız Durumda Kesitin 2. Bölgesinde (Dış), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması

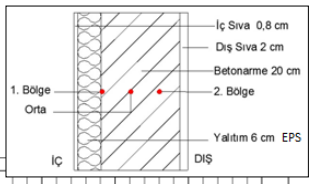
Şekil 3.24.a'da ölçüm alınan ve hesaplanan 1. bölge (İç), sıcaklık değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Görüldüğü üzere, deneyde hesaplama sonucundan min 0,96°C max. 3,6°C değerleri arasında sapmalar tespit edilmiştir. Şekil 3.24.b'de ise aynı bölgedeki bağıl nem değerleri görülmektedir. Bağıl nem açısından deneyde hesaplama sonucundan yaklaşık %8-9 oranında daha büyük değerler elde edilmiştir.

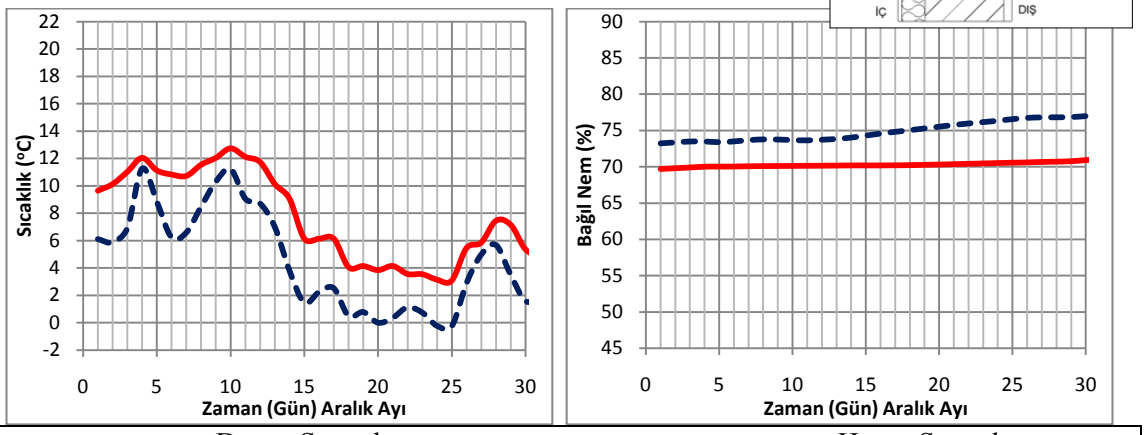
Şekil 3.25.a'da yalıtımsız kabukta, orta bölgedeki ölçüm ve hesaplama sonuçları görülmektedir. Sıcaklık değerlerinde deneysel ölçümler hesaplama sonuçlarından 0,63-3,98°C arasında daha yüksek değerleri göstermektedir. Bu sapmalara rağmen çizilen eğrilerin paralellik gösterdiği açıkça izlenebilmektedir. Şekil 3.25.b'de orta bölgedeki bağıl nem değerleri görülmektedir. Deney sonucundaki değerler %10 oranında sapmalarla daha yüksek değerler vermektedir. Yine bağıl nem değerlerinde de paralel bir grafik izlenmektedir.

Şekil 3.26.a'da 2. bölge'ye ait ölçüm ve hesaplama sonuçları görülmektedir. Bu bölgede de 0,36-2,18°C arasında sapmalar kaydedilmiştir. Diğer sonuçlarda da olduğu gibi deney sonucu daha yüksek sıcaklık değerlerini göstermektedir. Şekil 3.26.b'de 2. bölge bağıl nem değerleri karşılaştırılmıştır. Deney sonuçları diğer bölgelerde olduğu gibi, %10-11 oranında daha yüksek bağıl nem değerlerini göstermektedir.

Yalın kesitin her üç bölgesinde de sıcaklık ve nem değerleri deneyde hesap sonuçlarından bir miktar daha yüksektir. Ancak grafiklerde çizilen sıcaklık ve nem eğrilerinin paralelliği görülmektedir. Deney ve hesap sonuçları arasında farklar izlendiğinde, kesitin 1. ve orta bölgesindeki sıcaklık farkı oranlarının birbirine çok yakın değerlerde olduğu, 2. bölgede ise sonuçların birbirine daha da yakınlaştığı ve dolayısıyla farkın azaldığı görülmüştür. Ortalama değişim 0,5-4°C arasındadır. Bağıl nem değerlerinde ise içeriden dışarıya doğru (kesitin 1. Bölgesinden, orta ve 2. bölgeye doğru) farkın %1-2'lik artış gösterdiği gözlenmiştir.

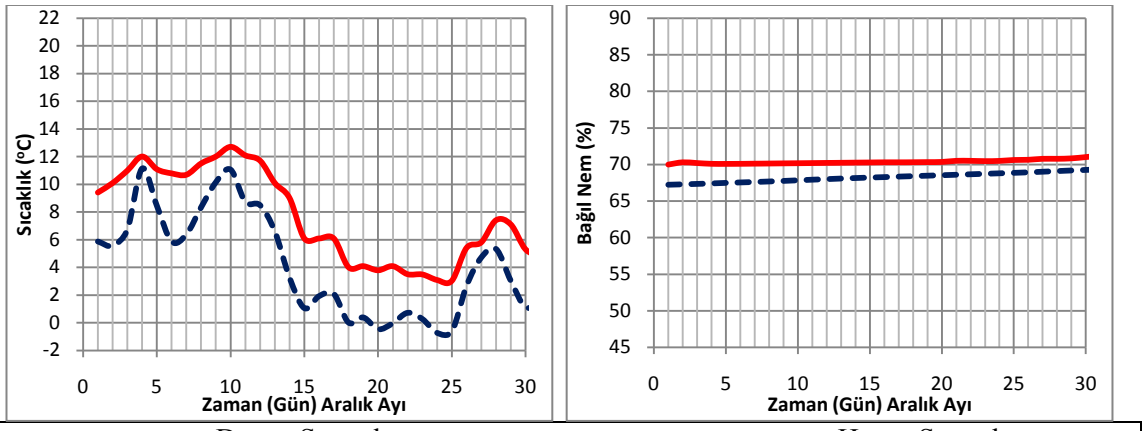
3.3.2. İçeriden Yalıtımlı Durum (İY)





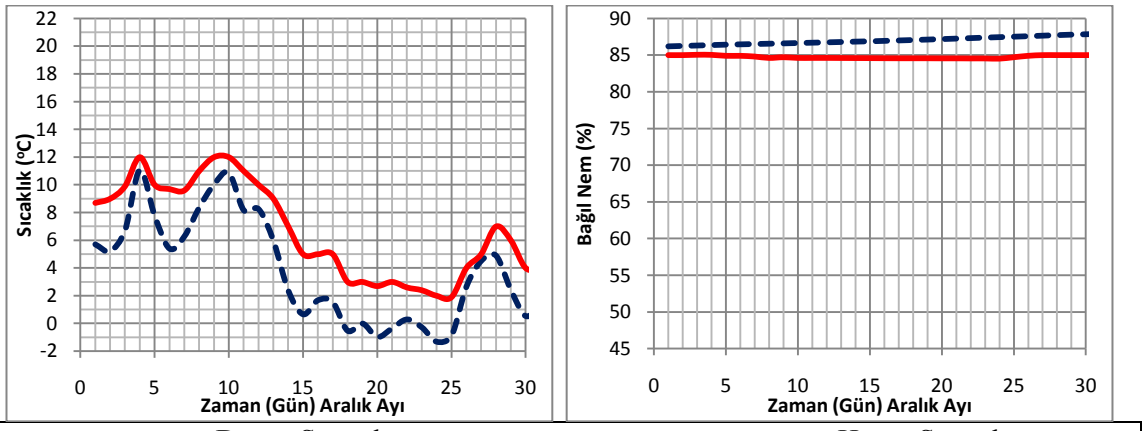
(a) (b)

Şekil 3.27. İçeriden Yalıtımlı Durumda Kesitin 1. Bölgesinde (İç), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması



(a) (b)

Şekil 3.28. İçeriden Yalıtımlı Durumda Kesitin Orta Bölgesinde, Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması



(a) (b)

Şekil 3.29. İçeriden Yalıtımlı Durumda Kesitin 2. Bölgesinde (Dış), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması

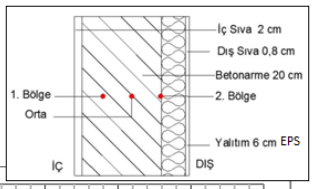
Şekil 3.27.a'da içeriden yalıtımda ölçüm alınan ve hesaplanan 1. bölge, sıcaklık değerleri açısından karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Görüldüğü üzere, deneyde hesaplama sonucundan min 0,78°C max. 4,68°C değerleri arasında sapmalar tespit edilmiştir. Şekil 3.27.b'de ise aynı bölgedeki bağıl nem değerleri görülmektedir. Bağıl nem değerlerinde deneyde hesaplama sonucundan yaklaşık % 3,4-6,2 aralığında daha düşük değerler elde edilmiştir.

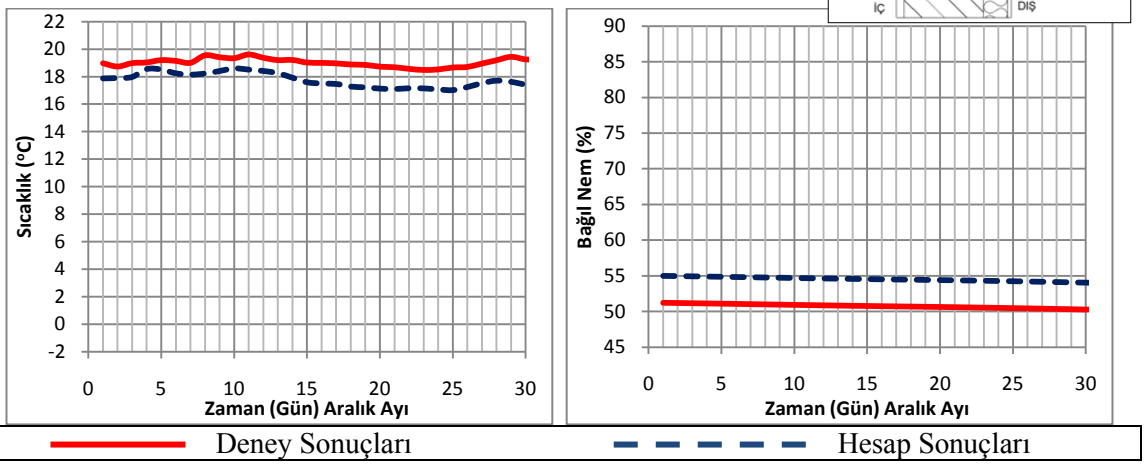
Şekil 3.28.a'da İçeriden Yalıtımlı kabukta, orta bölgedeki ölçüm ve hesaplama sonuçları görülmektedir. Sıcaklık değerlerinde deneysel ölçümler hesaplama sonuçlarından 0,87-5,75°C arasında çoğunlukla daha yüksek değerleri göstermektedir. Şekil 3.28.b'de orta bölgedeki bağıl nem değerleri görülmektedir. Deney sonucundaki değerler %1,7-2,7 oranlarında sapmalarla hesaplama sonucundan daha yüksek değerler göstermektedir.

Şekil 3.29.a'da İçeriden Yalıtımlı kabukta, 2. bölgedeki ölçüm ve hesaplama sonuçları görülmektedir. Sıcaklık değerlerinde deneysel ölçümler hesaplama sonuçlarından 0,49-4,63°C arasında daha yüksek değerleri göstermektedir. Şekil 3.29.b'de 2.bölgedeki bağıl nem değerleri görülmektedir. Deney sonucundaki değerler %1,2-2,9 oranlarında sapmalarla daha düşük değerler vermektedir.

İçeriden yalıtımlı kesitte, deneysel ölçümler hesap sonuçlarından bir miktar daha yüksektir. Bağıl nem değerlerinde ise 1. ve 2. bölgede deneyde daha düşük değerler elde edilmiştir. Ancak bu küçük sapmalara rağmen sıcaklık ve nem eğrilerinin paralellik gösterdiği açıkça izlenmektedir.

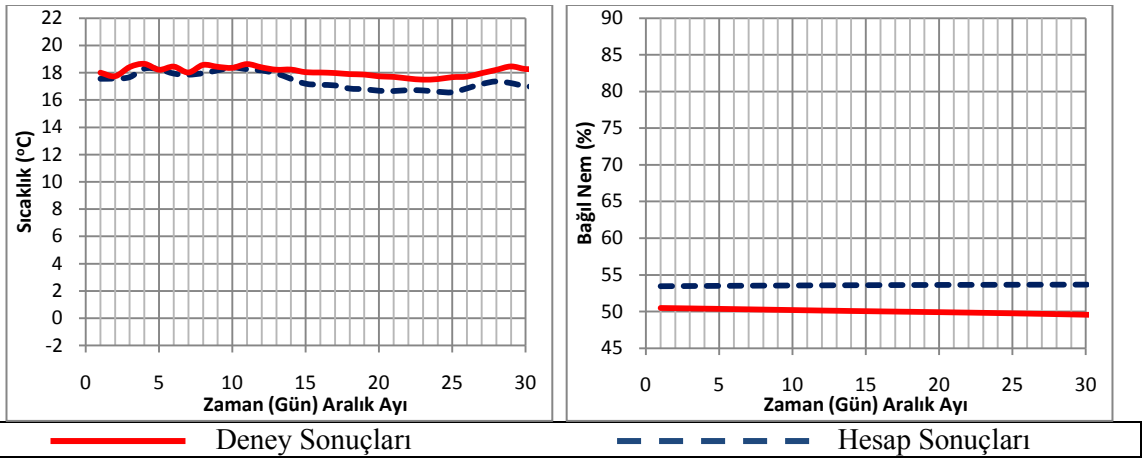
3.3.3. Dışarıdan Yalıtımlı Durum (DY)





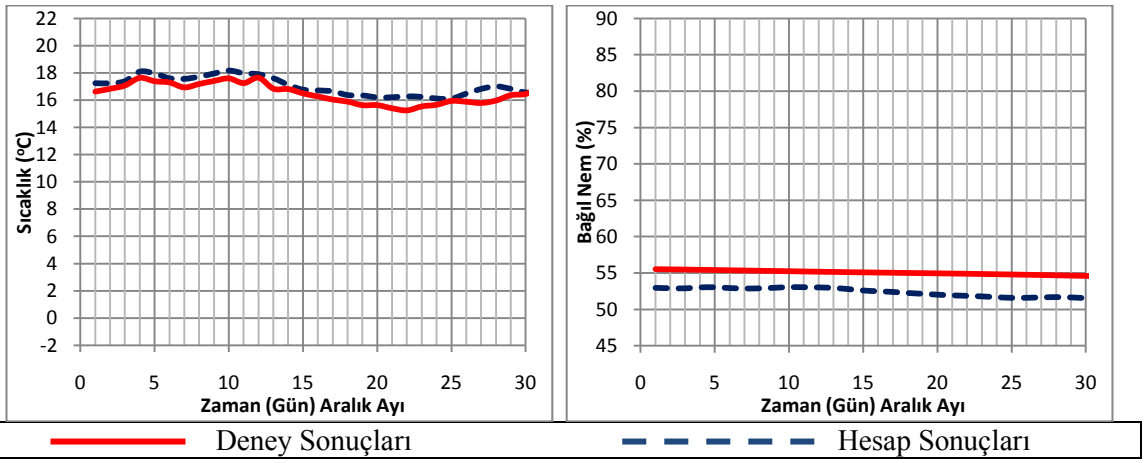
(a) (b)

Şekil 3.30. Dışarıdan Yalıtımlı Durumda Kesitin 1. Bölgesinde (İç), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması



(a) (b)

Şekil 3.31. Dışarıdan Yalıtımlı Durumda Kesitin Orta Bölgesinde, Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması



(a) (b)

Şekil 3.32. Dışarıdan Yalıtımlı Durumda Kesitin 2. Bölgesinde (Dış), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması

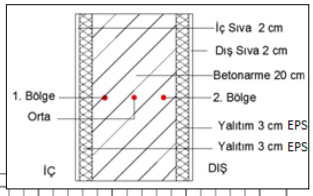
Şekil 3.30.a'da ölçüm alınan ve hesaplanan 1. bölge, sıcaklık değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Görüldüğü üzere, deneyde hesaplama sonucundan min 0,49°C max. 1,88°C değerleri arasında sapmalar tespit edilmiştir. Şekil 3.30.b'de ise aynı bölgedeki bağıl nem değerleri görülmektedir. Bağıl nem değerlerinde deneyde hesaplama sonucundan yaklaşık % 7-8 aralığında daha düşük değerler elde edilmiştir.

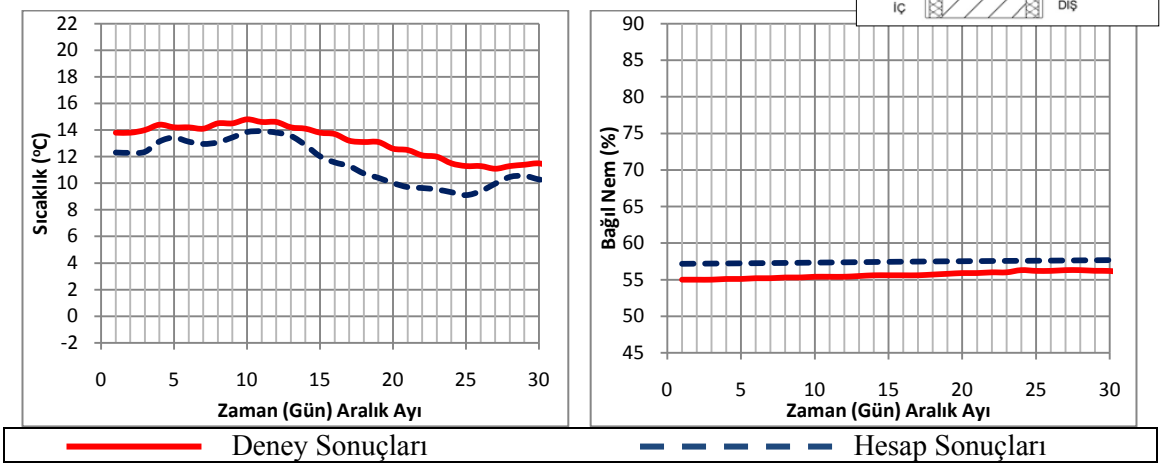
Şekil 3.31.a'da Dışarıdan Yalıtımlı kabukta, orta bölgedeki ölçüm ve hesaplama sonuçları görülmektedir. Sıcaklık değerlerinde deneysel ölçümler hesaplama sonuçlarından 0,02-1,3°C arasında çoğunlukla daha yüksek değerleri göstermektedir. Bu sapmalara rağmen çizilen eğrilerin paralellik gösterdiği açıkça izlenebilmektedir. Şekil 3.31.b'de orta bölgedeki bağıl nem değerleri görülmektedir. Deney sonucundaki değerler %5,6-8,3 oranlarında sapmalarla daha düşük değerler vermektedir. Yine bağıl nem değerlerinde de paralel bir grafik izlenmektedir.

Şekil 3.32.a'da Dışarıdan Yalıtımlı kabukta, 2. bölgedeki ölçüm ve hesaplama sonuçları görülmektedir. Sıcaklık değerlerinde diğer durumlardan farklı olarak, deneysel ölçümler hesaplama sonuçlarından 0,3-1,04°C arasında, daha düşük değerleri göstermektedir. Bu farklılığın nedeni, deney düzeneğinde 1. ve orta bölgeye yerleştirilen problar iç ortamdan kabuk kesitine delik açılarak yerleştirilirken, 2. bölgeye yerleştirilen prob, dış ortamdan bu bölgeye delik açılarak yerleştirilmiştir ve probun etrafı ne kadar sızdırmaz yapılmaya çalışılsa da bir ısı köprüsü görevi üstlendiği düşünülmektedir. Bu sapmalara rağmen çizilen eğrilerin paralellik gösterdiği açıkça izlenebilmektedir. Şekil 3.32.b'de orta bölgedeki bağıl nem değerleri görülmektedir. Deney sonucundaki değerler %2,1-3,1 oranlarında sapmalarla daha yüksek değerler vermektedir. Yine bağıl nem değerlerinde de paralel bir grafik izlenmektedir.

Dışarıdan yalıtımlı durumda sıcaklık değerlerinin gerek deney gerekse hesap sonuçlarında oldukça durağan olduğu, deney ve hesap sonuçları arasındaki sapma değerlerinin de diğer durumlara göre oldukça küçük olduğu görülmüştür.

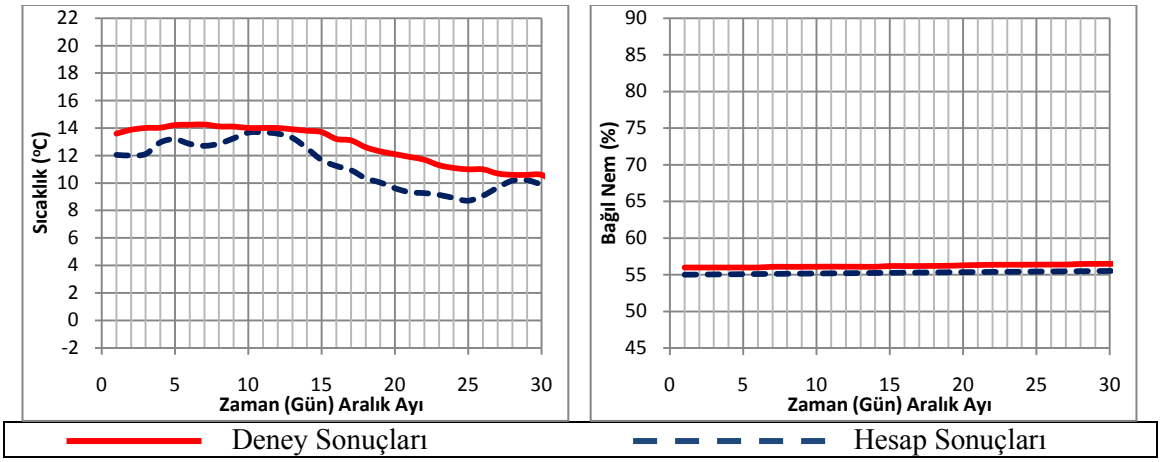
3.3.4. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Durum (İDY)





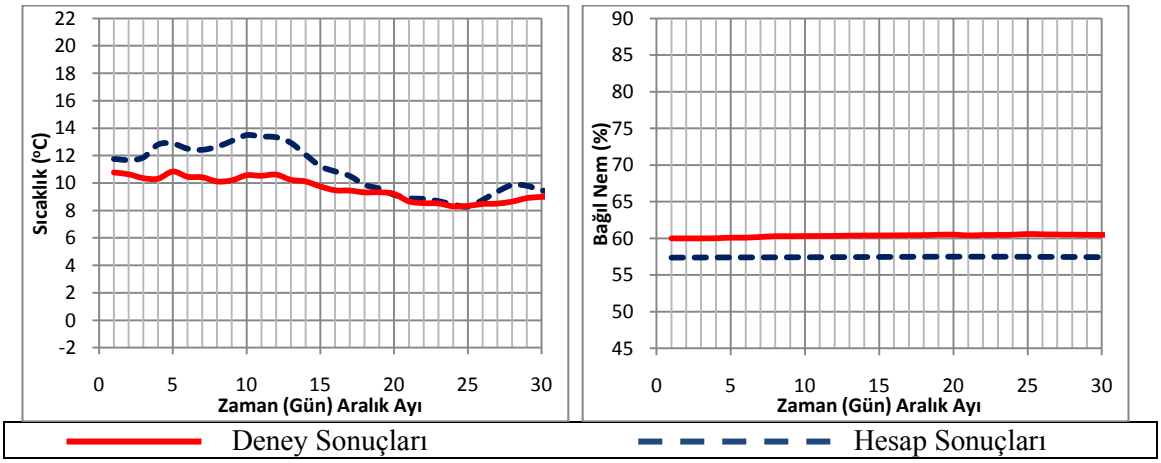
(a) (b)

Şekil 3.33. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Durumda Kesitin 1. Bölgesinde (İç), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması



(a) (b)

Şekil 3.34. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Durumda Kesitin Orta Bölgesinde, Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması



(a) (b)

Şekil 3.35. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Durumda Kesitin 2. Bölgesinde (Dış), Aylık, Sıcaklık (a) ve Bağıl Nem (b) Hesap Değerlerinin Deney Sonuçları ile Karşılaştırılması

Şekil 3.33.a'da İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Durumda ölçüm alınan ve hesaplanan 1. bölge, sıcaklık değerleri açısından karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Görüldüğü üzere, deney sonucunda hesaplama sonucundan min 0,64°C max. 2,69°C değerleri arasında daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Şekil 3.33.b'de ise aynı bölgedeki bağıl nem değerleri görülmektedir. Bağıl nem değerlerinde deney sonucunda hesaplama sonucundan yaklaşık % 1,3-2,2 aralığında daha düşük değerler elde edilmiştir.

Şekil 3.34.a'da İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı kabukta, orta bölgedeki ölçüm ve hesaplama sonuçları görülmektedir. Sıcaklık değerlerinde deneysel ölçümler hesaplama sonuçlarından 0,33-2,48°C arasında daha yüksek değerleri göstermektedir. Bu sapmalara rağmen çizilen eğrilerin paralellik gösterdiği açıkça izlenebilmektedir. Şekil 3.34.b'de orta bölgedeki bağıl nem değerleri görülmektedir. Deney sonucundaki değerler %0,8-1 oranlarında sapmalarla hesaplama sonucundan daha yüksek değerler göstermektedir. Yine bağıl nem değerlerinde de paralel bir grafik izlenmektedir.

Şekil 3.35.a'da İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı kabukta, 2. bölgedeki ölçüm ve hesaplama sonuçları görülmektedir. Sıcaklık değerlerinde deneysel ölçümler hesaplama sonuçlarından 0,06-2,86°C arasında daha düşük değerleri göstermektedir. Bir önceki dışarıdan yalıtımlı kabukta açıklanan ısı köprüsü, bu durum için de geçerlidir. Şekil 3.35.b'de 2.bölgedeki bağıl nem değerleri görülmektedir. Deney sonucundaki değerler %2,6-3,1 oranlarında sapmalarla daha yüksek değerler vermektedir.

Değerlendirme

1. bölgede ve orta bölgede sıcaklık değerlerine bakıldığında her kabukta deney sonuçları hesap sonuçlarından bir miktar yüksek sıcaklıkları göstermektedir.

2. bölgede ise YD ve İY durumunda aynı durum söz konusu iken DY ve İDY durumlarda deney sonuçları hesap sonuçlarından daha düşük sıcaklık değerleri göstermektedir. Deney düzeneğinde 1. ve orta bölgeye yerleştirilen sıcaklık ve nem algılayıcılar iç ortamdan, 2. bölgeye yerleştirilen algılayıcılar ise dış ortamdan kabuk kesitine delik açılarak yerleştirilmektedir. Dış yüzeyde yalıtım tabakası bulunduğu durumlarda yalıtımda kesinti oluşmaktadır. Her ne kadar poliüretan köpük ile boşluklar doldurularak önlem alındıysa da duyarganın metal olması ve dolayısıyla ısı köprüsü oluşturduğu ve bu nedenle 2. bölgedeki sıcaklık değerlerini bir miktar düşürdüğü anlaşılmaktadır.

Bağıl nem değerleri yalıtımsız durumda deneyde hesap sonucundan daha yüksek (%8-11) seyrederken, kabuğun yalıtılması durumunda bu farkların azaldığı hesap sonuçlarının altına düştüğü görülmüştür. DY durumda %2-8, İY durumunda %1,2-6,2, İDY durumunda ise %0,8-3,1 oranlarına kadar farklar azalmaktadır.

Yalıtımlı durumda bağıl nem değerleri yalıtım malzemesinin konumuna göre farklılık göstermektedir. 1. bölgede yalıtımlı (İY, DY, İDY) durumlarda deney sonuçları hesap sonuçlarından yüksek bağıl nem değerlerini göstermektedir. Orta bölgede İY ve İDY da deney sonuçları hesap sonuçlarından yüksek iken, DY durumunda hesap sonuçları daha yüksek değerleri vermektedir. Deney düzeneğinde daha öncede belirtildiği gibi 1. ve orta bölgeye yerleştirilen algılayıcılar iç ortamdan delik açılarak yerleştirilmektedir. İç yüzeyde ısı yalıtım tabakası bulunduğunda deney sonuçları bağıl nem açısından bir miktar yükselmektedir. Yalıtım malzemesi olarak EPS kullanılması ve buhar geçirgenlik direnci yüksek bir malzeme olması nedeniyle oluşturulan boşluk direnci azaltmakta ve bağıl nem değeri bir miktar yükselmektedir. DY'da ise deney

sonucu hesap sonucundan düşük değerdedir. 2. bölgede İY haricinde tüm kesitlerde deney sonuçları hesap sonuçlarından yüksek bağıl nem değerlerini göstermektedir.

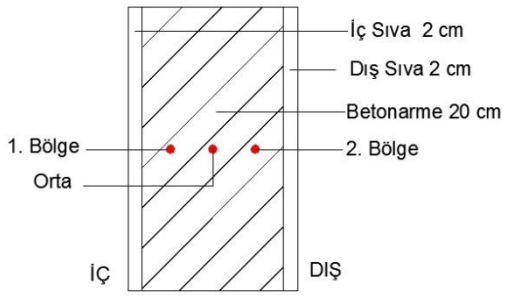
Tablo 3.4. Deney ve Hesap Sonuçlarının Standart Sapma Değerleri

	1. Bölge		**Orta Bölge**		**2. Bölge**	
	Sıcaklık	Bağıl Nem	Sıcaklık	Bağıl Nem	Sıcaklık	Bağıl Nem
YD	0,92-2,19	4,22-4,24	0,44-2,81	4,8-4,81	0,03-1,94	5,59-5,591
İY	0,55-3,72	2,4-4,34	0,61-3,47	1,18-2,11	0,34-3,04	0,87-2,07
DY	0,34-1,33	2,65-2,66	0,02-0,81	2,08-2,91	0,06-0,94	1,5-2,25
İDY	0,45-1,19	0,8-1,98	0,15-1,81	0,58-0,68	0,04-1,75	1,84-2,18

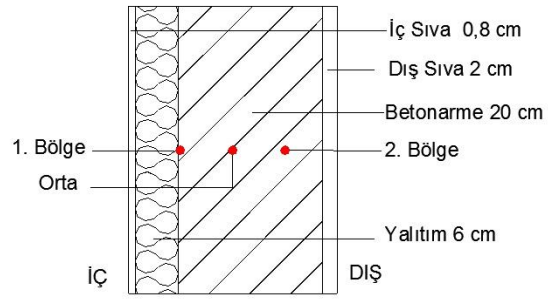
Genelde yalın kesitte ve yalıtımlı kesitlerin orta bölgesinde deney sonuçları hesap sonuçlarından yüksek, yalıtıma yakın bölgelerde kimi zaman hesap değerleri daha yüksek olsa da mutlak değer olarak değerler birbirine çok yakın ve grafiklerde paralellikler izlenmektedir. Grafiklerdeki sıcaklık eğrilerinin standart sapma değerleri 0,34 ile 3,72 aralığında hesaplanan oldukça küçük değerler vermektedir. Nem değerlerindeki standart sapma miktarları ise 0,80 ile 5,59 değerleri arasındadır. Genel olarak, standart sapmanın küçük olması; ortalamadan sapmaların ve riskin az olduğunun, büyük olması ise; ortalamadan sapmaların, riskin çok olduğunun ve oynaklığın göstergesidir. Bu durumda, hesaplanan ve ölçülen sıcaklık ve nem değerlerinin birbiriyle paralellik göstermesi, sıcaklık ve bağıl nem değerleri arasındaki farkların birbirine yakınlığı simülasyon programı ve deney sonuçlarının kabul edilebilirliğini kanıtlamaktadır. Deneysel yöntemlerin maliyetinin yüksek olması ve uzun zaman alması sebebiyle tez çalışmasının bundan sonraki bölümlerinde sayısal yöntemle elde edilen sonuçlardan yararlanılacaktır. Bu sayede daha fazla yapı kabuğu kesiti incelenmiş olacaktır.

BÖLÜM 4. SAYISAL YÖNTEMİN UYGULAMASI

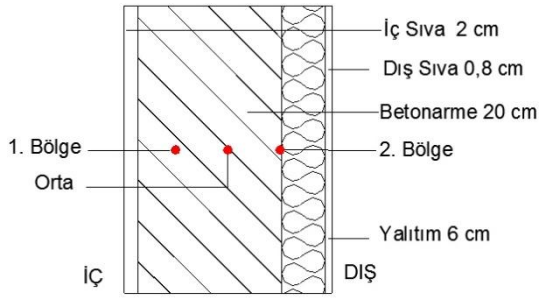
Yöntemin uygulaması 5 ayrı iklim bölgesinde seçilen betonarme düşey yapı kabuğu kesitlerinde yapılan hesaplamalar sonucunda kabuğun iç ortama ve dış ortama, aynı zamanda orta noktaya eşit uzaklıklardaki 3 ayrı bölgesinde sıcaklık, bağıl nem ve su içerikleri değerlendirilmiştir. Grafiklerde ortalama olarak nitelendirilen değer kesitin tamamında hesaplanmış ortalama değerdir. Betonarme duvar kalınlığı olarak 20 cm alınmış, yalıtım malzemesi olarak EPS (genleştirilmiş polistiren köpük) kullanılmıştır ve yalıtım tabakaları 8 farklı biçimde konumlanmıştır. Şekil 4.1-4.8'de farklı konumlardaki betonarme duvar kesitleri ve hesap yapılan bölgeler görülmektedir.



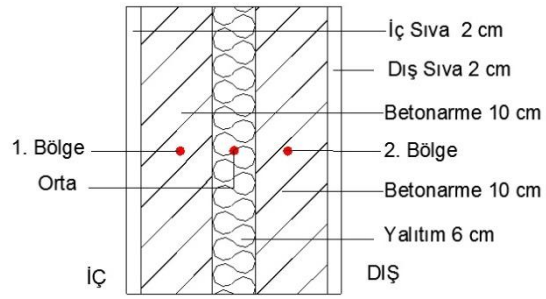
Şekil 4.1. Yalıtımsız Betonarme Duvar Kesiti (YD)



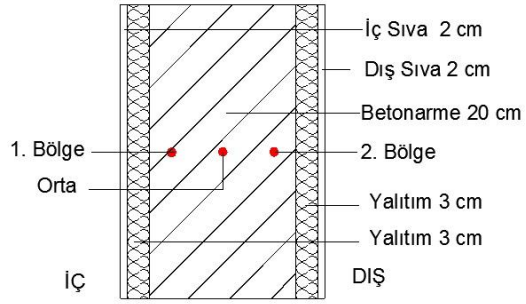
Şekil 4.2. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (İY)



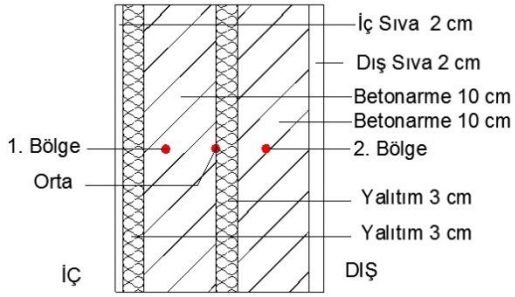
Şekil 4.3. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (DY)



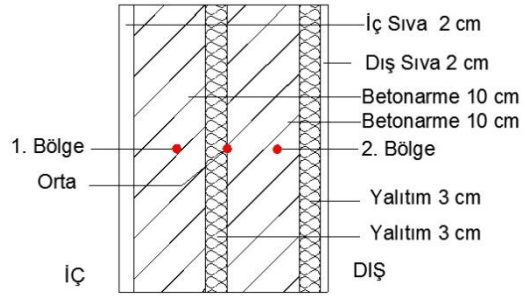
Şekil 4.4. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (OY)



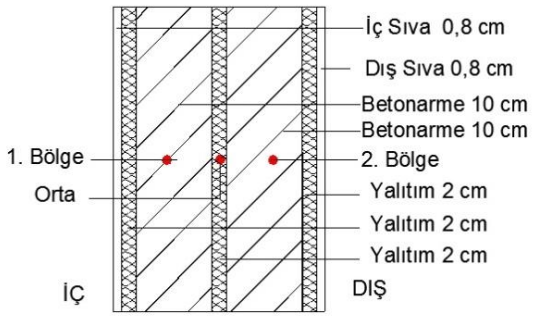
Şekil 4.5. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (İDY)



Şekil 4.6. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (İOY)

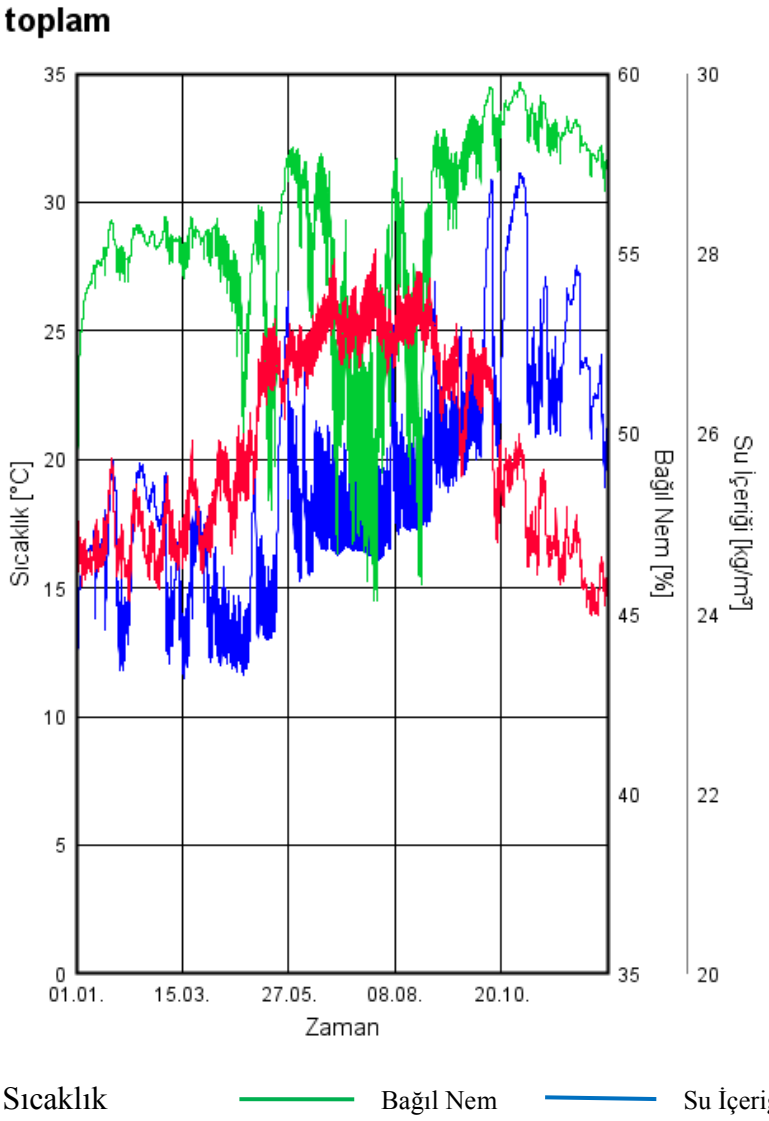


Şekil 4.7. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (DOY)



Şekil 4.8. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti (İDOY)

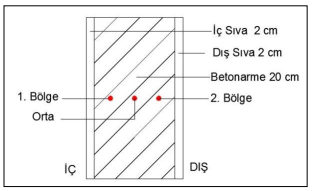
Belirlenen betonarme yapı kabuğu kesitlerinde, sıcaklık, bağıl nem ve su içeriği açısından değerlendirme yapılmıştır. Hesaplamalar yıllık olarak yapılmıştır. 2009 yılına ait saatlik iklim verileri kullanılmıştır. Grafikler oluşturulurken önce yıllık değişimler daha sonra ise nem sorununun daha çok kış aylarında meydana geldiği ve yalıtım sistemlerinin karşılaştırılması açısından daha hassas bakış açısı sağlayacağı düşünülerek 3 aylık kış periyodu (Aralık-Ocak-Şubat) alınmıştır ve değişimler izlenmiştir. Yıllık süreçte simülasyon programından elde edilen grafiklere örnek Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Wufi Programından Elde Edilen Ilıman Nemli İklim Bölgesi-Dışarıdan Yalıtımlı Durum Yıllık Sıcaklık-Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişim Grafiği

4.1. Soğuk İklim Bölgesi – Erzurum

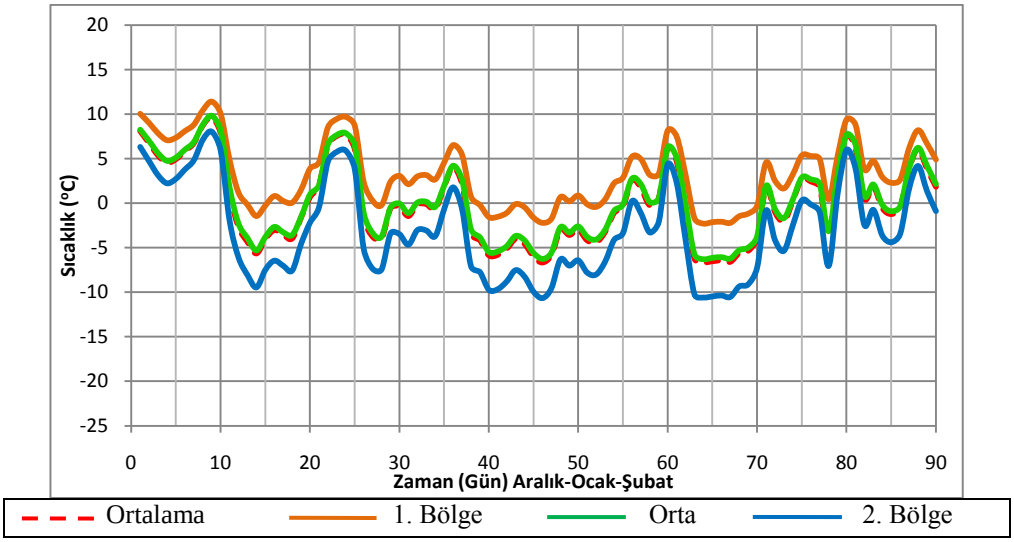
4.1.1. Yalıtımsız Betonarme Duvar Kesiti



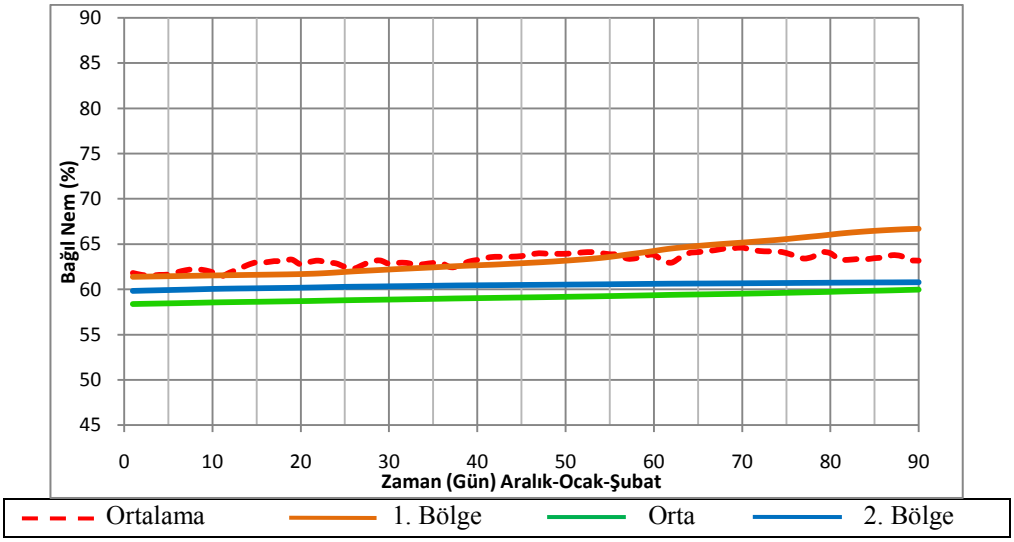
Erzurum YD da 3 aylık kış döneminde, kesitin sıcaklık değerleri -11°C ile 12°C aralığında sürekli değişkenlik gösterdiği görülmektedir. 1. bölgedeki sıcaklıkların -2 ile 12°C, 2. bölgedeki sıcaklıkların ise -11 ile 8°C aralığında olduğu izlenmektedir. İç ortama yakın olan 1. bölgede görünen değerler iç ortam konfor koşulları açısından (iç yüzey sıcaklığı) oldukça kötüdür. (Şekil 4.10) Kesitin ortalama sıcaklık eğrisi, orta bölgede elde edilen sıcaklık eğrisi ile çakışmaktadır ve oldukça düşük sıcaklıklar izlenmektedir.

Bağıl nem değerlerine bakıldığında kesitin ortalama % 60-65 aralığında bağıl neme sahip olduğu görülmektedir. 1. bölgede en yüksek bağıl nem değerleri izlenmektedir. Kesit içerisinde ortalama 38 kg/m^3 su bulunmaktadır. Yine 1. bölgede en fazla su içeriğine rastlanmaktadır. (Şekil 4.11-4.12) Bilindiği gibi, nem akışı da ısı akışı gibi sıcaklığı yüksek olan bölgeden düşük olan bölgeye doğru gerçekleştiğinden, iç ortamda buhar basıncının yüksek olması nedeniyle iç ortama yakın olan bölgede diğer bölgelere göre daha yüksek bağıl nem değerleri ve su içeriği görülmektedir.

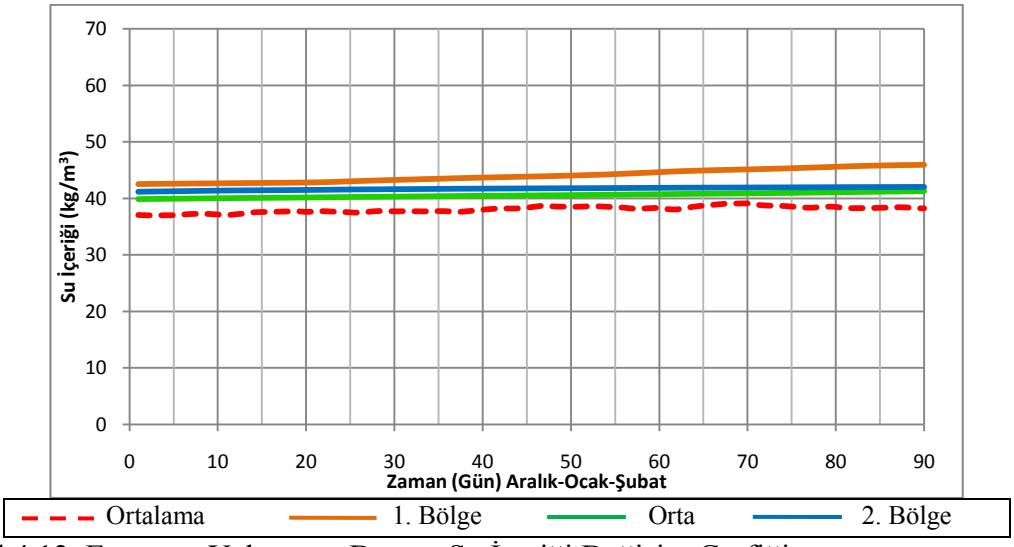
İç ve dış sıcaklık farkının fazla olduğu bölgede içeriden dışarıya su buharı akışı sırasında kesitin iç bölgesindeki su içeriği fazlalığı nedeniyle, 1. bölgede bağıl nem yüksek, dolayısıyla yoğuşma riski yüksektir. Kesitin orta ve dış bölgesinde bağıl nem değerleri birbirine çok yakındır.



Şekil 4.10. Erzurum-Yalıtımsız Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

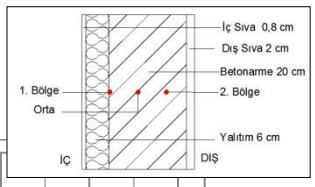


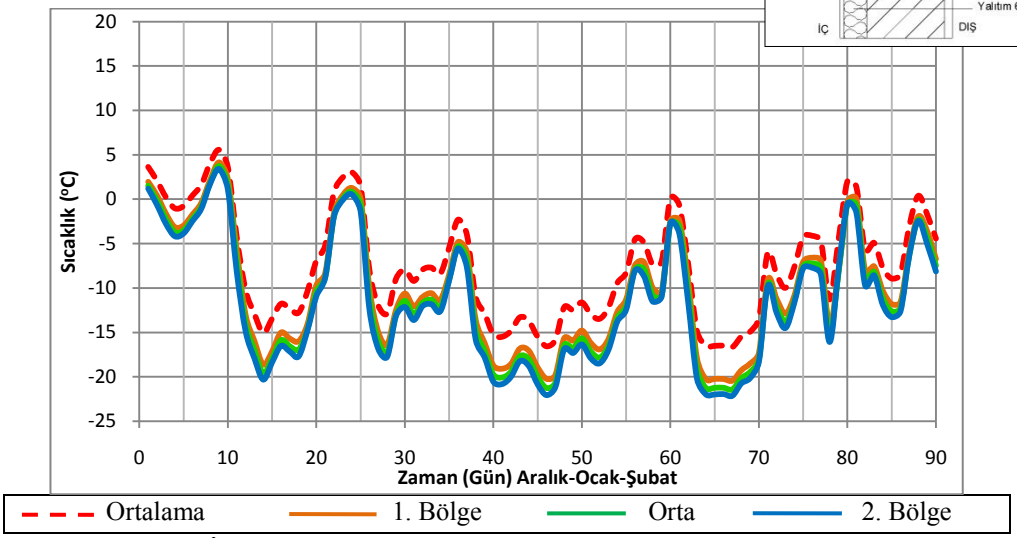
Şekil 4.11. Erzurum-Yalıtımsız Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



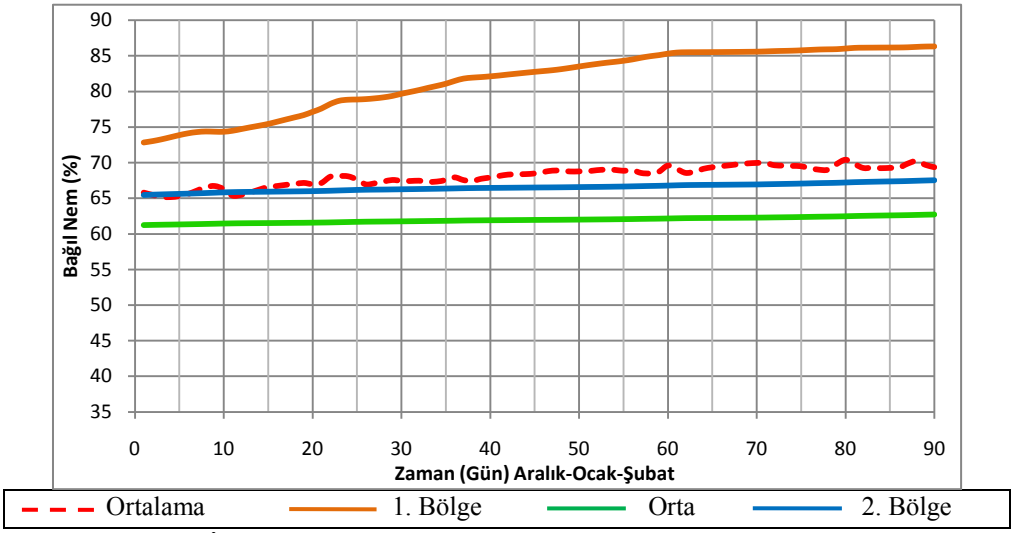
Şekil 4.12. Erzurum-Yalıtımsız Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

4.1.2. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

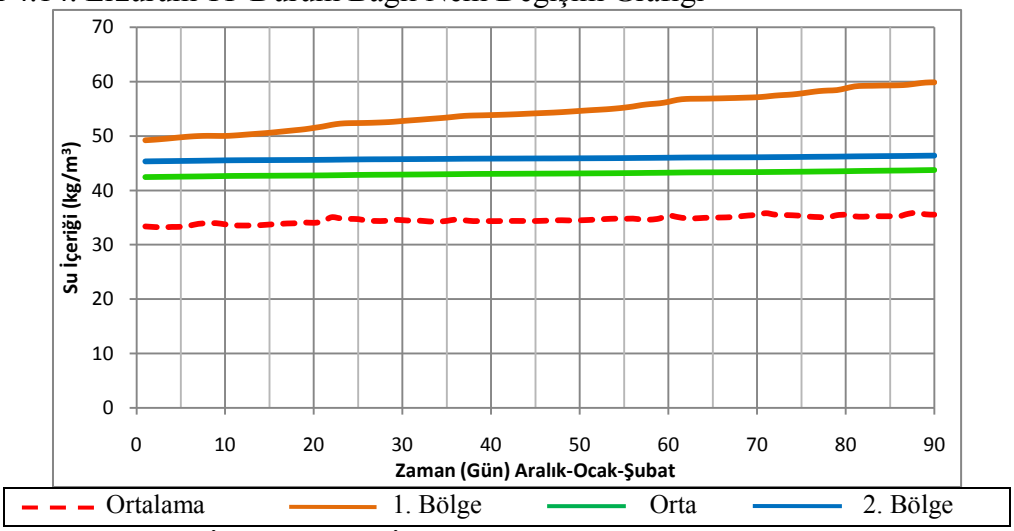




Şekil 4.13. Erzurum-İY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.14. Erzurum-İY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



Şekil 4.15. Erzurum-İY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

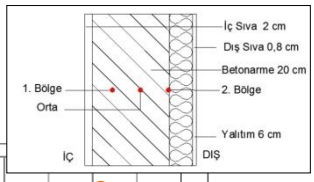
Erzurum İY kesitte ortalama sıcaklık değerleri -15°C ile 5°C aralığında değişmektedir. 2. bölgedeki sıcaklıklar -22°C'ye kadar düşmektedir. Betonarme kısımda bulunan bu bölge, ani sıcaklık değişimleri ile donma çözünmelere ve ısıl gerilimlere sebep olacaktır. Bu nedenle soğuk iklim bölgesinde İY uygun bir sistem olarak öngörülmemektedir. (Şekil 4.13)

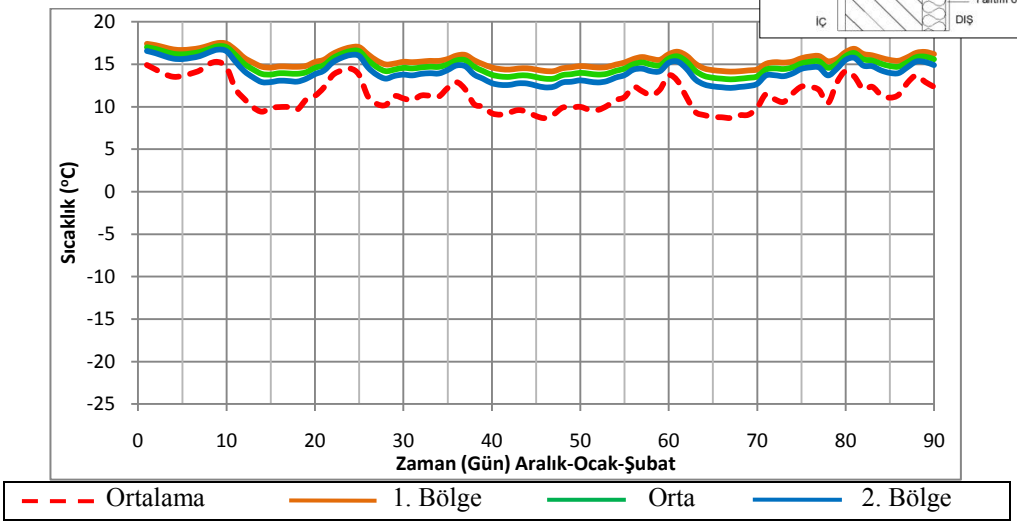
Bağıl nem açısından 1. bölgedeki nem oranı %85'in üstüne çıkmaktadır. Diğer bölgelere göre ve kabuğun ortalama bağıl nem oranına göre %17,6 oranda fazladır. Diğer bölgelerde %60-65 oranlarındadır. 1. bölge yalıtım malzemesinin betonarme elemanla birleşim bölgesidir ve burada nem birikmesi yoğuşmaya sebep olacaktır. (Şekil 4.14)

Su içeriğine bakıldığında ise yine 1. bölgede en yüksek oranda su içeriği 50-60 kg/m^3 bulunmaktadır. Ortalama olarak 35kg/m^3 civarındadır. (Şekil 4.15)

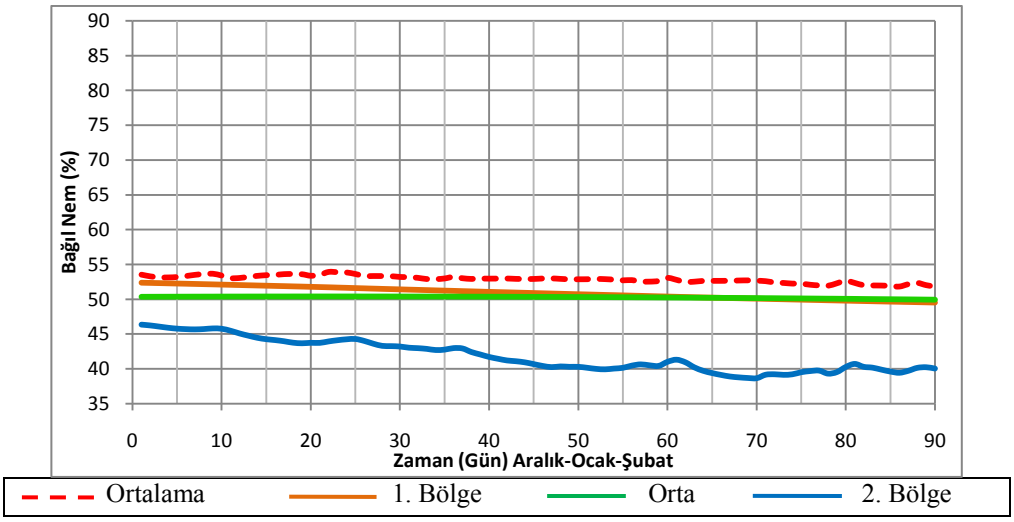
Isı akışı iç yüzeydeki yalıtım ile yavaşlatılmakta fakat yalıtımın arkasında kesitin tamamında düşük sıcaklıklar gerçekleştiğinden, içerden yalıtımlı kesit tüm kesitler içerisinde sıcaklık değerlerinin birbirine en yakın fakat en düşük değerlerde gerçekleştiği kesittir. 1. bölgede yalıtımsız duruma göre yoğuşma riskinin arttığı izlenmektedir.

4.1.3. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

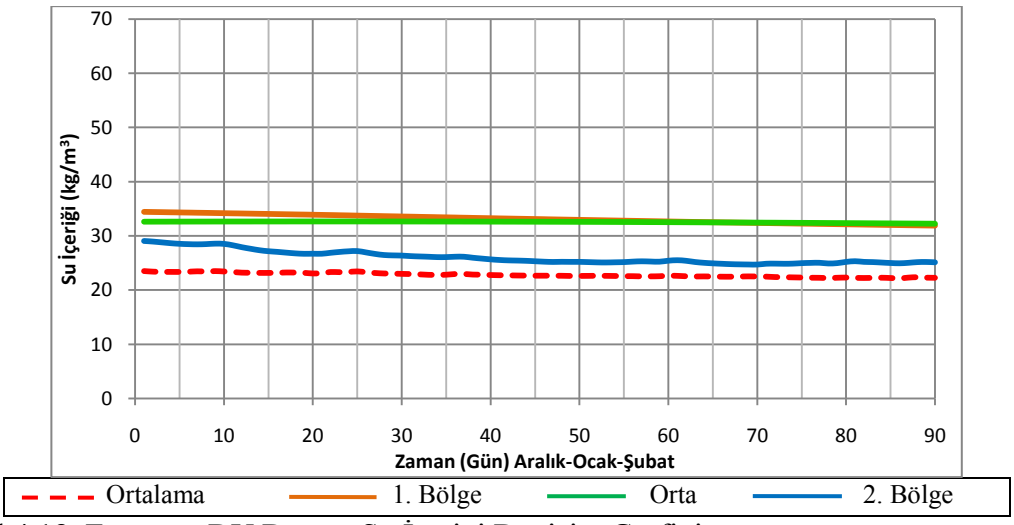




Şekil 4.16. Erzurum-DY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.17. Erzurum-DY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

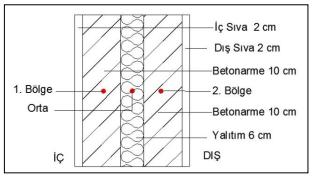


Şekil 4.18. Erzurum-DY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Erzurum DY durumda ortalama kesit sıcaklıkları 9-15°C arasında değişmektedir. İç yüzeye yakın olan 1. bölgedeki sıcaklıkların 14°C ile 17,5°C aralığında değiştiği ve iç ortam konfor koşulları açısından gerekli sıcaklık değerlerini sağlayabileceğinin göstergesidir. (Şekil 4.16) **Dışarıdan yalıtımda kesitin her üç bölgesinde sıcaklıkların birbirine yaklaştığı, diğer durumlara göre oldukça yüksek ve durağan hale geldiği görülmektedir.**

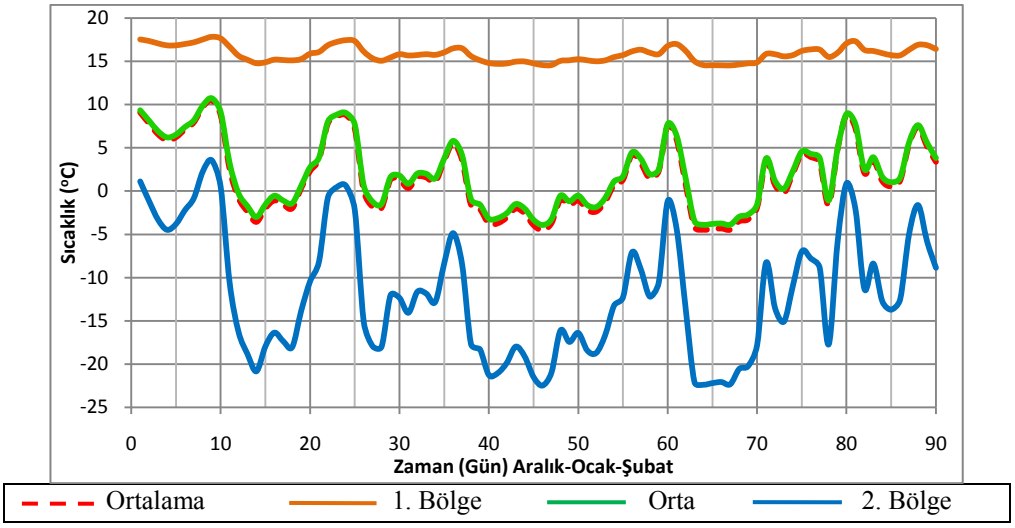
Ortalama bağıl nem oranı %50-55 civarındadır. İlk iki duruma göre oldukça düştüğü görülmektedir. Su içeriği ortalama 23kg/m^3 olmasına karşın 1. bölgede 34kg/m^3'e kadar çıkmaktadır. (Şekil 4.17-4.18) **Bağıl nem değerleri de yine iç ve orta bölgelerde dış bölgeye göre daha yüksek fakat yoğuşma riskinden uzak değerlerde gerçekleşmektedir.**

4.1.4. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

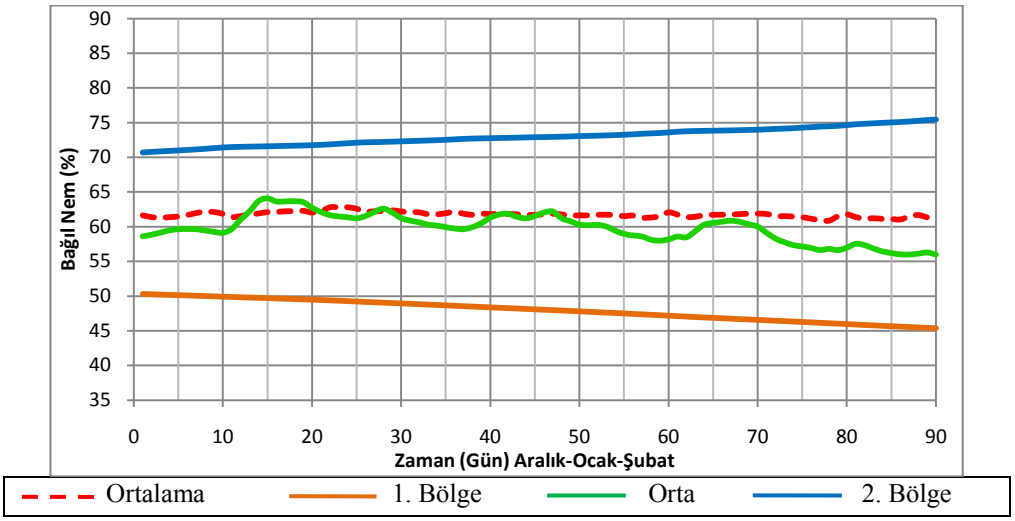


Erzurum OY duvarda kesit sıcaklıkları -5 ile 10°C aralığındadır. **Kesit içerisinde çok sıcaklık dalgalanması görülmektedir. İç, orta ve dış bölgede izlenen sıcaklıkların en fazla değişim gösterdiği kesittir.** Orta bölgede yalıtım malzemesi bulunduğundan ortalama sıcaklık eğrisi ile orta bölgedeki eğri çakışmaktadır. 1. bölge sıcaklıkları 15-18°C aralığında ve oldukça durağan bir eğri çizmektedir. Bu durum, iç ortam konfor koşulları açısından olumlu olmasına karşın bağıl nemin çok yüksek %70-80'e kadar çıktığı görülmektedir. Ortalama bağıl nem %60 civarındadır. (Şekil 4.19-4.20) Su içeriği 2. bölgede 50kg/m^3, ortalama ise 30kg/m^3'tür. Orta bölgede yalıtım malzemesi bulunduğundan bu bölgede hesaplanan su miktarı yok denecek kadar azdır. (Şekil 4.21)

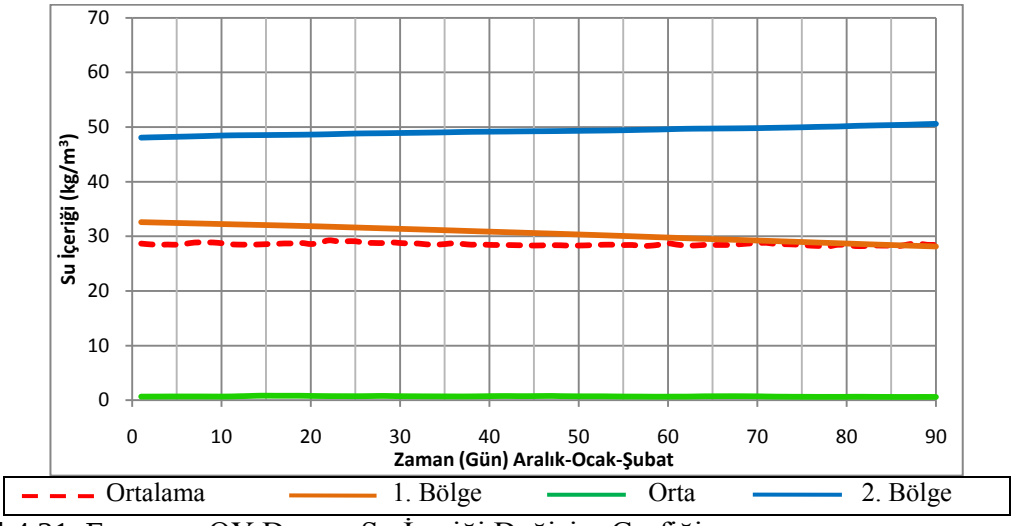
Yalıtımın arkasındaki dış bölgedeki sıcaklıkların çok düşük olması nedeniyle dış bölgede bağıl nem yükselmekte, yoğuşma riski artmaktadır. İlk üç seçenekten farklı olarak yoğuşma bölgesi dışa kaymaktadır.



Şekil 4.19. Erzurum-OY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

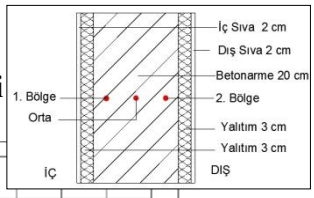


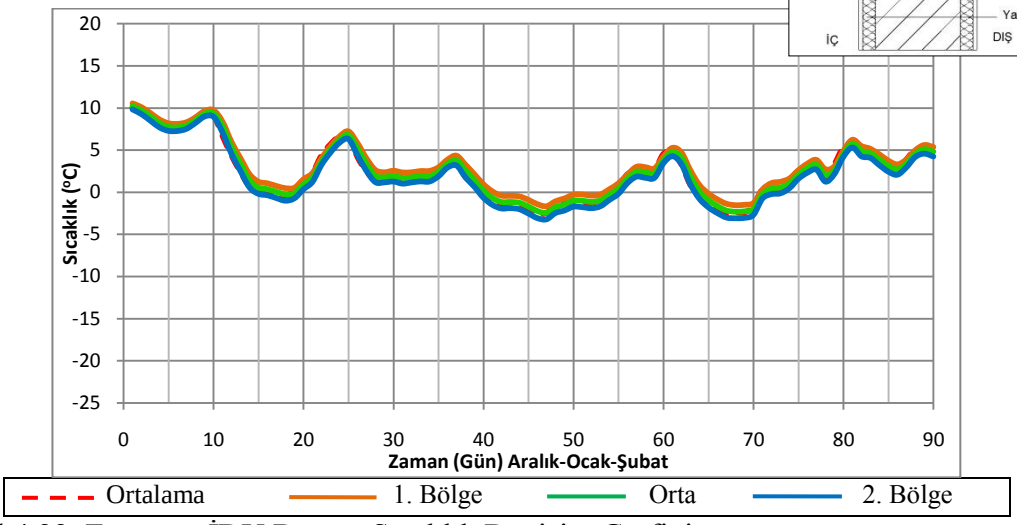
Şekil 4.20. Erzurum-OY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



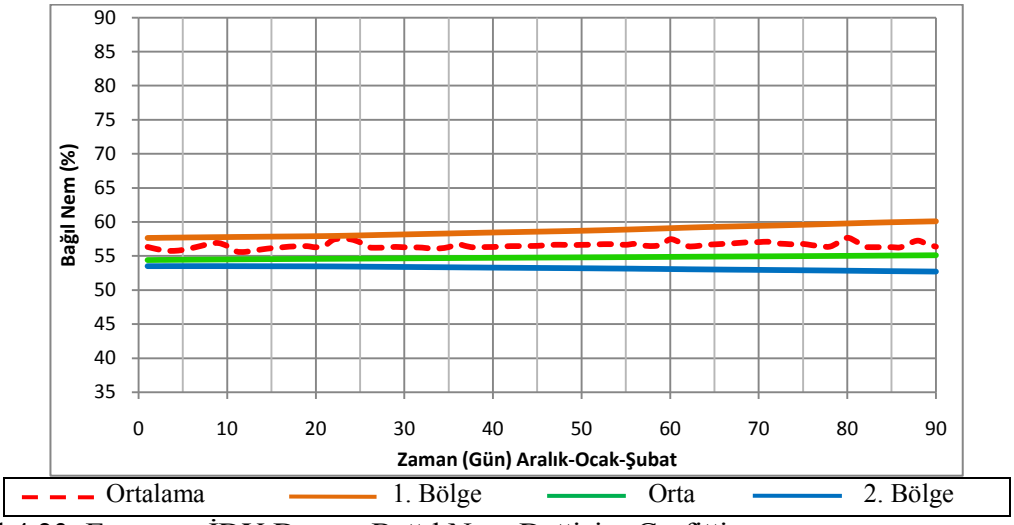
Şekil 4.21. Erzurum-OY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

4.1.5. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

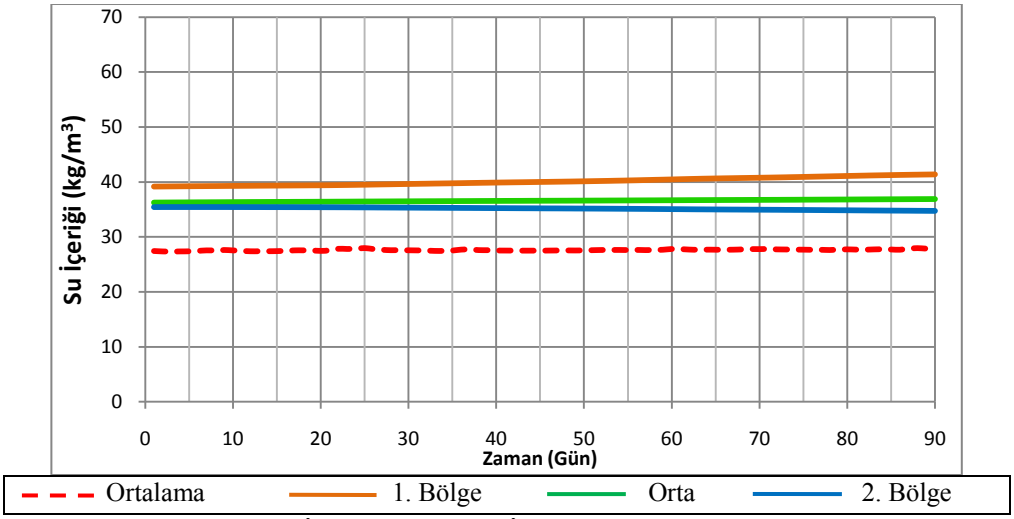




Şekil 4.22. Erzurum-İDY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.23. Erzurum-İDY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

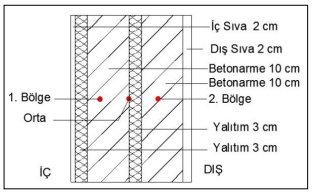


Şekil 4.24. Erzurum-İDY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Erzurum İDY durumunda kesit içerisindeki sıcaklıklar birbirine ve ortalama değere çok yakın ve paralel eğriler oluşturmaktadır. -3°C ile 10°C arasında değişmektedir. İç yüzey sıcaklığı açısından uygun değerlere ulaşabilmesi mümkün görülmemektedir. (Şekil 4.22) Bağıl nem ortalama %56'dır. Su içeriği ortalama 27kg/m^3 olmasına karşın 1. bölgede 41kg/m^3, orta ve 2. bölgede 35-36kg/m^3'e kadar çıkmaktadır. (Şekil 4.23-4.24)

Kesit içerisinde bölgeler arasında sıcaklık farklarının en az olduğu durumlardan birisidir. Ancak sıcaklık değerleri dışarıdan yalıtıma göre oldukça düşük, içerden yalıtıma göre de oldukça yüksektir. Aynı zamanda kesit içerisinde bölgeler arasında bağıl nem ve su içeriği değerleri de yakın seyretmektedir. İçeriden dışarıya su buharı akışı nedeniyle iç bölgede bağıl nem değerleri daha yüksek izlenmektedir. Dışarıdan yalıtıma göre daha yüksek nem ve su içeriğine sahip olmasına rağmen yoğuşma riski oluşmamaktadır.

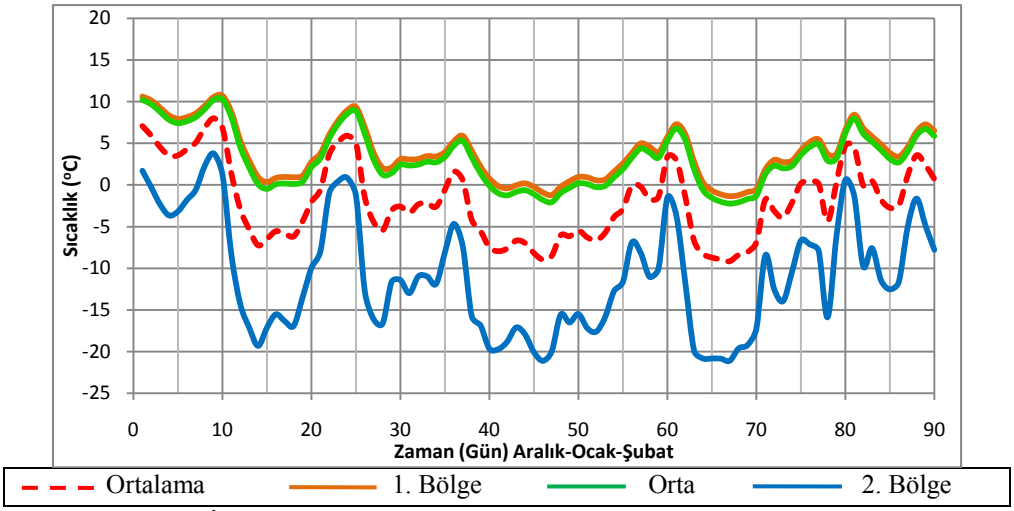
4.1.6. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



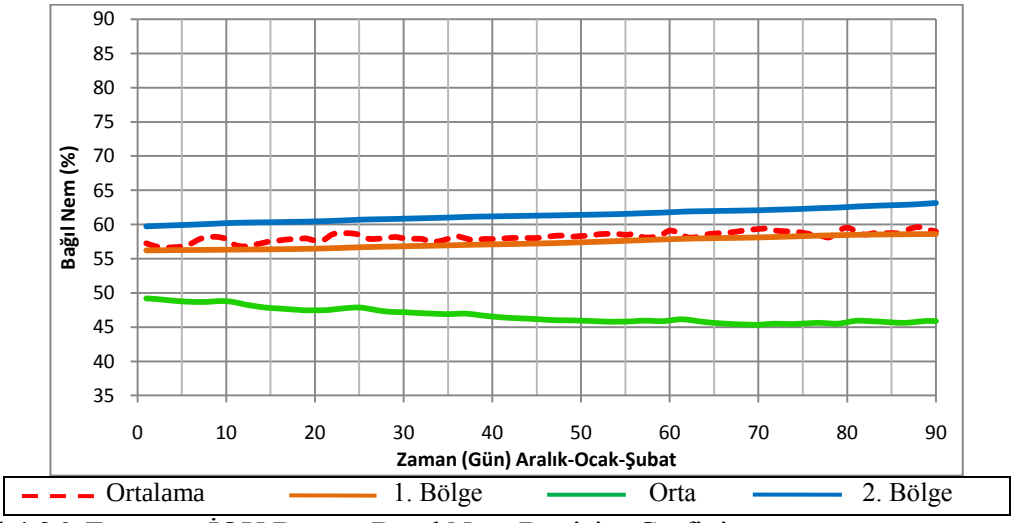
Erzurum İOY sisteminde ortalama kesit sıcaklıkları -10 ile 8°C aralığındadır. 1. bölge sıcaklıkları -1 ile 11°C aralığında olduğundan, iç ortam konfor koşullarının sağlanması mümkün olamayacaktır. 2. bölgede ise sıcaklıkların -22°C'lere kadar azalması içerisindeki nem ve suyun donma sorunu ile karşı karşıya kalınabileceğini açıkça göstermektedir. (Şekil 4.25)

Bağıl nem ortalama %55-60 aralığındadır. Su içeriği ortalama28kg/m^3 iken 2. bölgede 40-45kg/m^3, 1. Bölgede 37-41kg/m^3 aralığında görülmektedir. (Şekil 4.26-4.27)

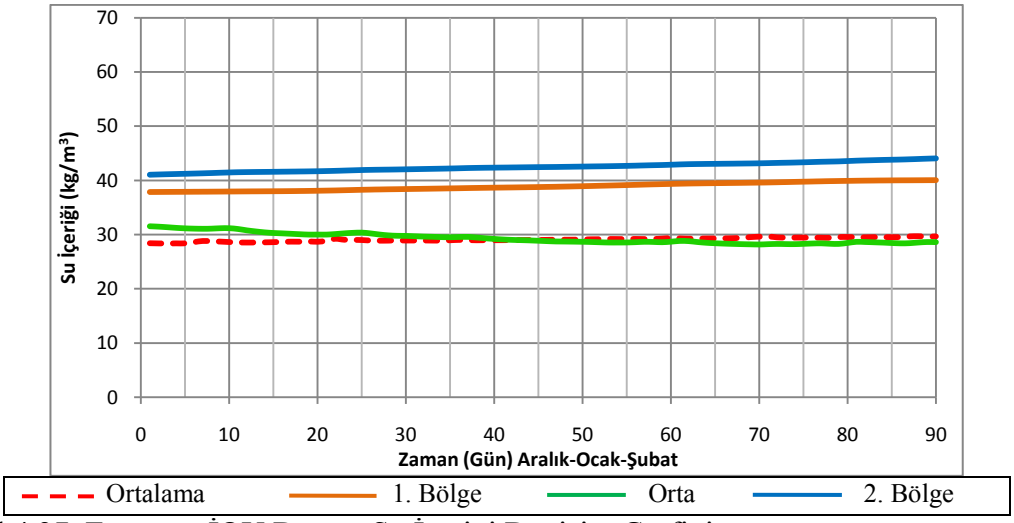
1. bölge ve orta bölgede sıcaklık değerleri neredeyse çakışık durumdadır. Nedeni bu bölgelerin her iki tarafından yalıtım ile ısı akışının yavaşlatılmış olmasıdır. Fakat ortadan yalıtımda olduğu gibi dış bölgede sıcaklıkların çok düşük olması nedeniyle yoğuşma riski dış bölgeye kaymaktadır.



Şekil 4.25. Erzurum-İOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

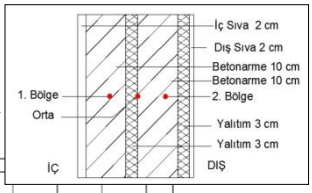


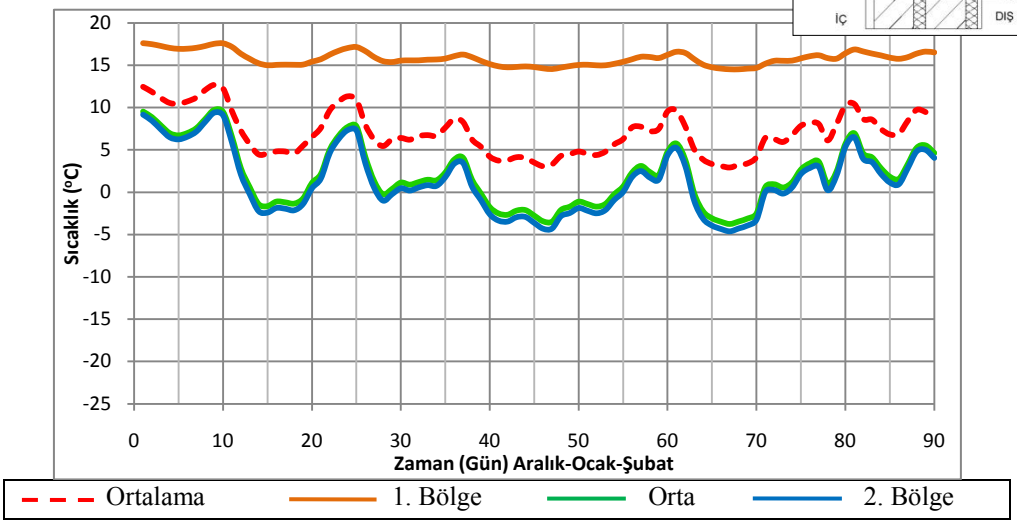
Şekil 4.26. Erzurum-İOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



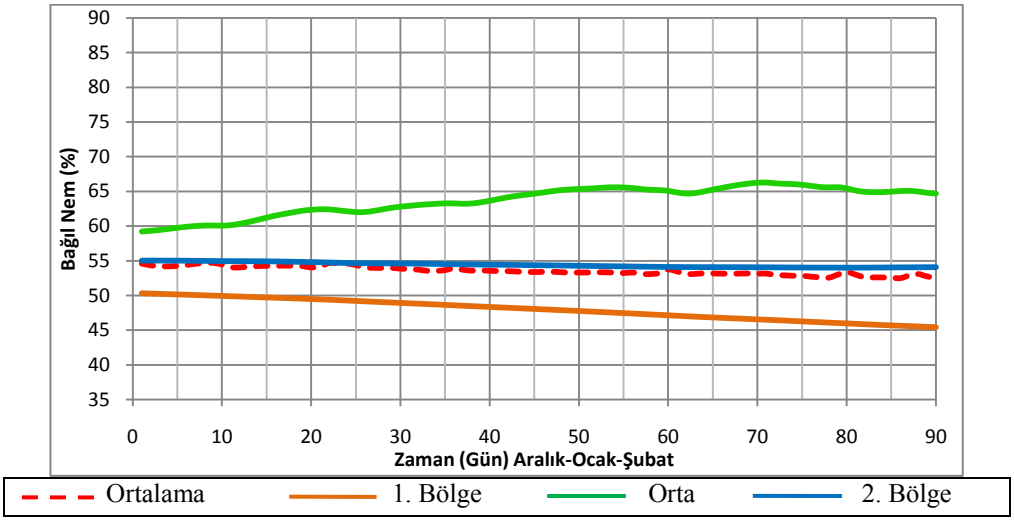
Şekil 4.27. Erzurum-İOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

4.1.7. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

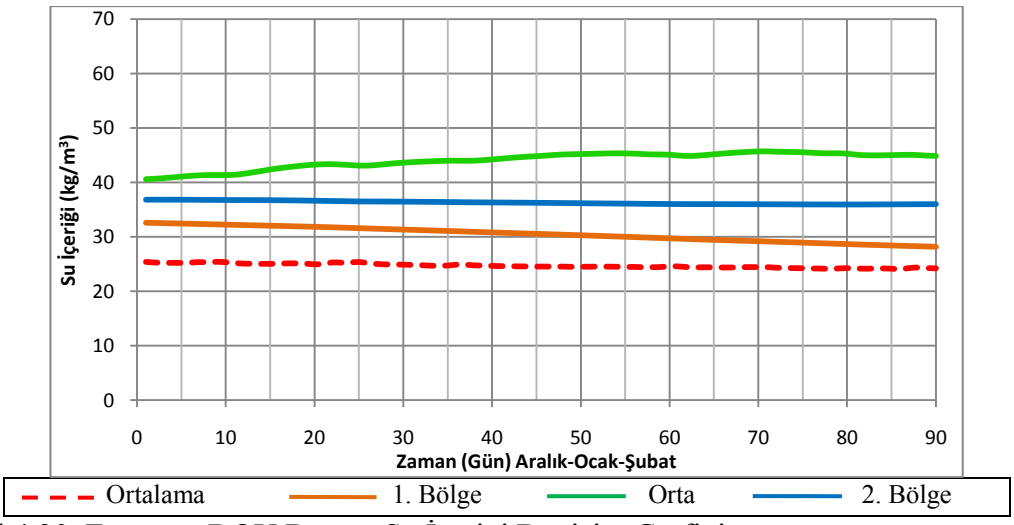




Şekil 4.28. Erzurum-DOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



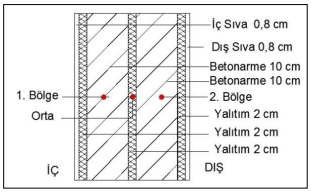
Şekil 4.29. Erzurum-DOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



Şekil 4.30. Erzurum-DOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

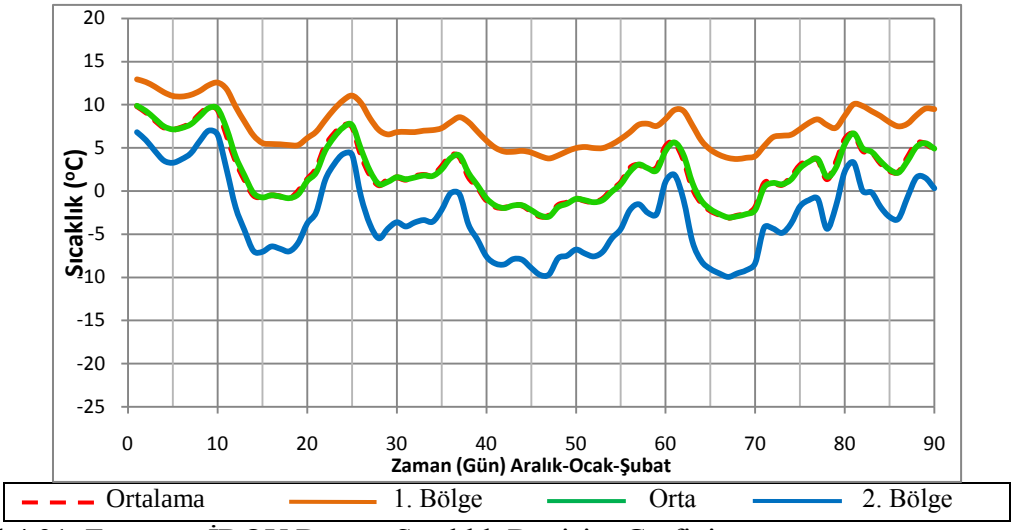
Erzurum DOY ortalama sıcaklık değerleri 3-13°C arasındadır. İç yüzeye yakın olan 1. bölgedeki sıcaklıkların 15-18°C aralığında olması iç yüzey sıcaklığı açısından konfor koşullarını sağlayabileceğini göstermektedir. Ortadaki yalıtımın tam arka yüzeyinde olan orta ve 2. bölgede sıcaklıklar iç bölgeye göre düşük (-5°C'lere kadar düşük) ve birbirine çok yakındır. (Şekil 4.28) Kesitte ortalama bağıl nem eğrisi %55 oranındadır. Orta bölgede %65 oranına kadar yükselmektedir. (Şekil 4.29) Su içeriği açısından ortalama 25kg/m^3, orta bölgede 40-45kg/m^3 civarındadır. (Şekil 4.30) İçeriden akan su buharı birinci yalıtımla kesildiğinden ortadaki yalıtımın tam arkasında ve dış bölgede su içeriği daha yüksektir. Dolayısıyla bu kesitte 1. Bölgeye göre, orta ve 2. bölgede sıcaklıklar oldukça düşük, bağıl nem değeri de yüksektir. Kesit içinde bölgeler arası fark fazladır.

4.1.8. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

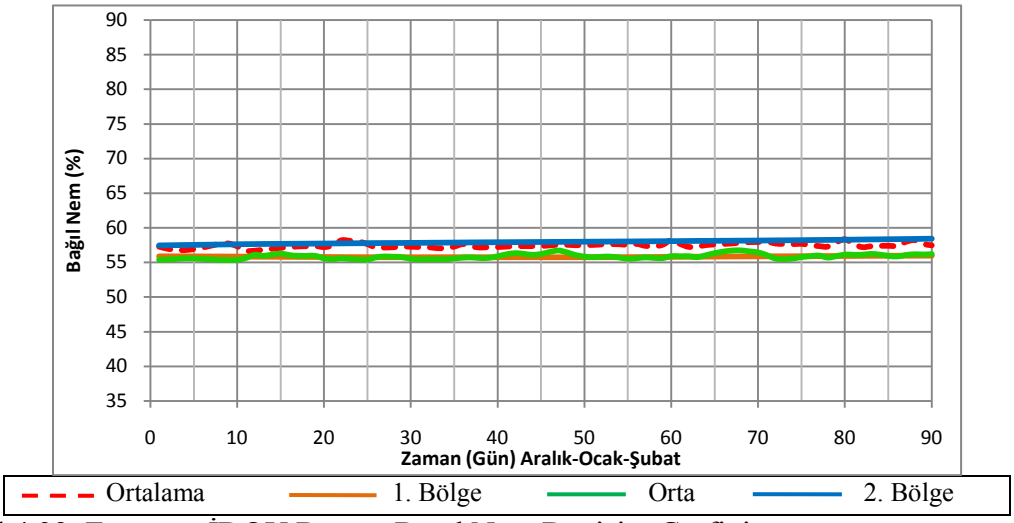


Erzurum İDOY kesit sıcaklıkları ortalama -3 ile 10°C aralığındadır. 1. bölgede 4 ile 13°C, 2. bölgede, -10°C ye kadar düşük sıcaklıkları göstermektedir. (Şekil 4.31) Bağıl nem ortalama %57 civarındadır. (Şekil 4.32) Her bölgede birbirine çok yakın değerler almaktadır. Su içeriği açısından ortalama 28kg/m^3 tür. 1. ve 2. bölgede 35-40kg/m^3 aralığındadır. (Şekil 4.33)

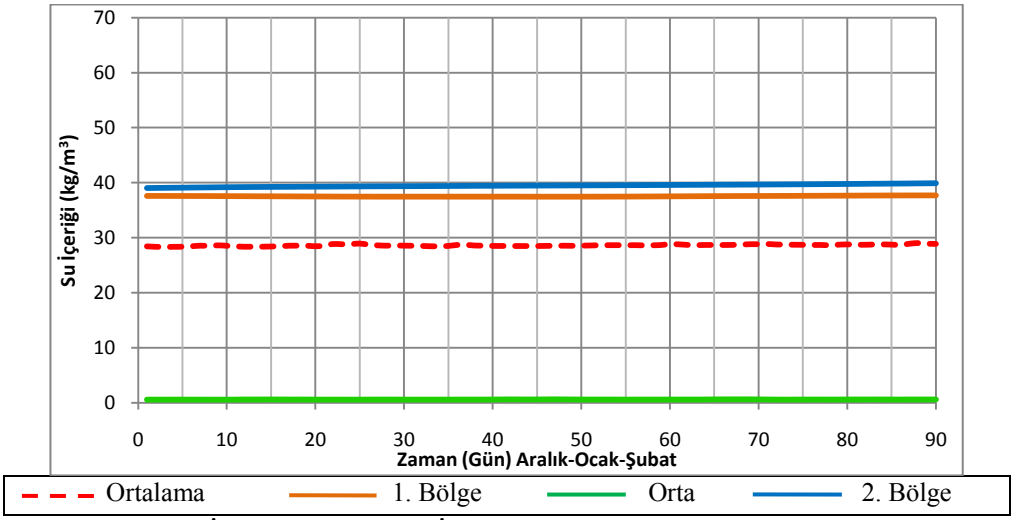
Yalıtım kalınlığının üç eşit parçaya bölünmesiyle, kesit içinde sıcaklıklar beklenildiği gibi durağan ve birbirine yakın değildir. Yalıtımın tek parça halinde kalın olarak dışarıda kullanıldığı durumda gerçekleşen sıcaklık değerlerinden oldukça düşük değerler izlenmektedir. Üç parçalı kullanım, iki parçalı kullanım olan, İOY durumuna göre daha yüksek kesit sıcaklıklarına sahip olmasına rağmen DOY'a göre daha düşük sıcaklık değerleri göstermektedir. Kısaca gerek sıcaklık gerekse bağıl nem açısından dış bölgede yalıtım uygulanması durumunda iki parçalı kullanım üç parçalı kullanımdan daha olumlu olmaktadır.



Şekil 4.31. Erzurum-İDOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.32. Erzurum-İDOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



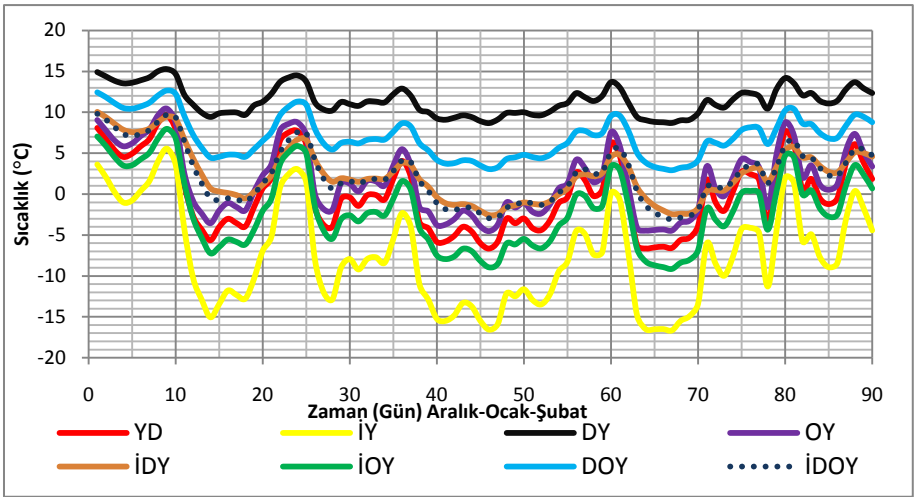
Şekil 4.33. Erzurum-İDOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Değerlendirme

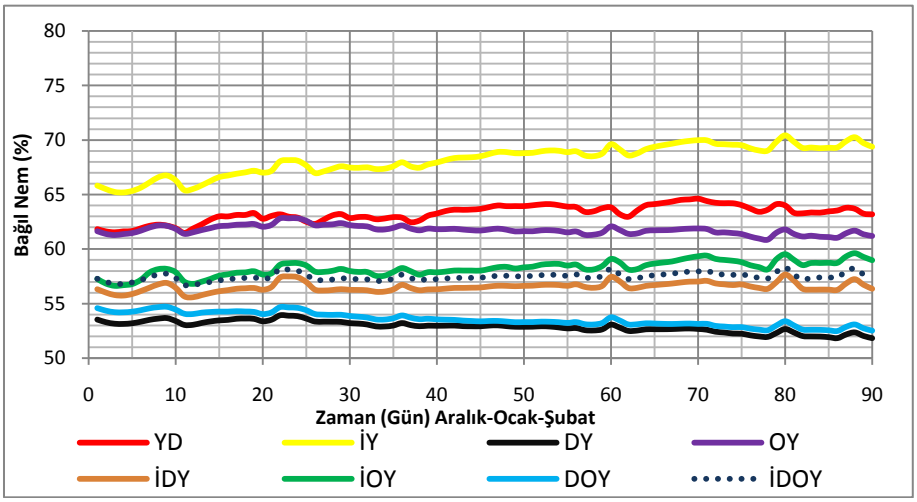
Soğuk iklim bölgesine örnek olarak incelenen Erzurum İli'ne ait kesit grafikleri ayrı ayrı incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu aşamada tüm sistemlerin aynı grafik üzerinde karşılaştırmasını yapmak hedeflenmiş ve oluşturulan grafiklerde sıcaklık, bağıl nem ve su içeriği açısından sistemler karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.34'de kesit sıcaklığı açısından yapı kabuğu sistemlerine bakıldığında en olumlu sonuçları veren sistem DY sistemdir. DY sistemi sırasıyla DOY, İDY ve İDOY sistemleri izlemektedir. İDY ile İDOY sistemlerinin birbirine çok yakın değerler aldığı görülmektedir. En olumsuz sıcaklık değerleri (düşük sıcaklık) İY sisteminde görülmektedir. İY ile İOY sistemleri yalıtımsız durumdan bile daha düşük sıcaklıklara sahiptir. **Yalıtımın dışarıdan veya dışa yakın bölgede düzenlendiği seçeneklerde (DY, DOY) kesit içinde durağan sıcaklıklar elde edildiği, içte ve içe yakın bölgede düzenlendiğinde ise kesit içinde sıcaklıkların kış boyunca büyük farklar gösterdiği Şekil 4.34'de izlenmektedir.**

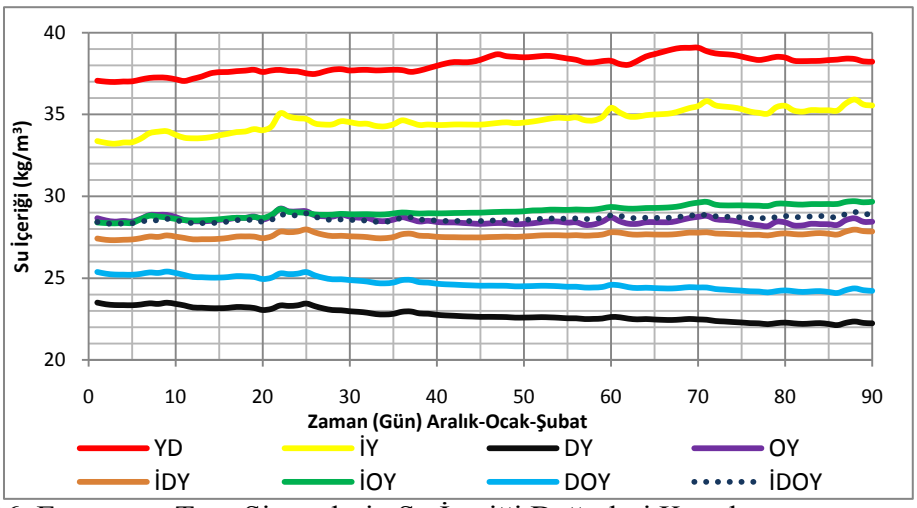
Şekil 4.35'de bağıl nem açısından değerlendirildiğinde, sıcaklık değerlerinde olduğu gibi İY en olumsuz sistem olarak görülmektedir. En yüksek bağıl nem ve en düşük sıcaklıklara sahip, bu iklim koşullarında en olumsuz sistemdir. Yalıtımsız durumdan bile daha yüksek bağıl nem oranındadır. Bağıl nem açısından en olumlu sistem olarak DY ve DOY daha sonra sırasıyla İDY ve İDOY olarak sıralanmaktadır.



Şekil 4.34. Erzurum - Tüm Sistemlerin Sıcaklık Değerleri Karşılaştırması



Şekil 4.35. Erzurum - Tüm Sistemlerin Bağıl Nem Değerleri Karşılaştırması



Şekil 4.36. Erzurum - Tüm Sistemlerin Su İçeriği Değerleri Karşılaştırması

Gerek yüzey sıcaklığı, gerekse bağıl nem değerleri açısından yalıtımın dışta ve dışa yakın bölgelerde kullanıldığı durum en olumlu, içte ve içe yakın bölgelerde kullanıldığı durum en olumsuzdur. Yalıtımın iki eşit parça halinde kullanıldığı durumlarda yine dış yüzeyde yalıtım konumlandığında daha olumlu sonuçlar görülmektedir. Yalıtımın üç eşit parça halinde kullanıldığı durumda, tek parçalı dışarıda kullanıma göre daha düşük sıcaklık değerleri elde edilmektedir. İki parçalı kullanım olan İOY'a göre daha yüksek DOY'a göre daha düşük sıcaklık değerleri görülmektedir. Dış bölgede yalıtım uygulanması durumunda iki parçalı kullanım üç parçalı kullanımdan daha olumlu olmaktadır.

Su içeriği açısından en olumlu sistemler DY, DOY, İDY, İDOY ve OY olarak sıralanmaktadır. YD ve İY bu değerlendirme koşutu içerisinde de en olumsuz sistemler olarak nitelendirilebilir.

Yalıtımsız durumda su içeriği daha yüksek olmasına rağmen, sıcaklıkların daha düşük seyrettiği İY durumunda bağıl nem değerleri doğal olarak daha yüksek izlenmektedir. (Şekil 4.35-4.36) dolayısıyla İY kesitin yoğuşma riski daha yüksek olmaktadır.

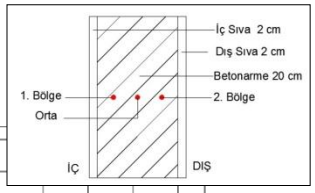
Soğuk iklim bölgesi örneği olan Erzurum ilinin yalıtım sistemlerinin karşılaştırıldığı bir tablo oluşturulmuştur. Oluşturulan tabloda düşey eksendeki yalıtım sistemlerinin yatay eksendekilere göre olumlu (+) ve olumsuz (-) olma durumları karşılaştırılabilmektedir. Her karşılaştırma minimum ve maksimum olmak üzere yapılmıştır. Tez çalışmasında 3 aylık kış dönemi ele alındığından sıcaklık açısından yüksek sıcaklıklar olumlu(+), bağıl nem ve su içeriği açısından ise düşük değerler olumlu(+) olarak değerlendirilmiştir. (Tablo 4.1) Örneğin; yalıtımsız durum içerden yalıtıma göre 3 aylık kış döneminde, kesit sıcaklıkları açısından 1-10°C aralığında daha yüksek değerler almakta ve dolayısıyla daha olumlu bir sistem olarak değerlendirilmektedir. Bağıl nem açısından ise, %4-7, su içeriği açısında da 2,5-4kg/m^3 aralığında daha düşük değerlerle daha olumlu durumdadır.

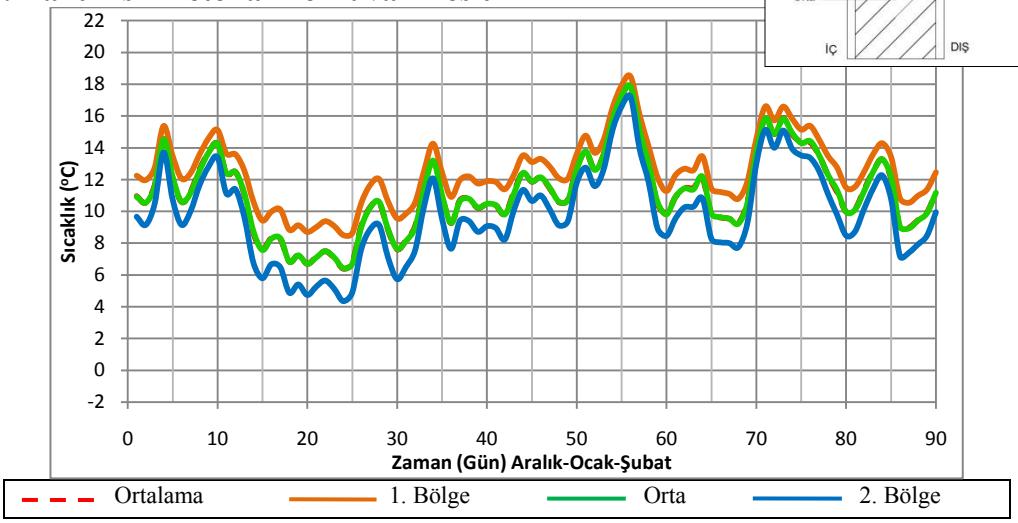
Tablo 4.1. Soğuk İklim Bölgesinde Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması

ERZURUM		YD	İY	DY	OY	İDY	İOY	DOY	İDOY
YD	Sıcaklık (°C)	-	(+) 1-10	(-) 5-15	(-) 1-2,5	(-) 0-5,5	(+) 0-2,5	(-) 2,5-10	(-) 0-6
	B. Nem (%)	-	(+) 4-7	(-) 9-12,5	(-) 0-3	(-) 5-8	(-) 4-5,5	(-) 7-13	(-) 4-7
	Su (kg/m^3)	-	(+) 2,5-4	(-) 14-16	(-) 8,5-11	(-) 10-12	(-) 8,5-10	(-) 11,5-15	(-) 8,5-11
İY	Sıcaklık (°C)	(-) 1-10	-	(-) 10-26	(-) 5-12	(-) 4-15	(-) 2-8	(-) 7-20	(-) 4-14
	B. Nem (%)	(-) 4-7	-	(-) 12-18	(-) 4-9	(-) 10-13	(-) 9-10	(-) 11-17	(-) 9-12
	Su (kg/m^3)	(-) 2,5-4	-	(-) 10-13	(-) 5-7	(-) 6-7	(-) 5-6	(-) 8-11	(-) 5-7
DY	Sıcaklık (°C)	(+) 5-15	(+) 10-26	-	(+) 5-13	(+) 5-12	(+) 8-11,5	(+) 2-6	(+) 5-12
	B. Nem (%)	(+) 9-12,5	(+) 12-18	-	(+) 8-9	(+) 3-5	(+) 4-7	(+) 0,5-1	(+) 4-6
	Su (kg/m^3)	(+) 14-16	(+) 10-13	-	(+) 5,5-8	(+) 4-5	(+) 5,5-8	(+) 2	(+) 5-7
OY	Sıcaklık (°C)	(+) 1-2,5	(+) 5-12	(-) 5-13	-	(+)(-) 1-4	(+) 2-4	(-) 2-7	(+)(-) 1-2
	B. Nem (%)	(+) 0-3	(+) 4-9	(-) 8-9	-	(-) 4-6	(-) 2-4,5	(-) 7-9	(-) 4-5
	Su (kg/m^3)	(+) 8,5-11	(+) 5-7	(-) 5,5-8	-	(-) 1-2	(+) 0-2	(-) 3-5	Eşdeğer
İDY	Sıcaklık (°C)	(+) 0-5,5	(+) 4-15	(-) 5-12	(+)(-) 1-4	-	(+) 0-8	(-) 2-5	Eşdeğer
	B. Nem (%)	(+) 5-8	(+) 10-13	(-) 3-5	(+) 4-6	-	(+) 1-2,5	(-) 1,5-4	(+) 1
	Su (kg/m^3)	(+) 10-12	(+) 6-7	(-) 4-5	(+) 1-2	-	(+) 1-2	(-) 2-4	(+) 1-1,5
İOY	Sıcaklık (°C)	(-) 0-2,5	(+) 2-8	(-) 8-11,5	(-) 2-4	(-) 0-8	-	(-) 5-12	(-) 1-7
	B. Nem (%)	(+) 4-5,5	(+) 9-10	(-) 4-7	(+) 2-4,5	(-) 1-2,5	-	(-) 3-6	(-) 0-1,5
	Su (kg/m^3)	(+) 8,5-10	(+) 5-6	(-) 5,5-8	(-) 0-2	(-) 1-2	-	(-) 3-6	(-) 0-1
DOY	Sıcaklık (°C)	(+) 2,5-10	(+) 7-20	(-) 2-6	(+) 2-7	(+) 2-5	(+) 5-12	-	(+) 2,5-6
	B. Nem (%)	(+) 7-13	(+) 11-17	(-) 0,5-1	(+) 7-9	(+) 1,5-4	(+) 3-6	-	(+) 3-5
	Su (kg/m^3)	(+) 11,5-15	(+) 8-11	(-) 2	(+) 3-5	(+) 2-4	(+) 3-6	-	(+) 3-5
İDOY	Sıcaklık (°C)	(+) 0-6	(+) 4-14	(-) 5-12	(+)(-) 1-2	Eşdeğer	(+) 1-7	(-) 2,5-6	-
	B. Nem (%)	(+) 4-7	(+) 9-12	(-) 4-6	(+) 4-5	(-) 1	(+) 0-1,5	(-) 3-5	-
	Su (kg/m^3)	(+) 8,5-11	(+) 5-7	(-) 5-7	Eşdeğer	(-) 1-1,5	(+) 0-1	(-) 3-5	-

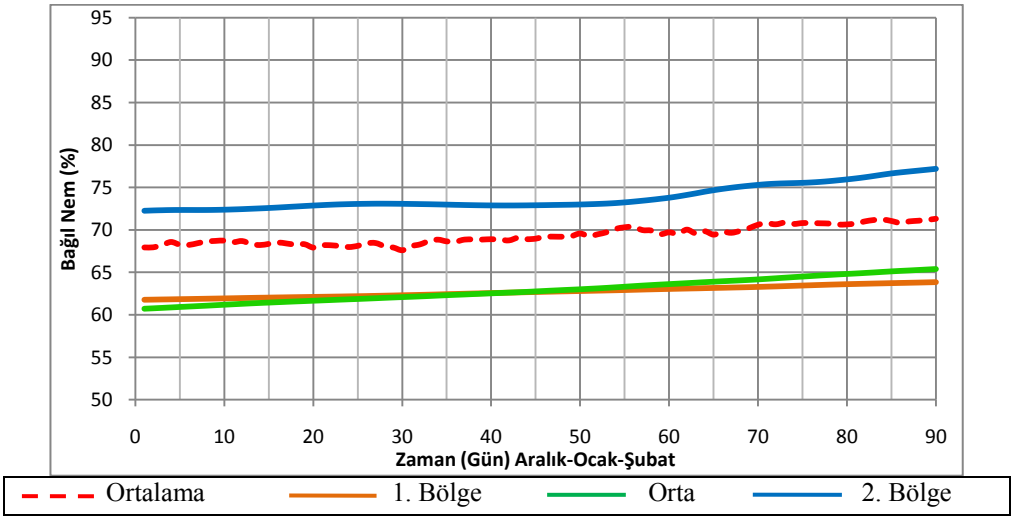
4.2. Ilıman-Nemli İklim Bölgesi – Edirne

4.2.1. Yalıtımsız Betonarme Duvar Kesiti

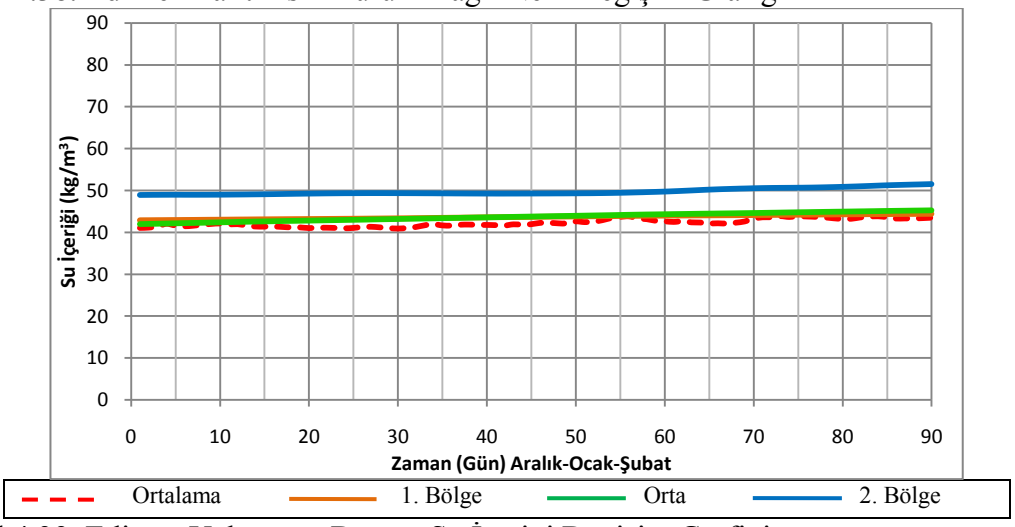




Şekil 4.37. Edirne-Yalıtımsız Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.38. Edirne -Yalıtımsız Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

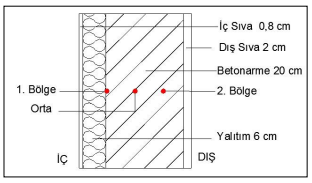


Şekil 4.39. Edirne -Yalıtımsız Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Edirne YD kesit sıcaklıkları 4-19°C aralığında ani değişimler göstermektedir. 1. bölgedeki sıcaklıklar 8-19°C arasındadır. (Şekil 4.37) Kesitte ortalama Bağıl nem eğrisi %70 düzeyindedir. 2. bölgede ortalamanın %5-7 üzerinde seyretmektedir. (%70 - %80) (Şekil 4.38) Su içeriği ortalama 43kg/m^3 tür. 2. bölgede ortalama 50kg/m^3 e kadar yükselmektedir. (Şekil 4.39)

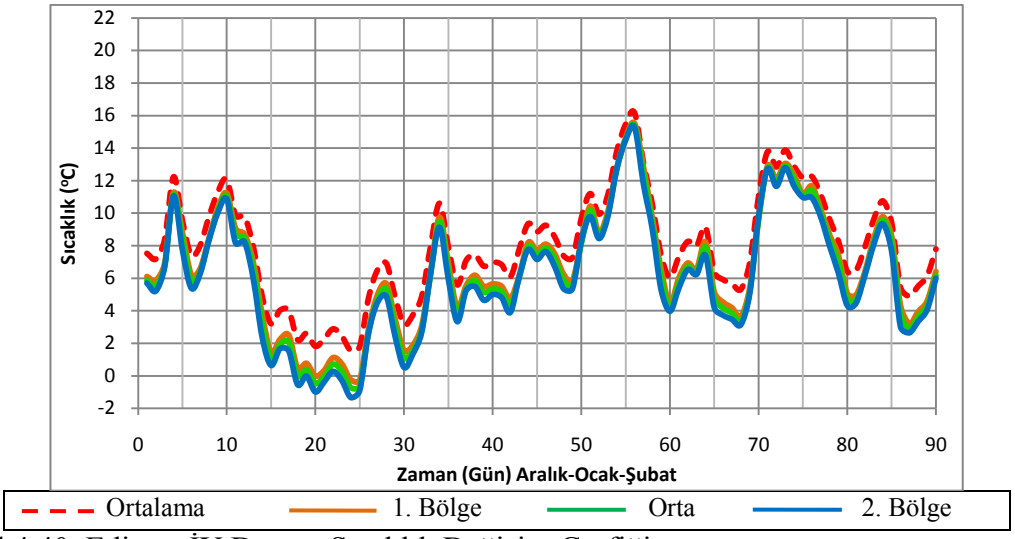
Kesit sıcaklıklarında bölgeler arası çok büyük farklar gözlenmemekte fakat sıcaklıklar düşük ve değişken bir eğri oluşturmaktadır. YD da diğer iklim bölgelerinden farklı olarak 2. bölge yoğuşma riski taşımaktadır. Orta ve 1. bölgedeki nem değerleri birbirine çok yakınken 2. bölgede dış ortam nemlilik oranının çok yüksek olması sebebiyle yükselmektedir.

4.2.2. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

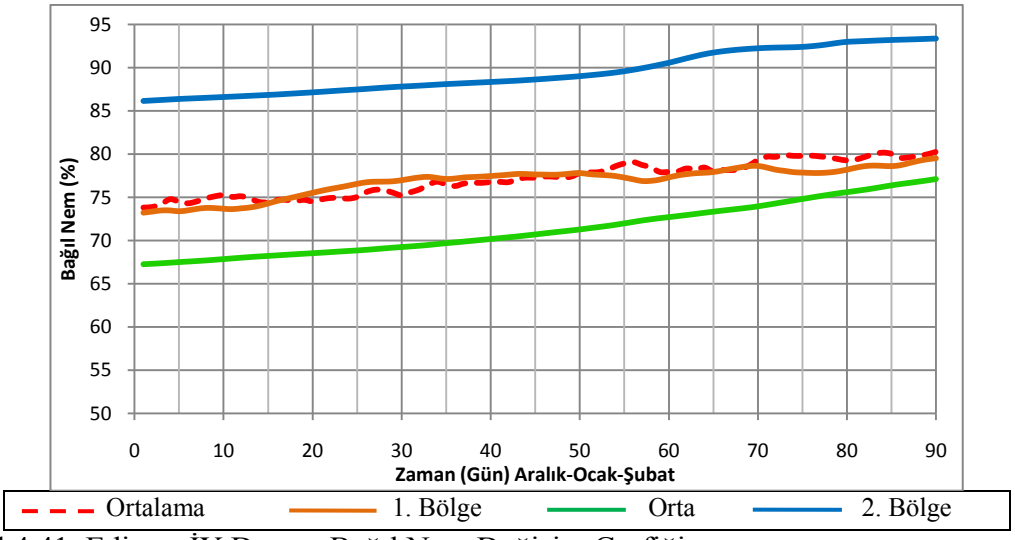


Edirne İY durumunda ortalama sıcaklıklar 1,5-16°C aralığındadır. 1. bölge sıcaklıkları da ortalama sıcaklıklara paralel olarak -0,5 ile 15,5°C olarak değişmektedir. Bu iklim bölgesinde, iç yüzey sıcaklığı açısından iç ortam konfor koşullarına uygun bir kabuk olmadığı anlaşılmaktadır. (Şekil 4.40)

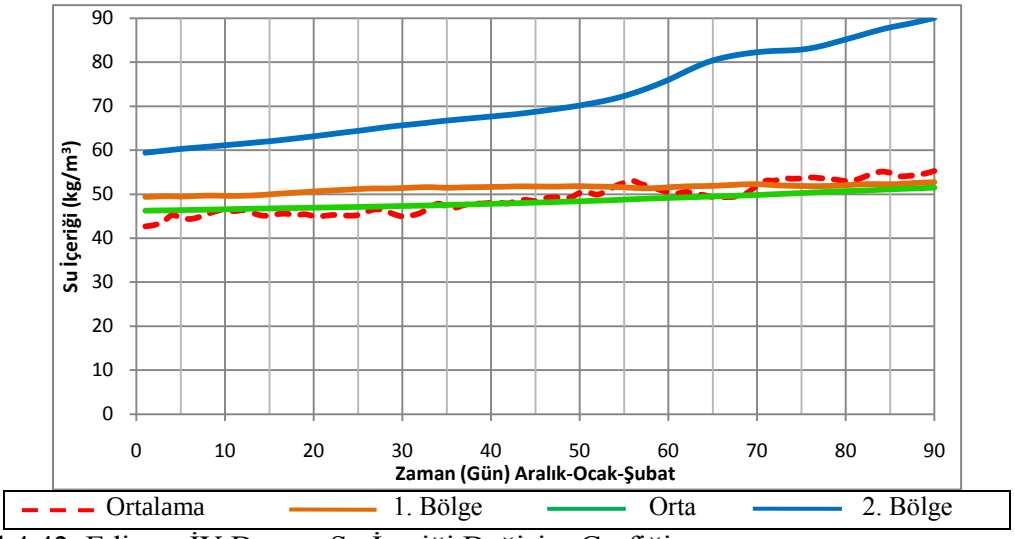
Bağıl nem ortalama %75-80 aralığındadır. 2. bölgede ortalamanın %15 üzerinde seyretmektedir. (%85 - %95) Su içeriği açısından ortalama 50kg/m^3 tür. 2. bölgede 90kg/m^3'e kadar yükseldiği gözlenmektedir. 2. bölge betonarme eleman içerisinde bulunduğundan burada birikecek suyun donatılardaki korozyon etkisi göz ardı edilmemelidir. (Şekil 4.41-4.42)



Şekil 4.40. Edirne -İY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



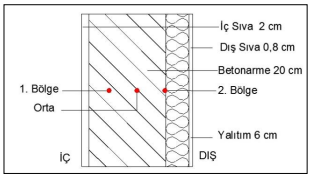
Şekil 4.41. Edirne -İY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



Şekil 4.42. Edirne -İY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

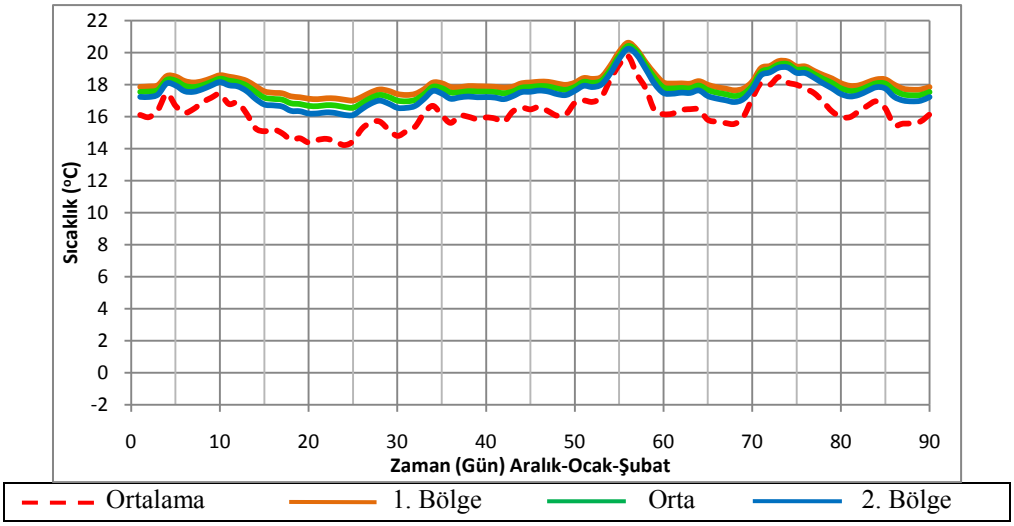
Kesit sıcaklıkları birbirine en yakın ve düşük olan durumlardan birisidir. Yalıtımdan sonraki bölgede kesit sıcaklığının düşük ve bağıl nemin yüksek olması yoğuşma riskleri oluşturmaktadır. Yalıtım ile su buharı geçişi yavaşlamakta ve sonrasında dış bölgeye doğru hızlıca nemlilik artmaktadır. YD da olduğu gibi dış bölge risk oluşturan bölgedir. Yalıtımsız durumdan daha düşük kesit sıcaklıkları ve daha yüksek nemlilik değerlerine sahip olduğundan yoğuşma riski en fazla olan kabuktur. Dış hava nemliliğinin oldukça yüksek olduğu kış döneminde bölgesel yoğuşma olması kaçınılmazdır.

4.2.3. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

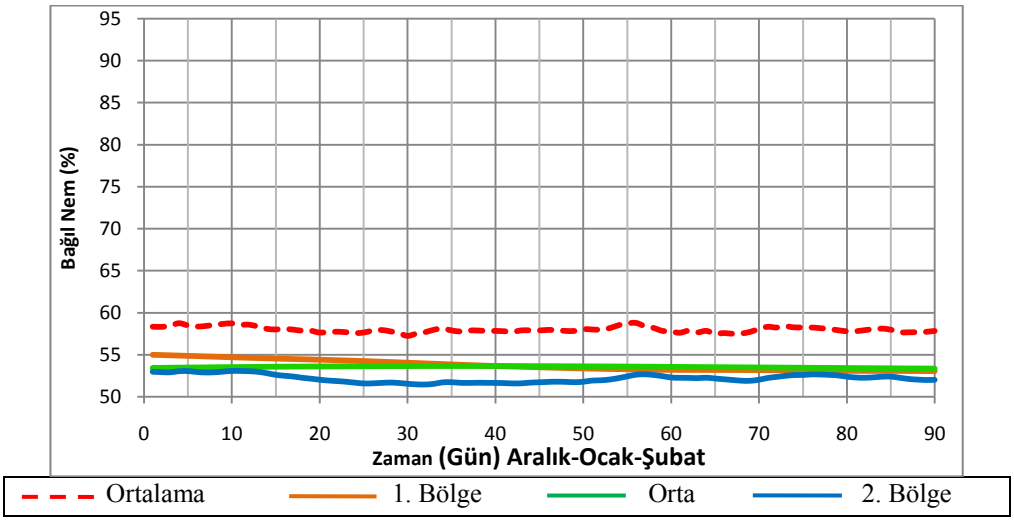


Edirne DY sisteminde sıcaklıklar 14,5-20,5°C aralığında değişim göstermektedir. 1. bölgede 17-20,5°C aralığında izlenmektedir. (Şekil 4.43) Bağıl nem ortalama %58, 1., 2. ve orta bölgelerde %53-55 oranındadır. Yalıtım malzemesi su buharına direnç gösterdiğinden kesit boyunca nem yükselmekte ve ortalama bağıl nem eğrisini etkilemektedir. (Şekil 4.44) Su içeriği ortalama 27kg/m^3 1., 2. ve orta bölgelerde yaklaşık 35kg/m^3 tür. Su içeriğinde ise yalıtım malzemesi bünyesine su almadığı için ortalama değeri düşürmektedir. (Şekil 4.45)

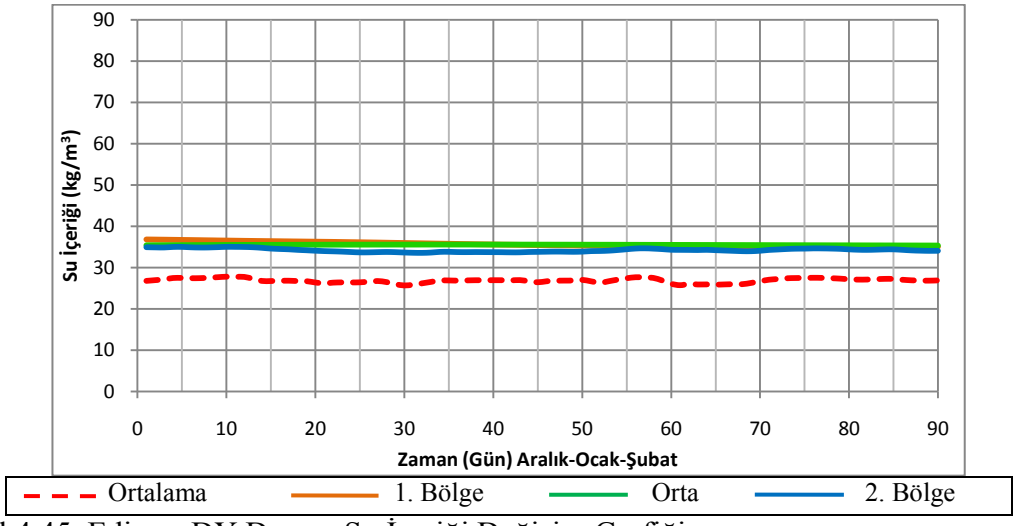
Kesit içinde sıcaklıklar oldukça yüksek, birbirine yakın ve durağan bir eğri çizmektedir. Bağıl nem ve su miktarları da birbirine çok yakın ve düşük değerdedir. İY da 2. bölgede oluşan yüksek bağıl nem oranı, yalıtım malzemesi dış yüzeye konumlandığında düşmüş, yoğuşma riski önlenmiştir.



Şekil 4.43. Edirne -DY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

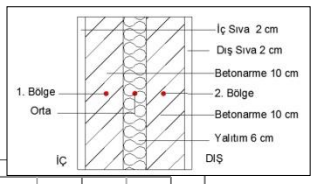


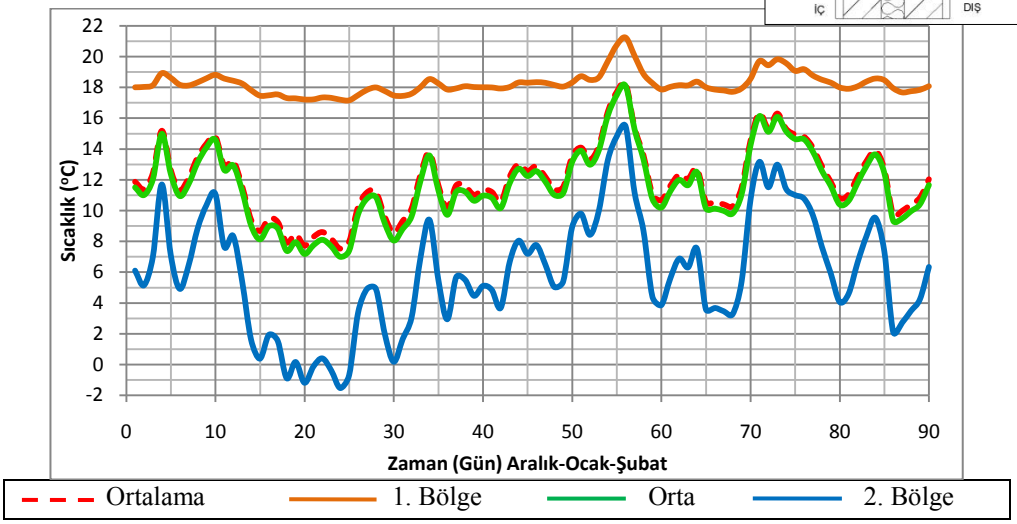
Şekil 4.44. Edirne -DY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



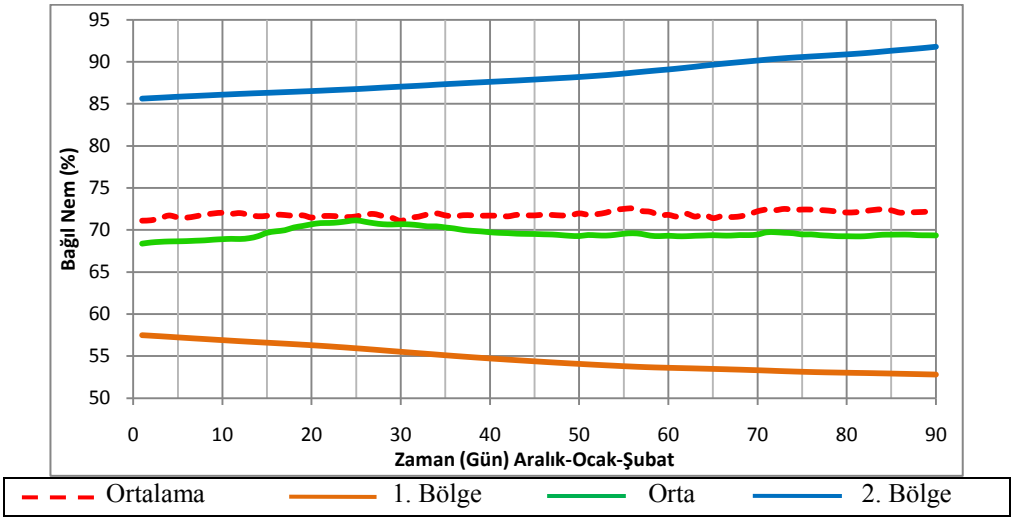
Şekil 4.45. Edirne -DY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

4.2.4. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

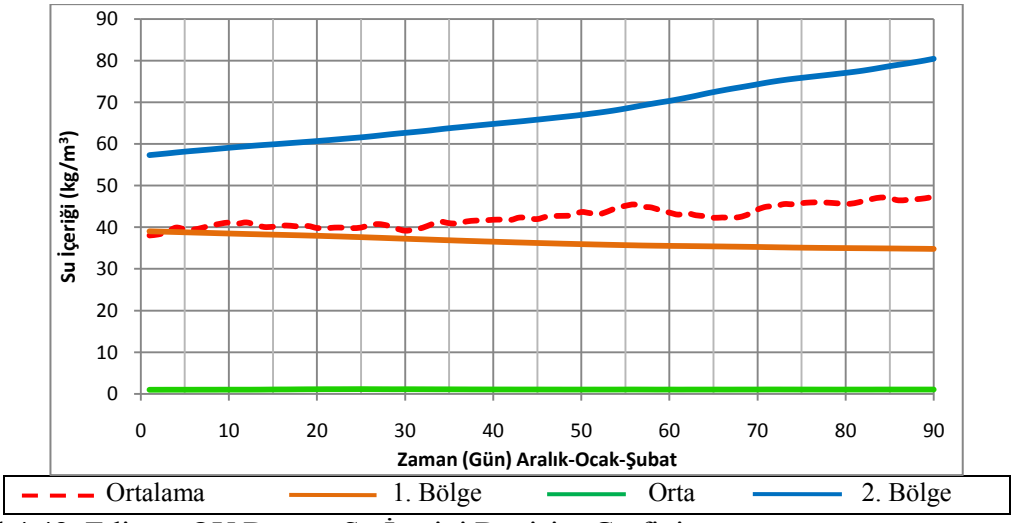




Şekil 4.46. Edirne -OY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.47. Edirne -OY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

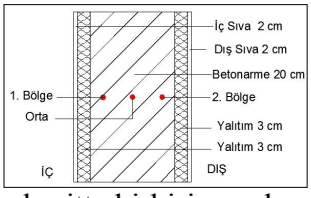


Şekil 4.48. Edirne -OY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Edirne OY sisteminde ortalama sıcaklık değerleri -7 ile 18°C aralığındadır. 1. bölgede 18-21°C sıcaklıkları okunmaktadır. Bu durum konfor koşullarına uygun değerler aldığını göstermektedir. (Şekil 4.46) Bağıl nem ortalama %70, 2. bölgede %90'a kadar yükselmekte ve kimi zaman aşmaktadır. (Şekil 4.47) Su içeriği ortalama 40kg/m^3 tür. Orta bölgede yalıtım malzemesi bulunduğundan ve yalıtım malzemesi bünyesinde su bulundurma oranının çok düşük olması sebebiyle sıfıra yakın bir değerdedir. 2. bölgede %60-80 aralığında yükselen bir grafik izlenmektedir. (Şekil 4.48)

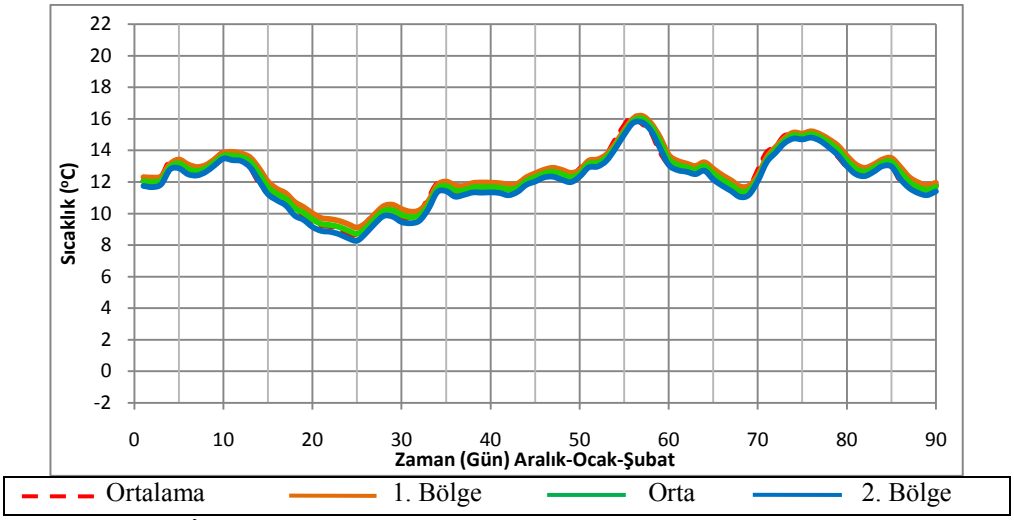
Kesit içerisindeki sıcaklık dağılımları bölgesel olarak oldukça farklıdır. Özellikle 1. bölgede oldukça durağan ve yüksek sıcaklıklar izlenirken orta ve 2. bölgede bu durum olumsuz bir şekilde değişerek hem sıcaklıklar düşmekte hem de dinamik bir eğri oluşmaktadır. Sıcaklık değerleri arasındaki farkın en büyük olduğu kesittir. Aynı durum bağıl nem ve su içeriğinde de izlenmektedir. Yalıtıma kadar uygun şartlarda süregelen ısı ve nem akışı yalıtımdan sonra dış bölgede sıcaklıkların hızlıca düşmesi ile bağıl nemliliğin artmasına neden olmakta ve yoğuşma riski oluşmaktadır.

4.2.5. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

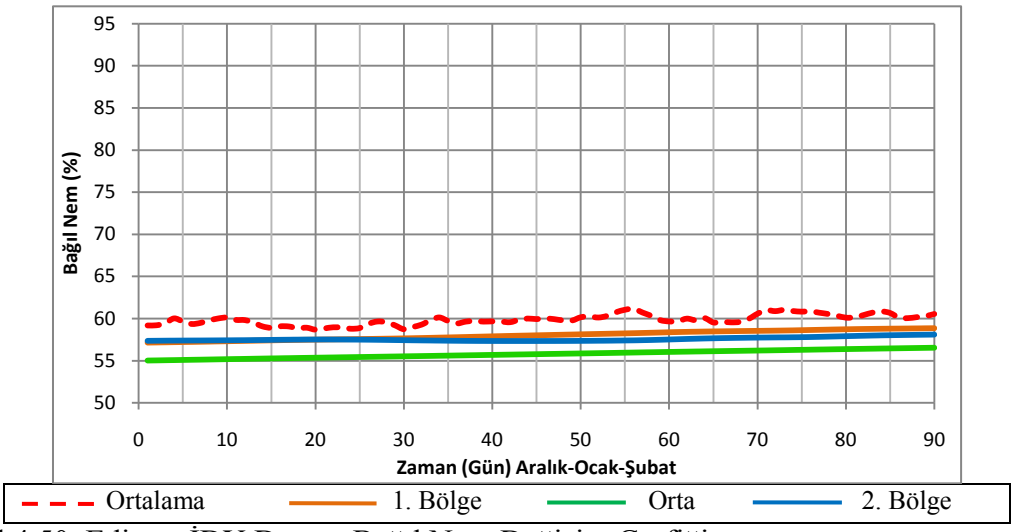


Edirne İDY sisteminde sıcaklıklar 8-16°C aralığında ve tüm kesitte birbirine çok yakın değerlerde görülmektedir. İç yüzeye yakın olan 1. bölge sıcaklık değerleri açısından iç ortam konfor koşullarının sağlanmasının zor olduğu söylenebilir. (Şekil 4.49) Bağıl nem ortalama %60 oranındadır. (Şekil 4.50) Su içeriği ortalama 30kg/m^3 olmasına karşın hesaplanan bölgelerde 37-41kg/m^3 aralığında bir eğri çizmektedir. (Şekil 4.51)

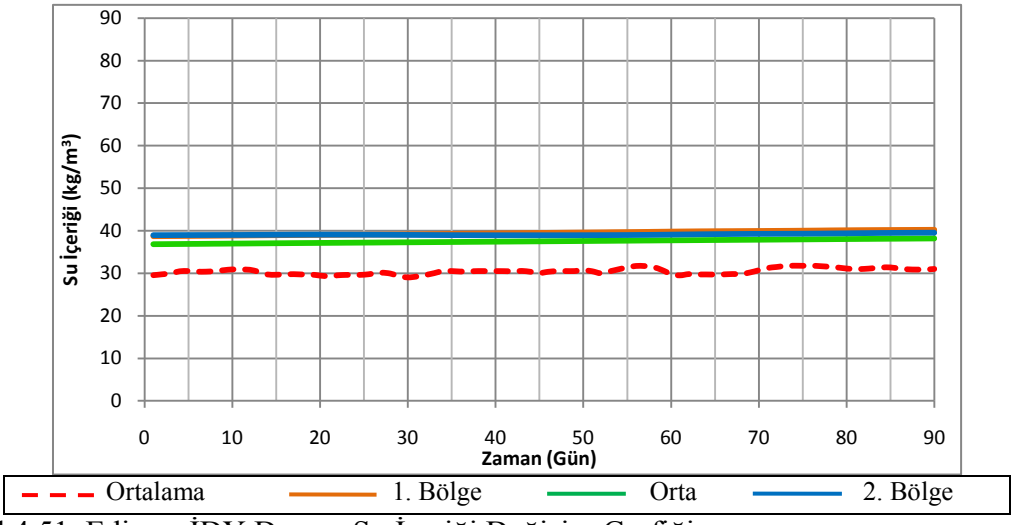
Kesit içerisinde bölgelerde sıcaklıkların birbirine en yakın olduğu durumlardan biridir. Fakat İY kadar olmasa da kış dönemi boyunca zamana bağlı sıcaklık farkları fazladır. Orta bölgedeki değer ortalama değerle çakışmaktadır. Ancak sıcaklık değerleri dışarıdan yalıtıma göre düşük ve zamana bağlı değişken, içerden yalıtıma göre de yüksektir. Kesit içinde bölgelerde bağıl nem ve su miktarı değerleri de birbirine çok yakındır. Kesitte sıcaklıklar çok düşük olmadığından ve nem değerleri de düşük olduğundan yoğuşma olasılığı ortadan kalkmaktadır.



Şekil 4.49. Edirne -İDY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

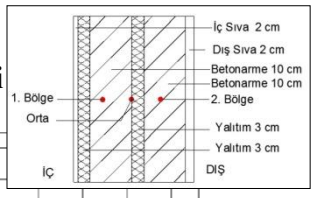


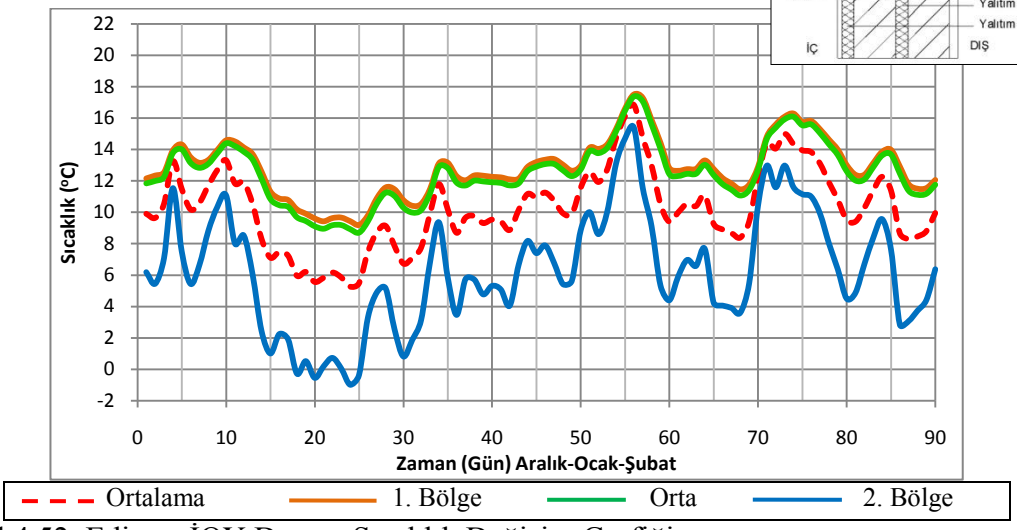
Şekil 4.50. Edirne -İDY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



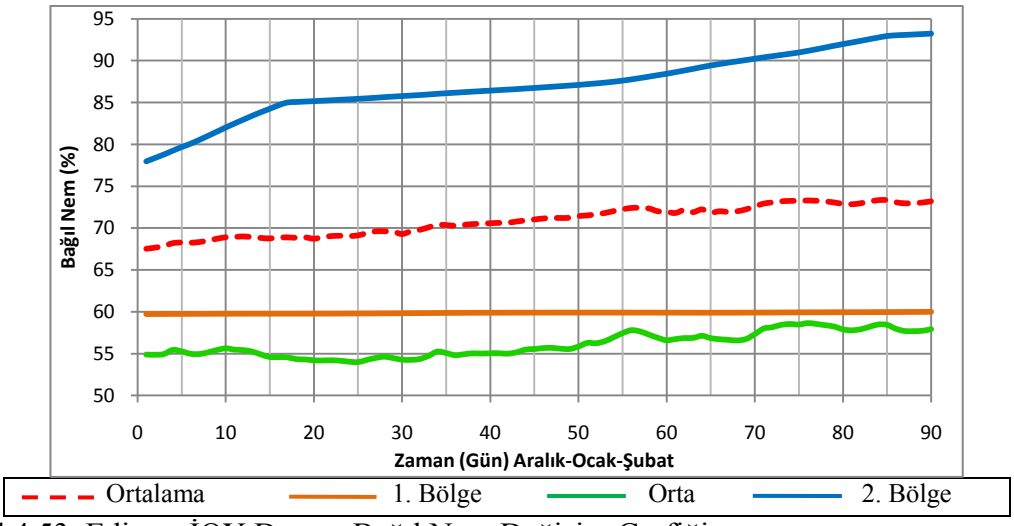
Şekil 4.51. Edirne -İDY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

4.2.6. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

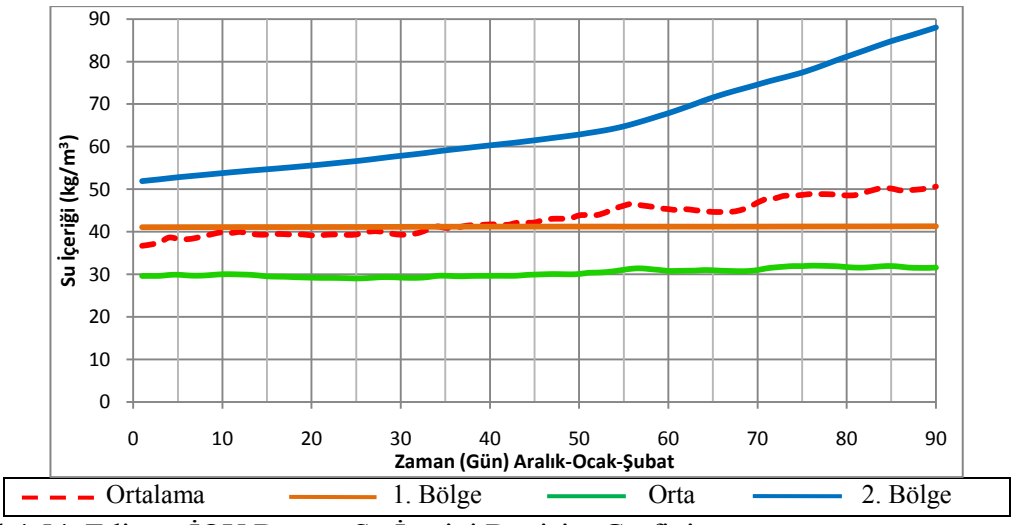




Şekil 4.52. Edirne -İOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.53. Edirne -İOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



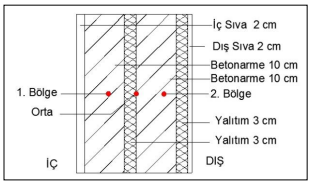
Şekil 4.54. Edirne -İOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Edirne İOY kesit sıcaklıkları ortalama 5-17°C arasındadır. 1. bölgede 9-18°C, 2. bölgede -1 ile 15°C arasındadır. (Şekil 4.52) Bağıl nem ortalama %70-75 arasındadır. 2. bölgede %94 e kadar yükselmektedir. (Şekil 4.53) Su içeriği ortalama 40kg/m^3 tür. 2. bölgede 90kg/m^3 e kadar yükselmektedir. (Şekil 4.54)

1. ve orta bölgedeki sıcaklıklar birbirine çok yakındır. 2. bölgede fark oldukça artmakta ve düşük sıcaklıklar görülmektedir. Ortadaki yalıtımdan sonra kabuk sıcaklığı hızlıca düşmektedir.

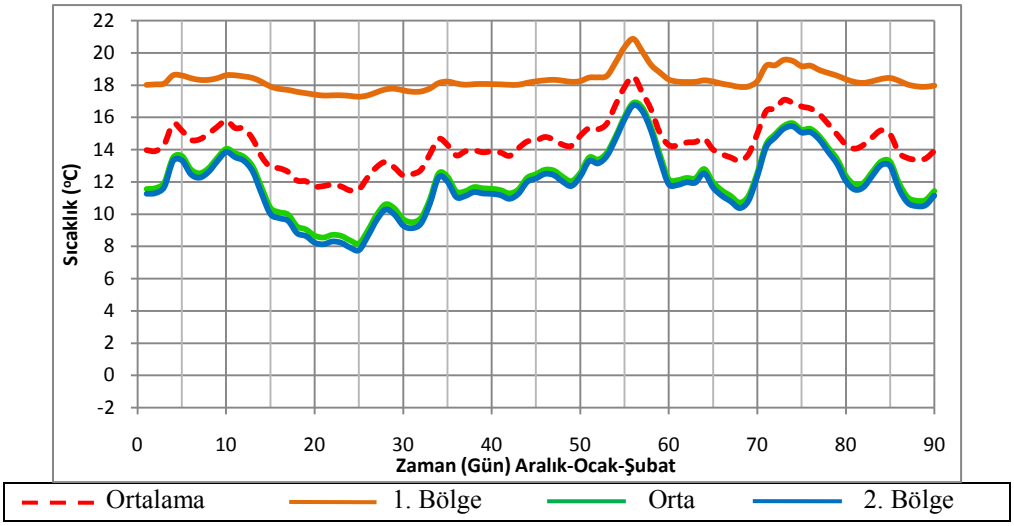
Bağıl nem değerlerinin kesit içerisinde birbirinden çok farklı değerler gösterdiği kesittir. Orta yalıtımdan sonra sıcaklığın düşmesiyle bağıl nemlilik oranı da çok büyük artış göstermekte ve 2. bölgede yoğuşma riski artmaktadır.

4.2.7. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

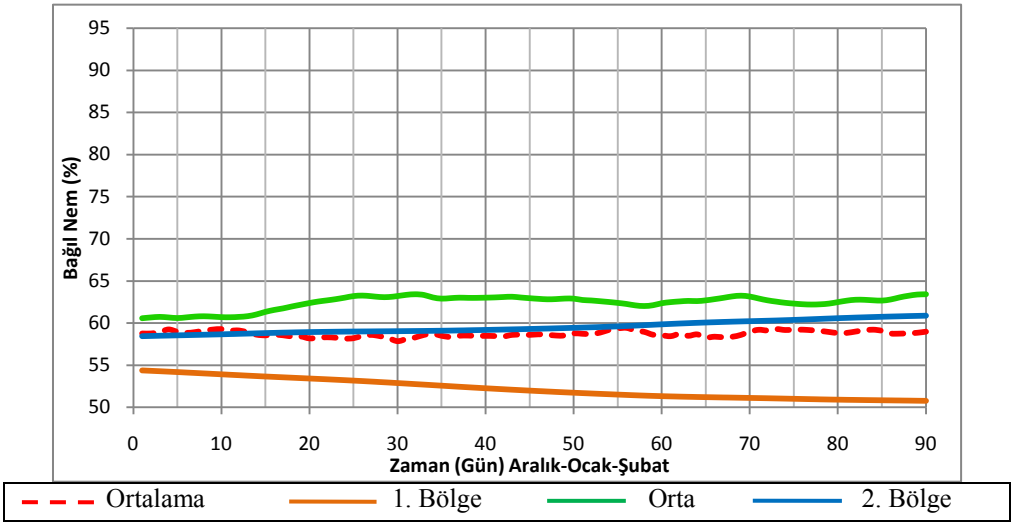


Edirne DOY duvar kesitinde ortalama sıcaklıklar 11,5-18,5°C değerlerini almaktadır. 1. bölgede 17-21°C arasında ve iç yüzey sıcaklığı açısından konfor koşullarını rahatlıkla sağlayabileceğini göstermektedir. 2. bölgede 8-17°C arası değişimler izlenmektedir. (Şekil 4.55) Bağıl nem ortalama %60 düzeyindedir. 1. bölgede %50-55, 2. bölgede %60-65 arasında değerler almaktadır. (Şekil 4.56) Su içeriği ortalama 30kg/m^3 iken 2. bölgede 40-43kg/m^3 aralığında, 1. bölgede 35kg/m^3 civarındadır. (Şekil 4.57)

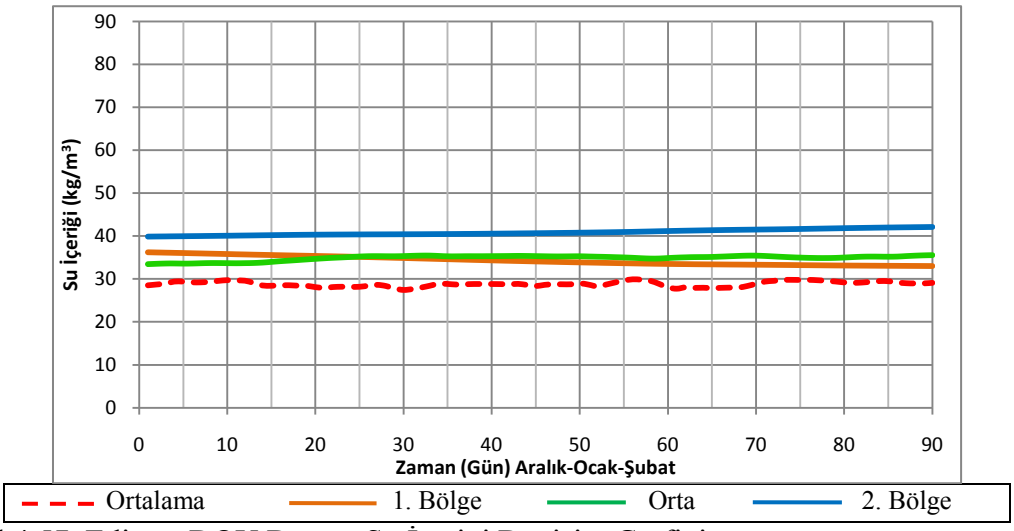
2. ve orta bölgedeki sıcaklıklar birbirine çok yakındır. 1. bölgede ise diğer bölgelerden oldukça yüksek ve durağan bir sıcaklık eğrisi oluşmaktadır. Dolayısıyla 1. bölgedeki bağıl nemlilik oranı da diğer bölgelere göre daha düşüktür. Kesitte ortadaki yalıtımın hemen arkasında orta ve 2. bölgede bağıl nemlilik oranında artış görülmektedir, ancak bu kesitte sıcaklıklar çok düşmediğinden yoğuşma riski oluşturmamaktadır.



Şekil 4.55. Edirne -DOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

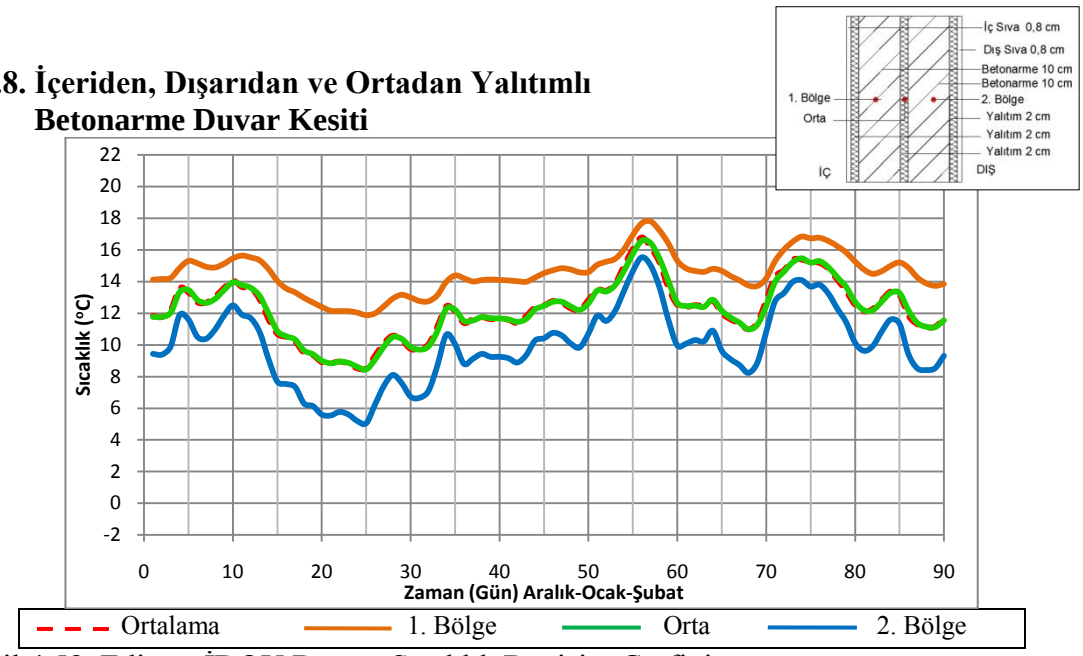


Şekil 4.56. Edirne -DOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

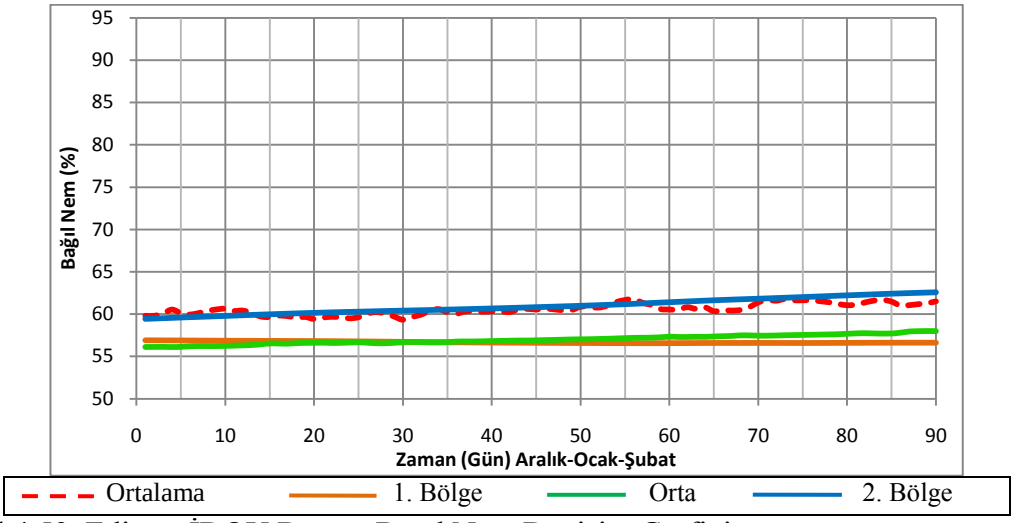


Şekil 4.57. Edirne -DOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

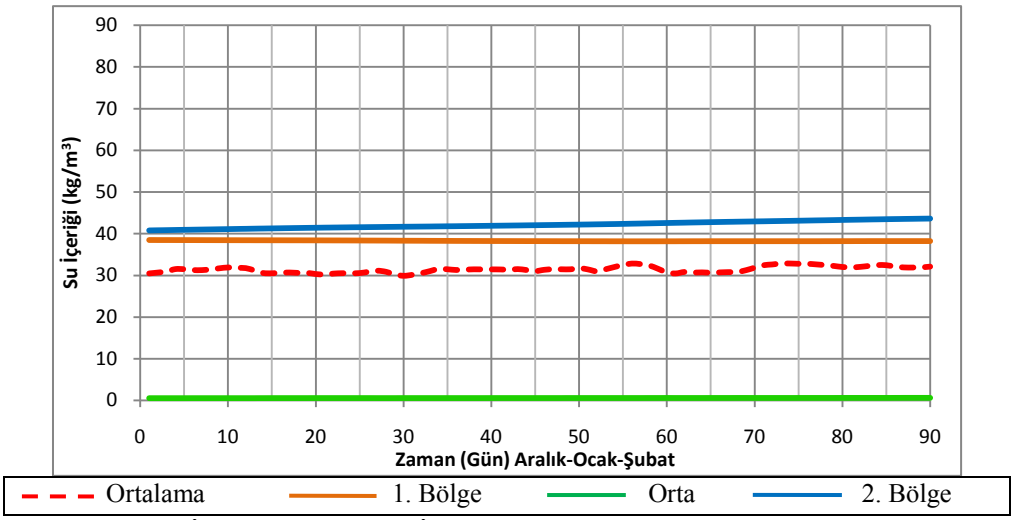
4.2.8. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



Şekil 4.58. Edirne -İDOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.59. Edirne -İDOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



Şekil 4.60. Edirne -İDOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Edirne İDOY sıcaklık ortalama değerleri 8,5 ile 17°C aralığındadır. 1. bölgede 12-18°C, 2. bölgede 5-15,5°C arasındadır. (Şekil 4.58) Bağıl nem %60 ortalama değerindedir. (Şekil 4.59) Su içeriği ortalama 30kg/m^3 tür. 1. bölgede 35-40kg/m^3, 2. bölgede 40-45kg/m^3, orta bölgede ise bölgede yalıtım malzemesi bulunduğundan sıfıra yakın bir değerdedir. (Şekil 4.60)

DY dan sonra kesit içinde sıcaklıkların kış boyunca zamana bağlı fazla değişim göstermediği kesittir. Fakat durağan bir eğri olmasına rağmen sıcaklık değerleri DY'a göre düşüktür. Nemlilik oranları da birbirine çok yakın ve risk oluşturmayacak düzeydedir.

Yalıtım kalınlığının üç eşit parçaya bölünmesiyle, kesit içinde sıcaklıklar Erzurum'dan farklı olarak durağan ve yakın değerlerdedir. Yalıtımın tek parça halinde kalın olarak dışarıda kullanıldığı durumda gerçekleşen sıcaklık değerlerinden bir miktar düşük değerler izlenmektedir. Üç parçalı kullanım, iki parçalı kullanım olan, İOY ve İDY durumlarına göre daha yüksek kesit sıcaklıklarına sahip olmasına rağmen DOY'a göre daha düşük sıcaklık değerleri göstermektedir. Kısaca gerek sıcaklık gerekse bağıl nem açısından dış bölgede yalıtım uygulanması durumunda iki parçalı kullanım üç parçalı kullanımdan daha olumlu olmaktadır.

Değerlendirme

Ilıman nemli iklim bölgesine örnek olarak incelenen Edirne İli'ne ait kesit grafikleri değerlendirilmiştir. Tüm sistemlerin aynı grafik üzerinde, sıcaklık, bağıl nem ve su içeriği açısından karşılaştırması yapılmıştır.

Şekil 4.61'de ortalama kesit sıcaklıkları açısından yalıtım sistemleri, Edirne iklim koşullarında karşılaştırıldığında, en olumlu sonuçları veren sistem DY sistemi olarak görülmektedir. DY sistemini, DOY izlemekte ve sırasıyla grafikte görüldüğü gibi

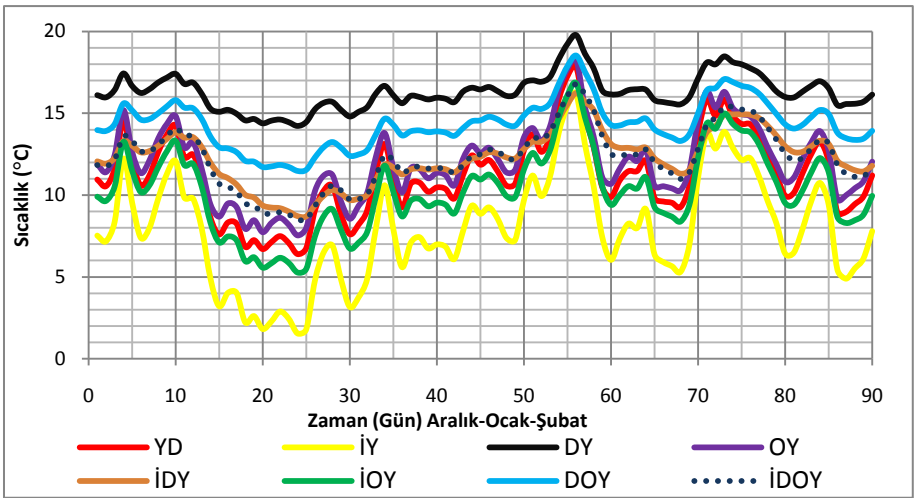
durağan değişimler izlenmektedir. En olumsuz sıcaklık değerlerini veren sistem ise İY sistemi olarak görülmektedir. İY ve İOY sistemleri YD dan bile daha düşük sıcaklıklara sahiptir. Aynı zamanda oldukça değişken sıcaklıklar görülmektedir. İDY ve İDOY sıcaklık değişimlerinin daha az olduğu eğriler çizmeleri nedeniyle DY ve DOY dan sonra olumlu kabuk sistemleridir.

Bağıl nem açısından Şekil 4.62'e bakıldığında en düşük bağıl nem değerlerine sahip olan sistem DY sistemidir. DY ı sırasıyla, DOY, İDY ve İDOY sistemleri izlemektedir. İY, OY ve İOY sistemleri ise YD'dan bile daha yüksek bağıl nem değerlerine sahiptir.

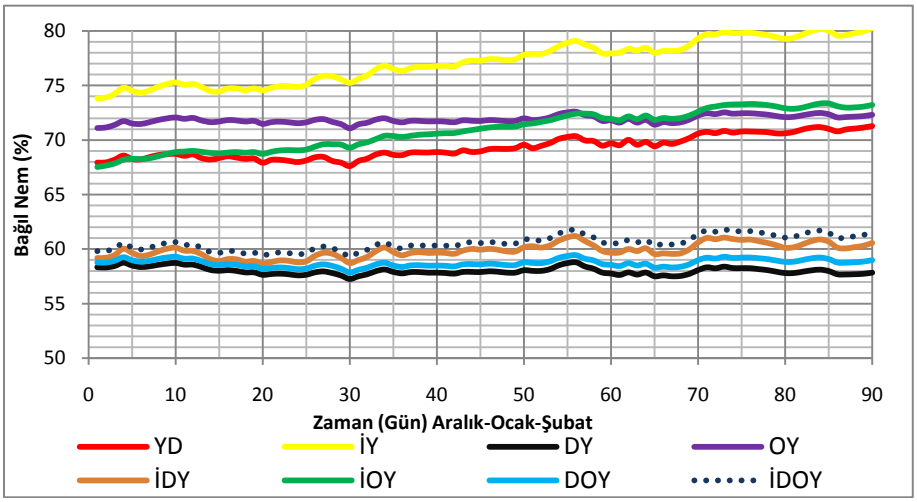
Şekil 4.63'de su içeriğine göre sistemlerden en olumlusu yine DY, DOY, İDY ve İDOY sistemleri olarak sıralanmaktadır. İOY ve OY, YD ile ortalama aynı grafik değerlere sahiptir. İY ise en olumsuz durum olarak görülmektedir.

Ilıman nemli iklimde soğuk iklimden farklı olarak İY ın dışında OY ve İOY durumlarında da nemlilik oranlarında YD'dan yüksek değerlerde olmasıdır. Bu iklim bölgesinde uygulanması sakınca yaratacak sistemlerdir. Yine yalıtımın iç yüzeyde konumlandığı durumlarda hem kesit sıcaklıkları hem de nemlilik açısından olumsuz durumlar gözlenmektedir. Sadece İDY ve İDOY gerek sıcaklık eğrilerinin durağanlığı gerekse nemlilik değerleri açısından olumlu sonuçlar veren kabuklardır.

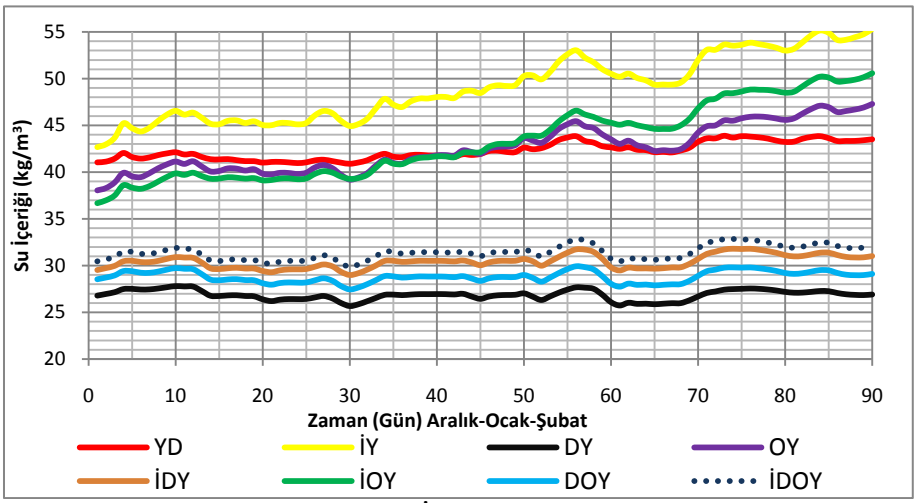
Ilıman Nemli İklim Bölgesinde yalıtım sistemlerinin karşılaştırıldığı Tablo 4.2'de düşey eksendeki yalıtım sistemlerinin yatay eksendekilere göre olumlu (+) ve olumsuz (-) olma durumları karşılaştırılabilmektedir. Tez çalışmasında 3 aylık kış dönemi ele alındığından sıcaklık açısından yüksek sıcaklıklar olumlu(+), bağıl nem ve su içeriği açısından ise düşük değerler olumlu(+) olarak değerlendirilmiştir. Örnek olarak; yalıtımsız durum içerden yalıtıma göre sıcaklık satırı takip edildiğinde, (+) daha olumlu kesit sıcaklıklarını vermektedir ve sıcaklık değerleri 1-5°C aralığında değişmektedir. Bağıl nem açısından %6-9, su içeriği açısında da 1,5-11kg/m^3 aralığında daha olumlu durumdadır.



Şekil 4.61. Edirne - Tüm Sistemlerin Sıcaklık Değerleri Karşılaştırması



Şekil 4.62. Edirne - Tüm Sistemlerin Bağıl Nem Değerleri Karşılaştırması



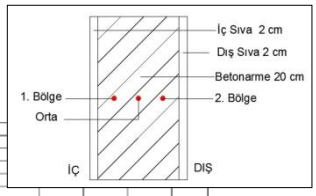
Şekil 4.63. Edirne - Tüm Sistemlerin Su İçeriği Değerleri Karşılaştırması

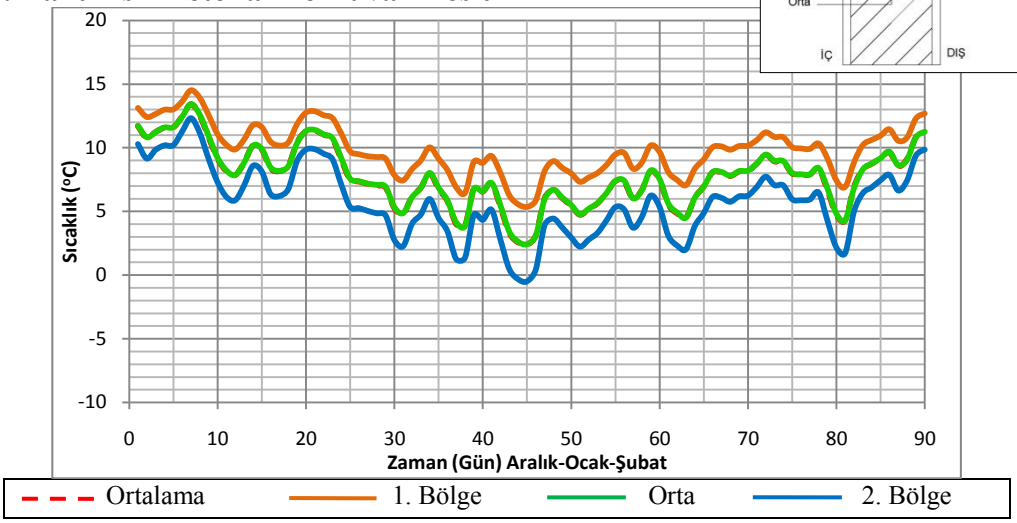
Tablo 4.2. Ilıman Nemli İklim Bölgesinde Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması

EDİRNE		YD	İY	DY	OY	İDY	İOY	DOY	İDOY
YD	Sıcaklık (°C)	-	(+) 1-5	(-) 2-8	(-) 0-1	(-)3 (+)3	(+) 0-1,5	(-) 1-6	(-)3 (+)1
	B. Nem (%)	-	(+) 6-9	(-) 9,5-13	(+) 1-4	(-) 9-11	(+) 0-2	(-) 9-12	(-) 8-11
	Su (kg/m^3)	-	(+) 1,5-11	(-) 14-17	(-)3 (+)3	(-) 11-13	(-)4 (+)7	(-) 12-15	(-) 10-12
İY	Sıcaklık (°C)	(-) 1-5	-	(-) 4-13	(-) 2-6	(-) 0-7	(-) 0-4	(-) 2-10	(-) 0-7
	B. Nem (%)	(-) 6-9	-	(-) 16-23	(-) 3-8	(-) 15-21	(-) 6-8	(-) 16-22	(-) 15-20
	Su (kg/m^3)	(-) 1,5-11	-	(-) 16-28	(-) 5-8	(-) 13-24	(-) 4-6	(-) 14-26	(-) 12-23
DY	Sıcaklık (°C)	(+) 2-8	(+) 4-13	-	(+) 1,5-7	(+) 3-5,5	(+) 3-9	(+) 1-2,5	(+) 1-3
	B. Nem (%)	(+) 9,5-13	(+) 16-23	-	(+) 13-14	(+) 1-3	(+) 9-15	(+) 0-1	(+) 2-4
	Su (kg/m^3)	(-) 14-17	(+) 16-28	-	(+) 11-20	(+) 3-4	(+) 10-23	(+) 1,5-2	(+) 3-5
OY	Sıcaklık (°C)	(+) 0-1	(+) 2-6	(-) 1,5-7	-	(-)2 (+)2	(+) 0-3	(-) 0-4	(-)2 (+)2
	B. Nem (%)	(-) 1-4	(+) 3-8	(-) 13-14	-	(-) 12-13	(-)3 (+)1	(-) 12-14	(-) 11-13
	Su (kg/m^3)	(-)3 (+)3	(+) 5-8	(-) 11-20	-	(-) 9-16	(-)1 (+)3	(-) 9-18	(-) 8-15
İDY	Sıcaklık (°C)	(-)3 (+)3	(+) 0-7	(-) 3-5,5	(-)2 (+)2	-	(+) 0-4	(-) 1,5-3	Eşdeğer
	B. Nem (%)	(+) 9-11	(+) 15-21	(-) 1-3	(+) 12-13	-	(+) 8,5-13	(-) 0-1,5	(+) 0-1
	Su (kg/m^3)	(+) 11-13	(+) 13-24	(-) 3-4	(+) 9-16	-	(+) 7-19	(-) 1-2	(+) 1
İOY	Sıcaklık (°C)	(-) 0-1,5	(+) 0-4	(-) 3-9	(-) 0-3	(-) 0-4	-	(-) 1,5-7	(-) 0-4
	B. Nem (%)	(-) 0-2	(+) 6-8	(-) 9-15	(-)1 (+)3	(-) 8,5-13	-	(-) 8-14	(-) 8-12
	Su (kg/m^3)	(-)7 (+)4	(+) 4-6	(-) 10-23	(-)3 (+)1	(-) 7-19	-	(-) 8-22	(-) 7-21
DOY	Sıcaklık (°C)	(+) 1-6	(+) 2-10	(-) 1-2,5	(+) 0-4	(+) 1,5-3	(+) 1,5-7	-	(+) 1-3
	B. Nem (%)	(+) 9-12	(+) 16-22	(-) 0-1	(+) 12-14	(+) 0-1,5	(+) 8-14	-	(+) 1-3
	Su (kg/m^3)	(+) 12-15	(+) 14-26	(-) 1,5-2	(+) 9-18	(+) 1-2	(+) 8-22	-	(+) 2-3
İDOY	Sıcaklık (°C)	(-)1 (+)3	(+) 0-7	(-) 1-3	(-)2 (+)2	Eşdeğer	(+) 0-4	(-) 1-3	-
	B. Nem (%)	(+) 8-11	(+) 15-20	(-) 2-4	(+) 11-13	(-) 0-1	(+) 8-12	(-) 1-3	-
	Su (kg/m^3)	(+) 10-12	(+) 12-23	(-) 3-5	(+) 8-15	(-) 1	(+) 7-21	(-) 2-3	-

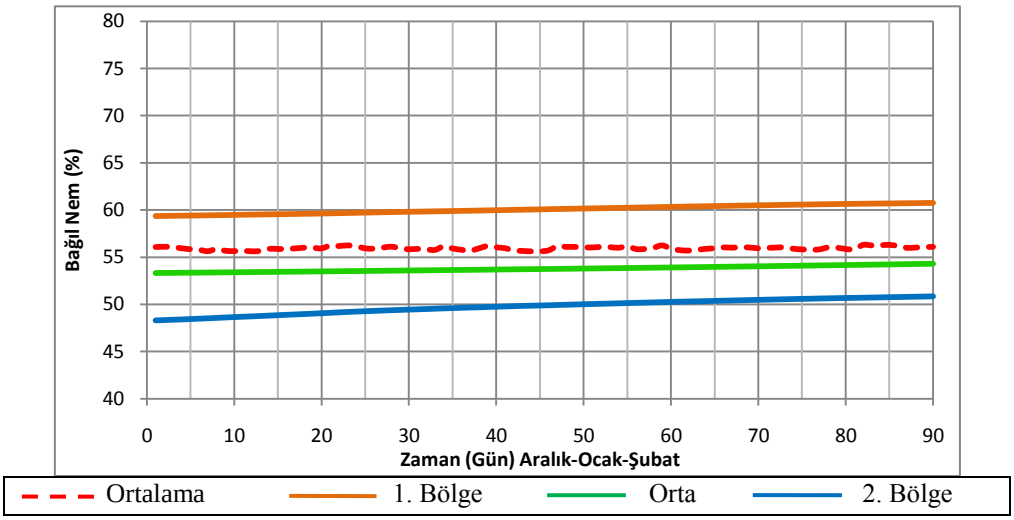
4.3. Ilıman-Kuru İklim Bölgesi – Ankara

4.3.1. Yalıtımsız Betonarme Duvar Kesiti

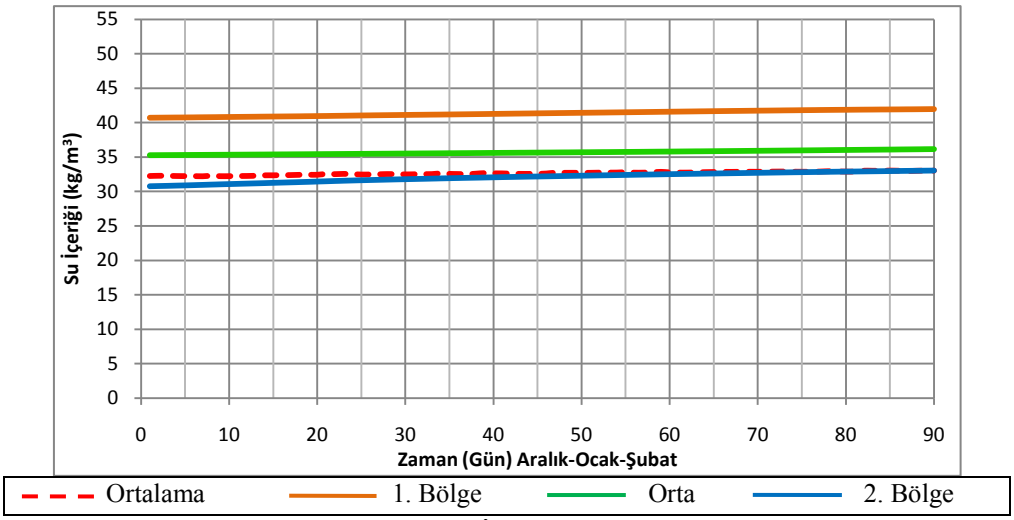




Şekil 4.64. Ankara-Yalıtımsız Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.65. Ankara -Yalıtımsız Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



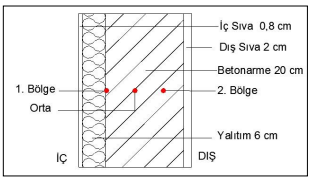
Şekil 4.66. Ankara -Yalıtımsız Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Ankara YD ortalama sıcaklık değerleri 2,5-13,5°C aralığında değişmektedir. 1. bölgedeki sıcaklıklar 5-15 aralığındadır. (Şekil 4.64) Ortalama bağıl nem değerleri %55 civarındadır. 1. bölgede %60 tır. (Şekil 4.65) Su içeriği ortalama 33kg/m^3 tür. 2. bölgede 43kg/m^3 civarında değer almaktadır. (Şekil 4.66)

Kesit sıcaklıklarında görülen değişken eğri özellikle soğuk iklim bölgesine göre biraz daha durağanlaşmıştır. Yoğuşma risk bölgesi ılıman iklimden farklı olarak yine iç bölgeye kaymıştır. Buhar basıncının yüksek olduğu iç ortamdan dışarıya akış gösteren su buharı, iç ortama yakın bölgelerde daha yüksek değerlerde seyretmektedir.

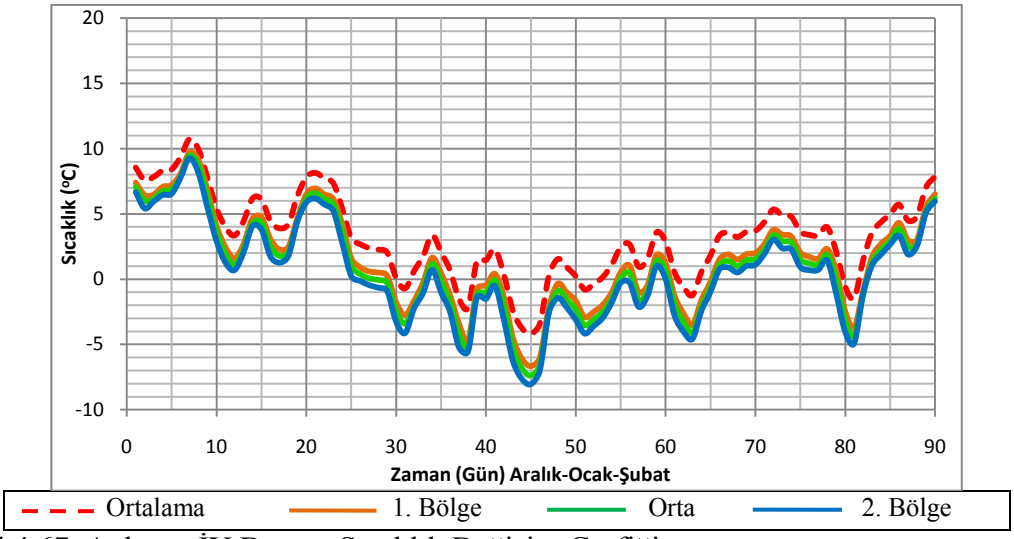
Yalıtımsız durumundaki duvar kesitinin anlık 3 boyutlu sıcaklık, bağıl nem ve su miktarı değişimleri aşağıdaki grafiklerde görülmektedir. Sıcaklık değişiminde içeriden dışarıya azalma beklenildiği gibi izlenmektedir. Bağıl nem değerleri ortalama değerlerde dalgalanmaktadır. Su içeriği de iç ortama yakın kısımlarda yüksek değerlerde seyretmektedir.

4.3.2. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

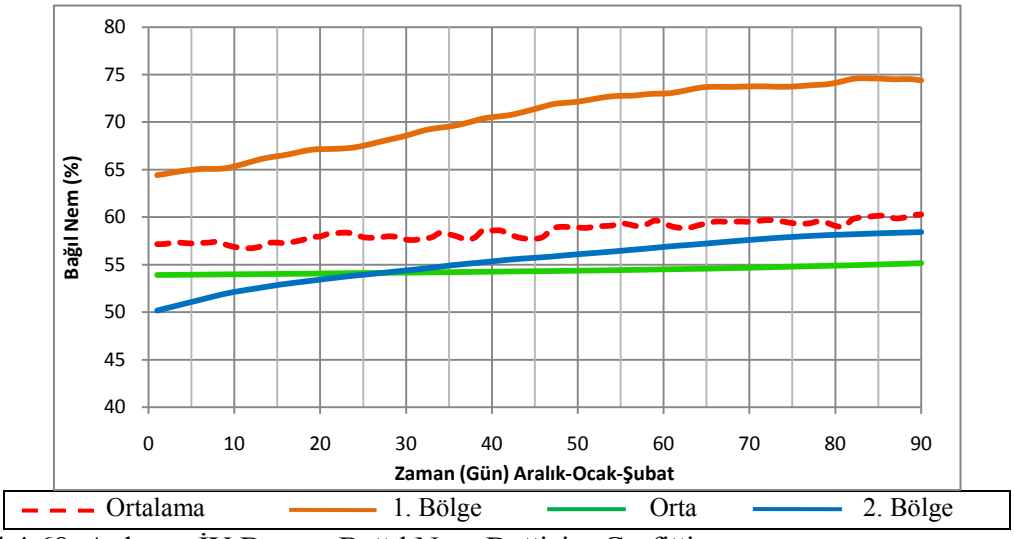


Ankara İY durumda kabuğun ortalama sıcaklık değerleri -4 ile 11°C arasında ani değişimler göstermektedir. 1. bölgede -7 ile 10°C değerleri görülmektedir. Bu değerler iç ortam konfor koşullarının sağlanmasında yeterli değildir. (Şekil 4.67) Ortalama bağıl nem %60 düzeyindedir. 1. bölgede %75 e kadar yükselmektedir. (Şekil 4.68) Su içeriği açısından kabuğun ortalama içeriği 28kg/m^3 tür. 1. bölgede 45-50kg/m^3 e çıkmaktadır. (Şekil 4.69)

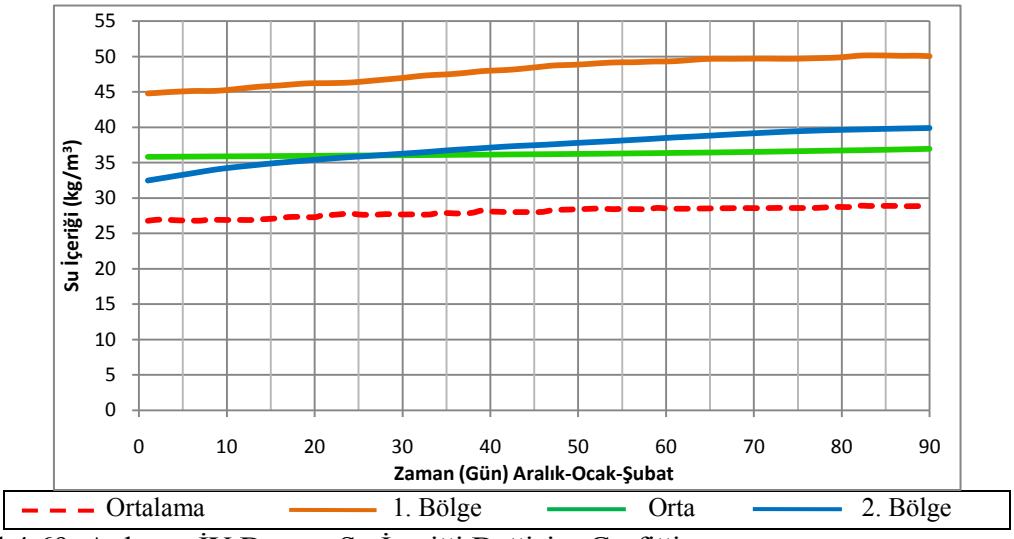
Bölgeler arasındaki sıcaklık farklarının en az olduğu kesitlerden biridir. Fakat kesit sıcaklıkları düşük değerlerdedir. Zamana bağlı çizilen eğrinin de dinamik bir eğri olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra iç bölgede nemlilik oldukça yüksek değerlerde ve yoğuşma riski yüksektir. Yalıtımsız durumdan bile daha yüksek nem değerleri izlenmektedir. Yalıtımın arkasındaki hızlıca soğuduğu gibi yüzey nemliliği de hızlı bir artış göstermekte ve yüzeysel yoğuşma riski oluşturmaktadır.



Şekil 4.67. Ankara -İY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

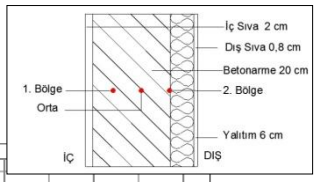


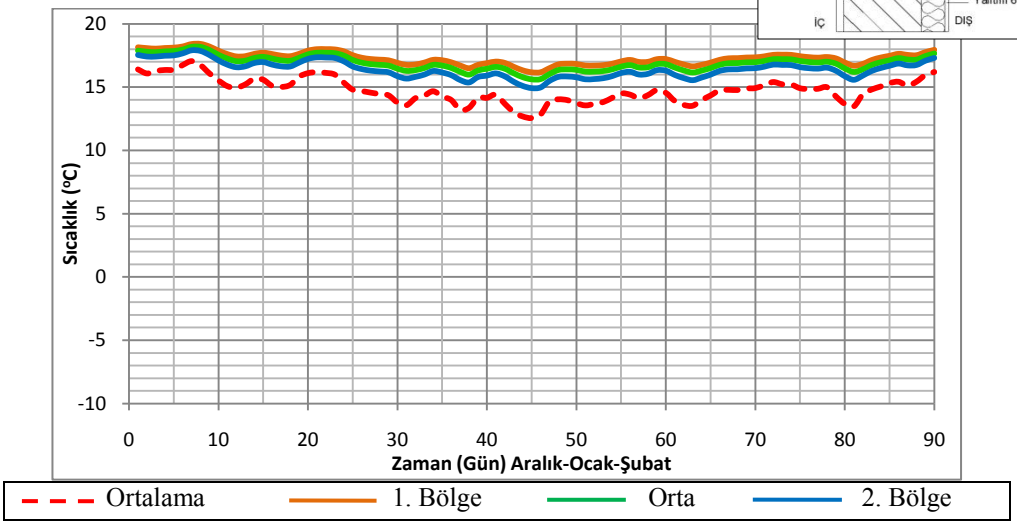
Şekil 4.68. Ankara -İY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



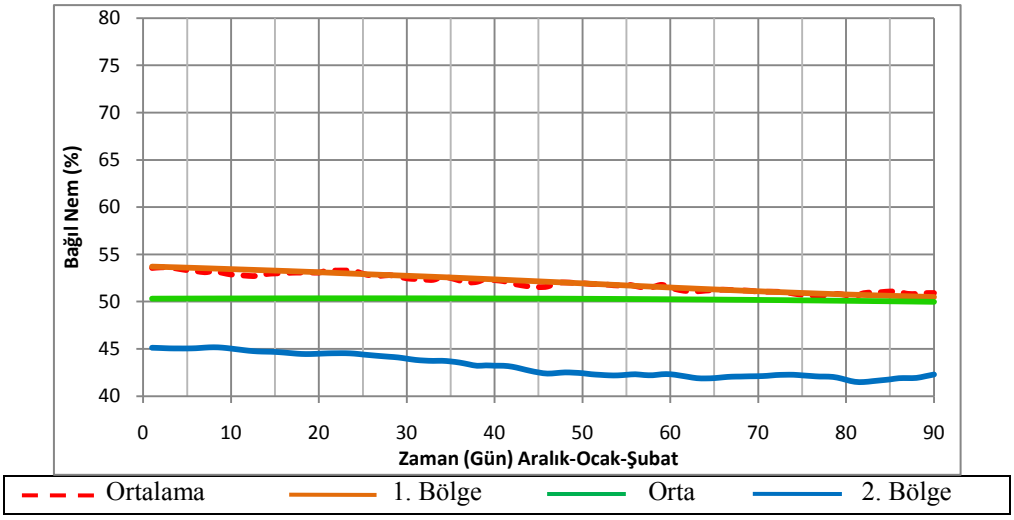
Şekil 4.69. Ankara -İY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

4.3.3. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

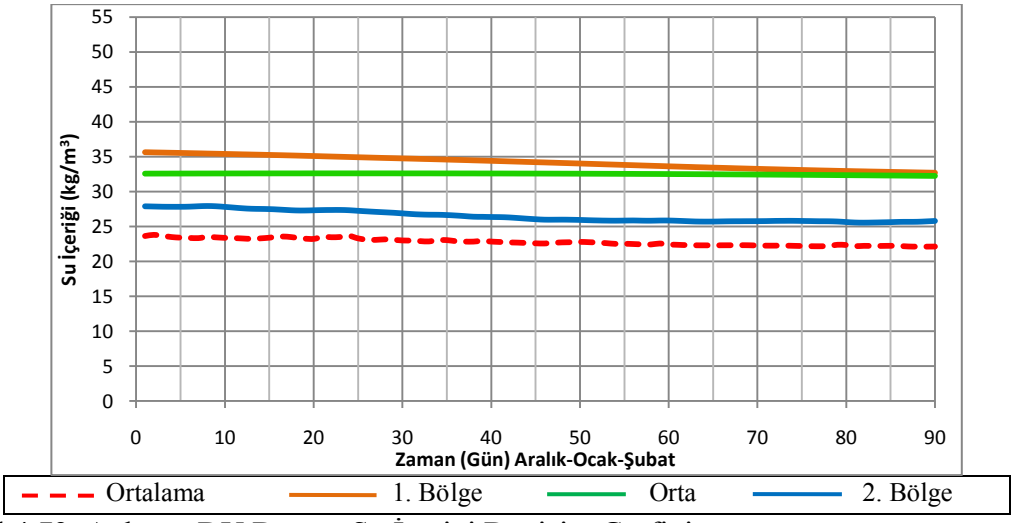




Şekil 4.70. Ankara -DY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.71. Ankara -DY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

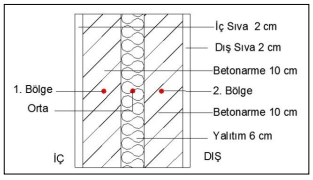


Şekil 4.72. Ankara -DY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Ankara DY sisteminde ortalama kesit sıcaklıkları 12,5-17°C arasındadır. İç ortama yakın olan 1. bölgede sıcaklıklar 16-18,5°C olarak yükselmektedir. (Şekil 4.70) Bağıl nem ortalama değeri %52 düzeyindedir. (Şekil 4.71) Su içeriği ortalama değeri 23kg/m^3 iken 1. bölgede 33-36kg/m^3, 2. bölgede 26-28kg/m^3, orta bölgede ise 32kg/m^3 civarında olduğu görülmektedir. (Şekil 4.72)

Kesit sıcaklıklarının en durağan ve birbirine yakın seyrettiği kabuktur. Ilıman nemli iklime göre daha düşük sıcaklıklar vermesine rağmen soğuk iklime göre ise daha yüksek değerler almaktadır. Bağıl nem ve su içerikleri de özellikle 1. ve orta bölgede birbirine yakın ve risk oluşturmayacak değerlerdedir. Dış bölgede oldukça düşük nem değerleri görülmektedir.

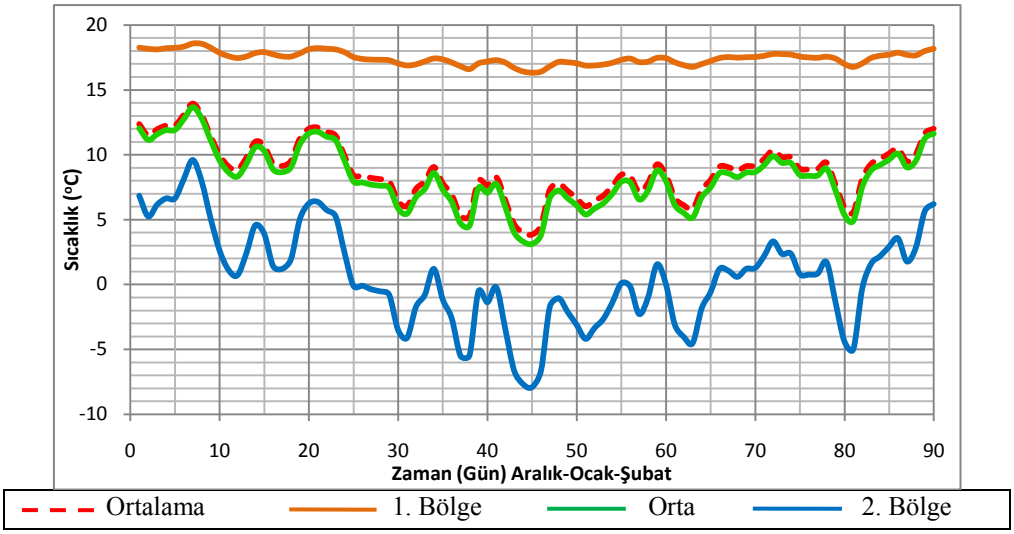
4.3.4. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



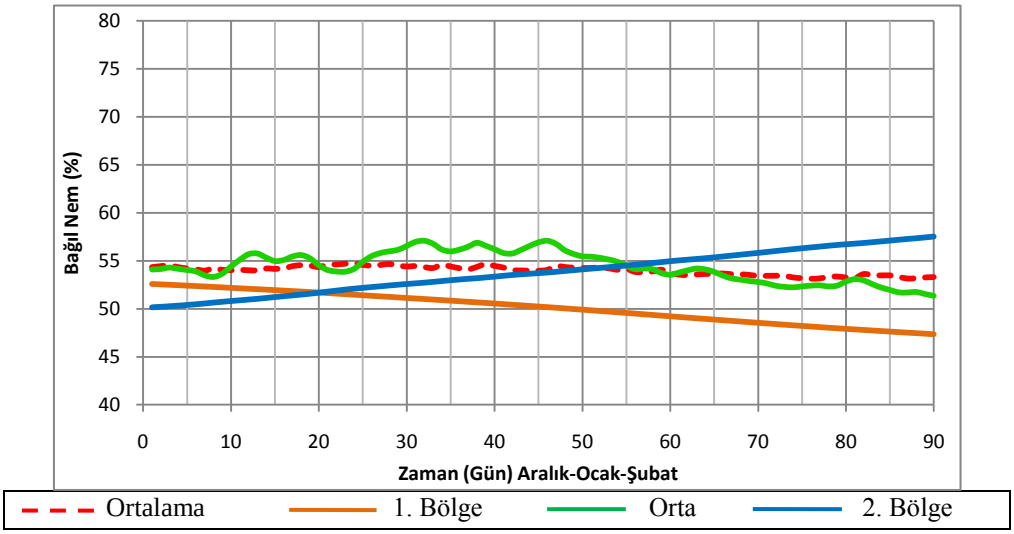
Ankara OY durumda ortalama kesit sıcaklığı değerleri 4-14°C arasındadır. 1. bölgede 18-19°C, 2. Bölgede -8 ile 10°C arasında değişimler göstermektedir. İç ortam konfor koşulları açısından sıcaklık değerleri uygundur. (Şekil 4.73) Bağıl nem ortalama değeri %55 civarındadır (Şekil 4.74) Su içeriği ortalama değeri 25kg/m^3 tür. 1. bölgede 30-35kg/m^3, 2. bölgede 30-40kg/m^3, orta bölgede ise yalıtım malzemesi bulunduğundan su içeriği sıfıra yakındır. (Şekil 4.75)

Kesit içerisindeki sıcaklık farklılığının en çok olduğu durumlardan birisidir. Diğer iklim bölgelerinde olduğu gibi iç ortama yakın bölgedeki değerler oldukça yüksek ve durağandır. Orta ve dış bölgede ise hem değerler çok düşmekte hem de değişkenlik artmaktadır.

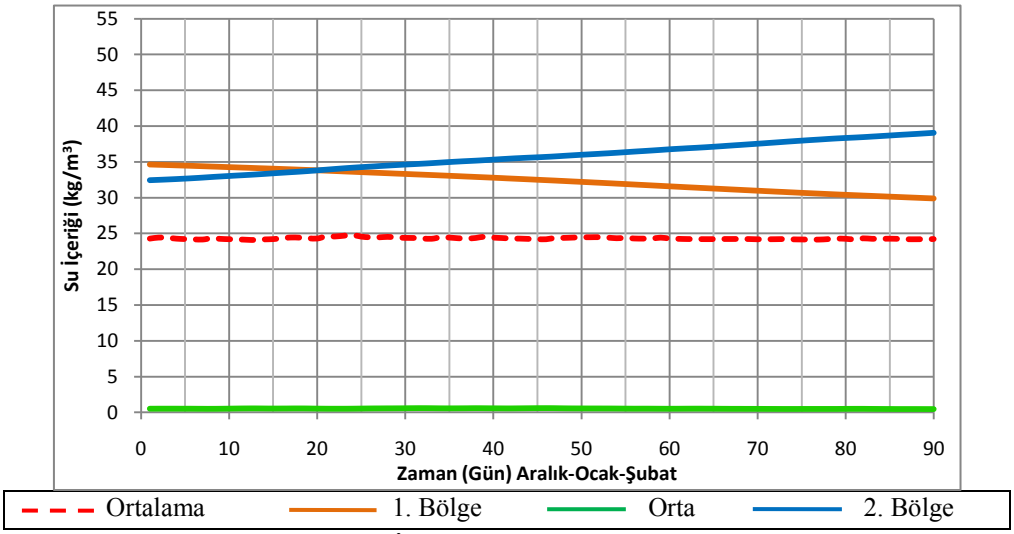
İklim özelliklerinden dolayı dış ortam nemliliği düşüktür. Bu nedenle soğuk iklim ve ılıman nemli iklimden farklı olarak nemlilik değerleri yoğuşma riski oluşturmayacak düzeyde azalmaktadır.



Şekil 4.73. Ankara -OY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

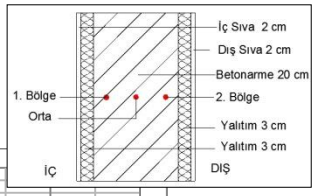


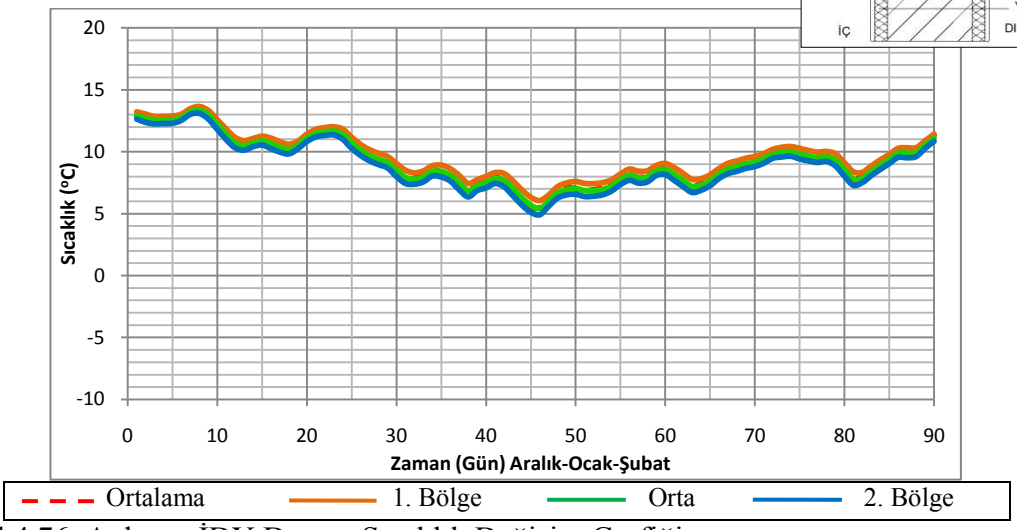
Şekil 4.74. Ankara -OY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



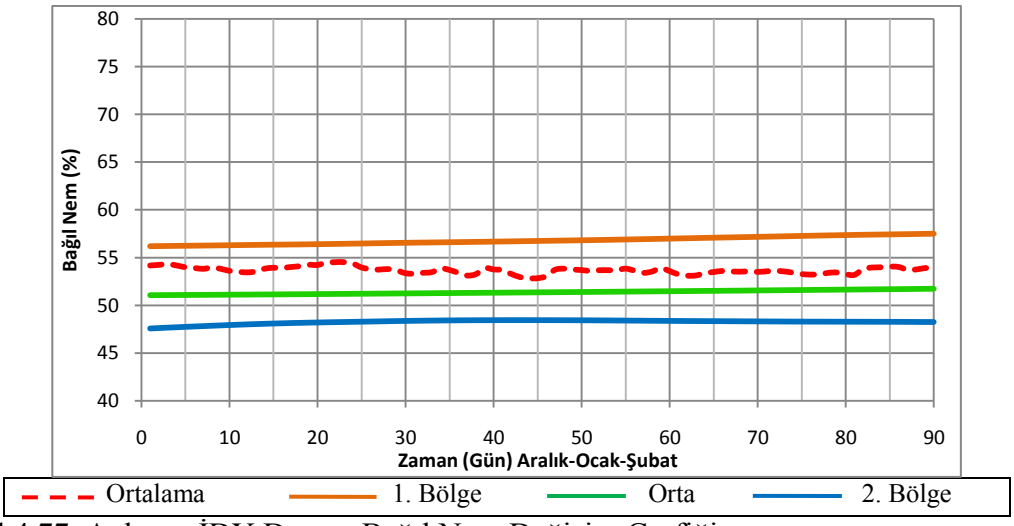
Şekil 4.75. Ankara -OY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

4.3.5. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

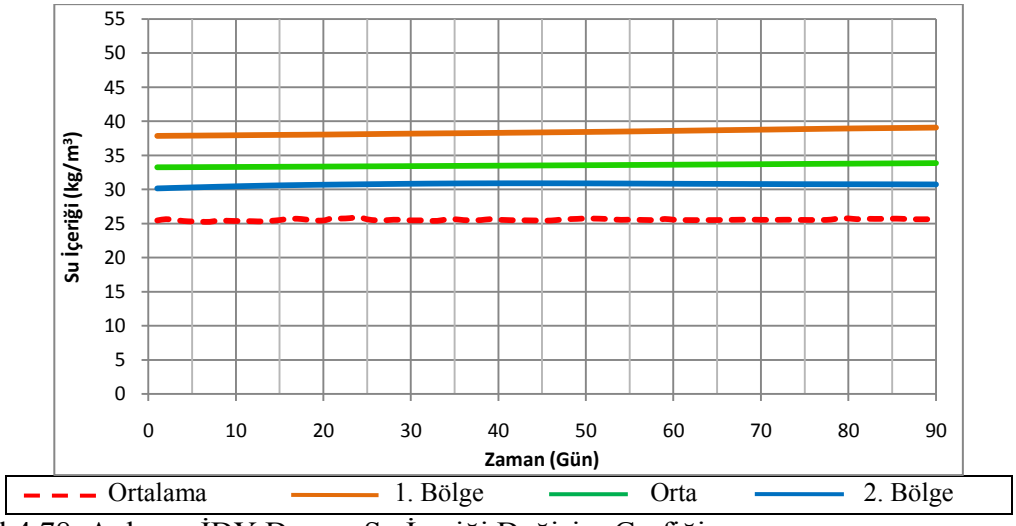




Şekil 4.76. Ankara -İDY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.77. Ankara -İDY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

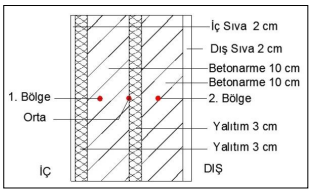


Şekil 4.78. Ankara -İDY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Ankara İDY sisteminde sıcaklık değerleri 5-14°C arasında ve her bölgede birbirine çok yakın değerler elde edilmektedir. (Şekil 4.76) Kesitin ortalama bağıl nem değeri %54, 1. bölgede %57'dir. (Şekil 4.77) Ortalama su içeriği 25-26kg/m^3 tür. 1. bölgede 38kg/m^3 e kadar yükselmektedir. Orta bölgede 34kg/m^3, 2. bölgede 30kg/m^3 değerindedir. (Şekil 4.78)

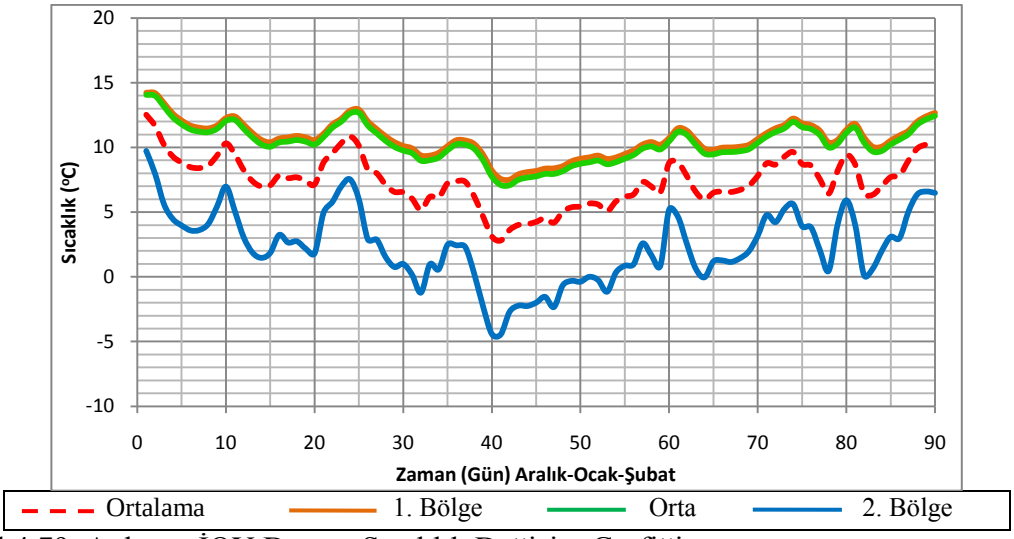
Bölgeler arasındaki sıcaklık farklılığının en az olduğu durumdur. Orta bölge ile kesit ortalaması neredeyse çakışık durumdadır. Her bölgede düşük sıcaklıklar izlenmektedir. Aynı şekilde su miktarı ve nemlilik oranları da yakın değerlerde seyretmektedir. Sıcaklık değerlerinin düşük olmasına rağmen nemliliğin yüksek olmaması yoğuşma riskini azaltmaktadır.

4.3.6. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

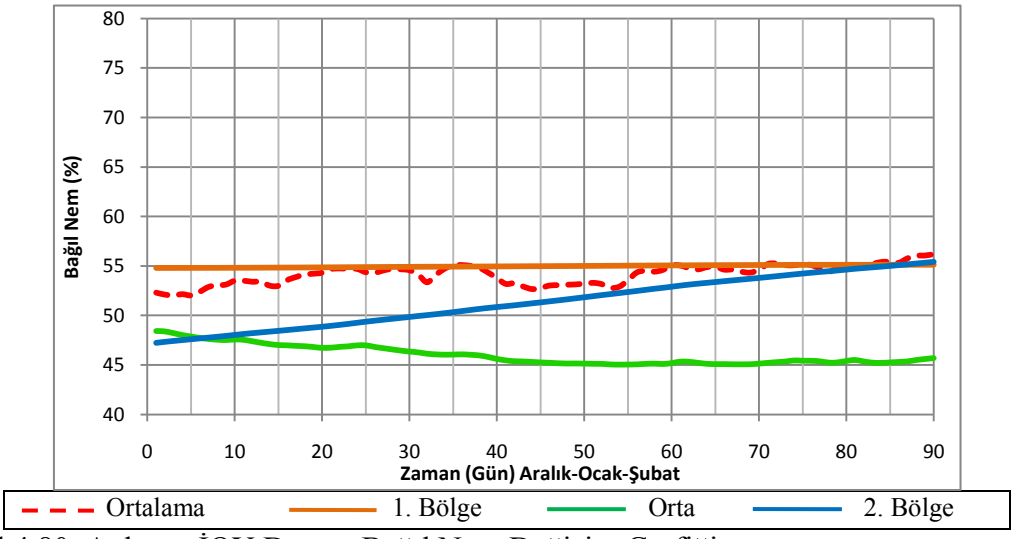


Ankara İOY sisteminde kesitin ortalama sıcaklık değerleri 3-13°C arasında değişmektedir. 2. bölgede -5 ile 10°C, 1. bölgede 7-14°C arasında değerler almaktadır. (Şekil 4.79) Kesitin ortalama bağıl nem değeri %54 olarak görülmektedir. Kesit içerisinde ortalama 25-27kg/m^3 su içeriği bulunmaktadır. 1. bölgede 37kg/m^3, 2. bölgede ise 30-38kg/m^3 değerlerine yükselmektedir. (Şekil 4.80-4.81)

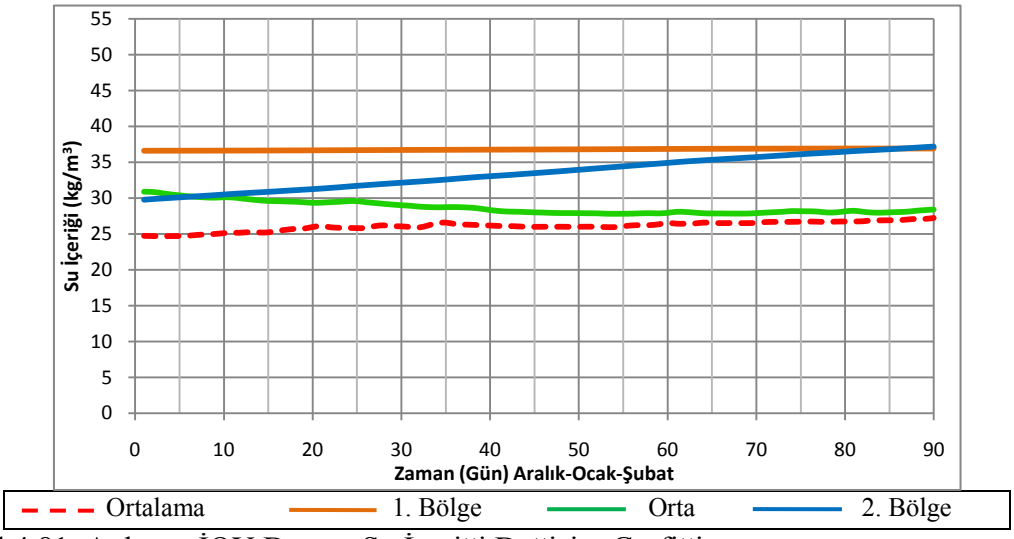
İç ve orta bölgedeki sıcaklık değerleri birbirine çok yakın değerdedir. Dış bölgede ise fark artmakta ve oldukça düşük sıcaklıklar izlenmektedir. Orta bölgedeki yalıtımdan sonra dış bölge hızlıca soğumakta ve değişken sıcaklık eğrisi oluşturmaktadır. Erzurum ve Edirne'ye göre dış nemliliğin düşük olduğu Ankara da İOY bağıl nem açısından farklı durum göstermektedir. Özellikle Edirne de bu kesitin dış bölgesinde bağıl nem değerleri çok yüksek ve yoğuşma riski gösterirken Ankara da bu durum değişmiştir. Kesitteki bağıl nem değerleri düşük ve iç bölgede kısmen daha yüksektir, ancak yoğuşma riski yoktur.



Şekil 4.79. Ankara -İOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

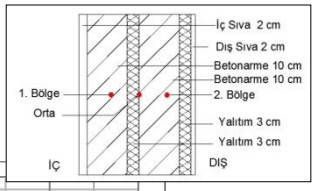


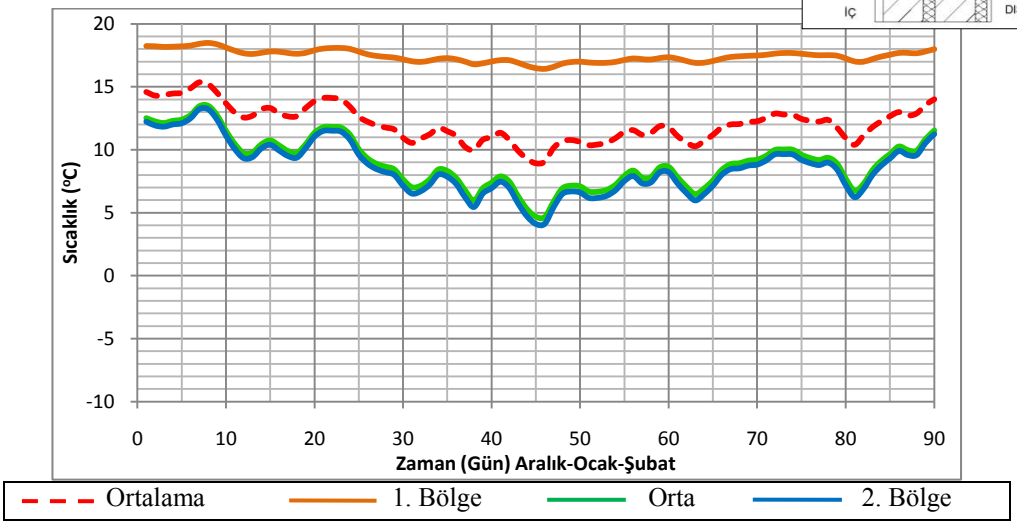
Şekil 4.80. Ankara -İOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



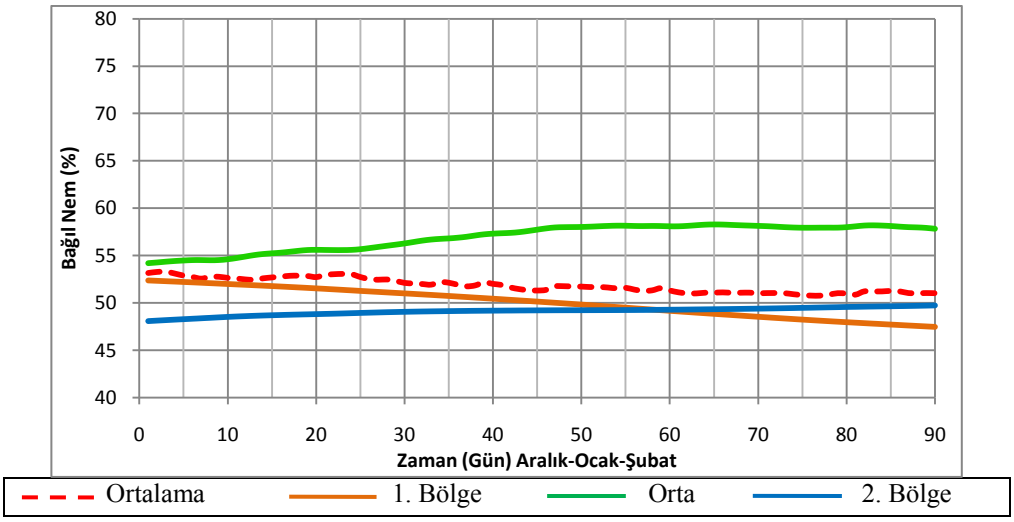
Şekil 4.81. Ankara -İOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

4.3.7. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

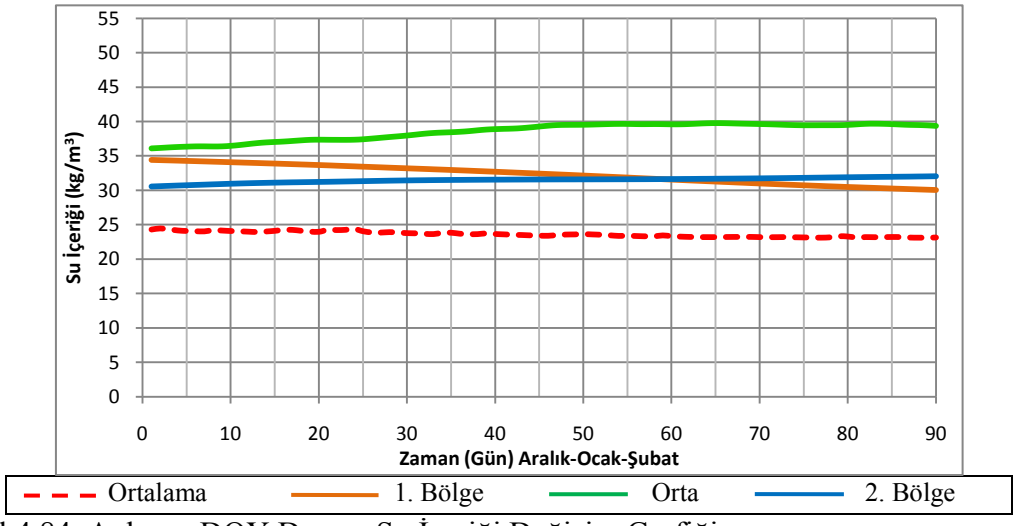




Şekil 4.82. Ankara -DOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.83. Ankara -DOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

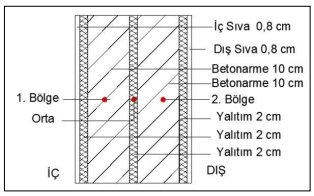


Şekil 4.84. Ankara -DOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Ankara DOY durumunda ortalama sıcaklıklar -9°C ile 15°C arasındadır. 1. bölgede 16-18°C olarak görülen sıcaklıklar konfor koşulları açısından iç yüzey sıcaklığına uygun değerler alacağı açıktır. 2. bölgede ise 4-13°C arasında değerler izlenmektedir. (Şekil 4.82) Kesitin ortalama bağıl nemi %53 civarındadır. Su içeriği ortalaması 23-24kg/m^3 iken orta bölgede 35-40kg/m^3 değerlerine ulaşmaktadır. (Şekil 4.83-4.84)

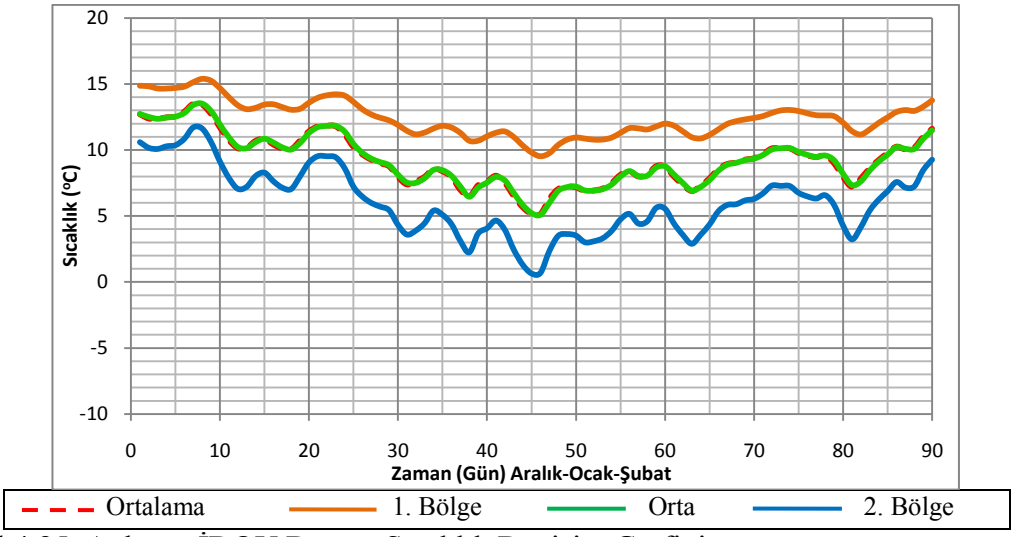
İç bölgedeki sıcaklıklar, diğer iklim bölgelerinde olduğu gibi durağan ve yüksek değerlerde seyretmektedir. Orta bölgedeki yalıtımdan sonra sıcaklıklar birbirine çok yakın değerler almakta, iç bölgeye göre düşmektedir. Buradaki sıcaklık düşüşü ile nemlilik de artmakta fakat yoğuşma riski oluşturmayacak düzeyde kalmaktadır.

4.3.8. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

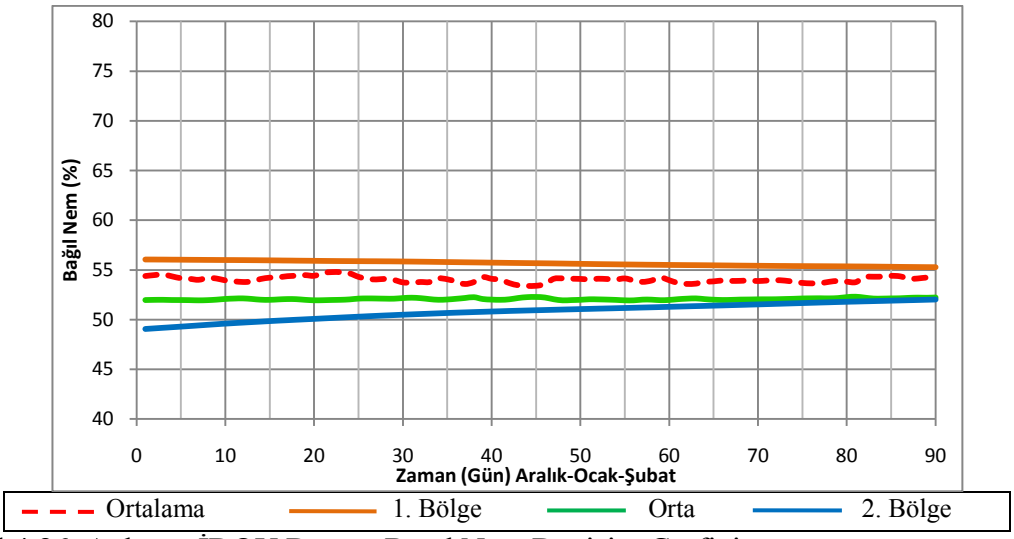


Ankara İDOY durumunda ortalama sıcaklık değerleri 5-14°C aralığında değişmektedir. 1. bölgede 9,5-15°C, 2. bölgede 0-12°C arasındadır. (Şekil 4.85) Kesitin ortalama bağıl nem değeri %55 tir. (Şekil 4.86) Su içeriği kesitte ortalama 26kg/m^3 olarak bulunmaktadır. 1. bölgede 38kg/m^3, 2. bölgede ortalama 33kg/m^3, orta bölgede yalıtım malzemesi bulunduğundan yok denecek kadar azdır. (Şekil 4.87)

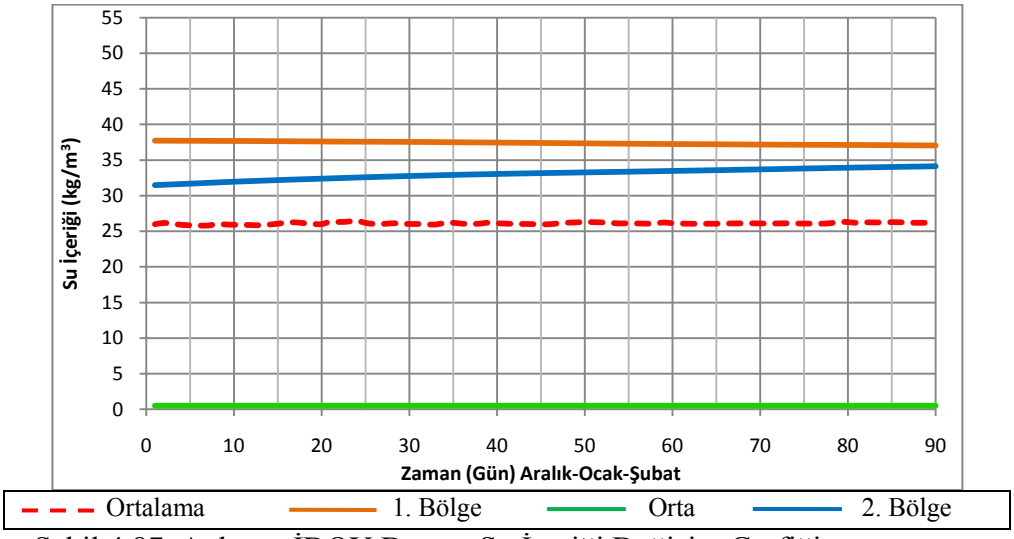
Sıcaklıkların kış boyunca zamana bağlı fazla değişim göstermediği kesittir. Sıcaklık dağılımları dengeli olmasına rağmen dışa yakın 2. bölgede kesit sıcaklıkları neredeyse YD ile yaklaşık değerler almaktadır. Kesit içerisindeki nemlilik değerleri de birbirine yakın ve yoğuşma riski oluşturmayacak düzeydedir.



Şekil 4.85. Ankara -İDOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.86. Ankara -İDOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



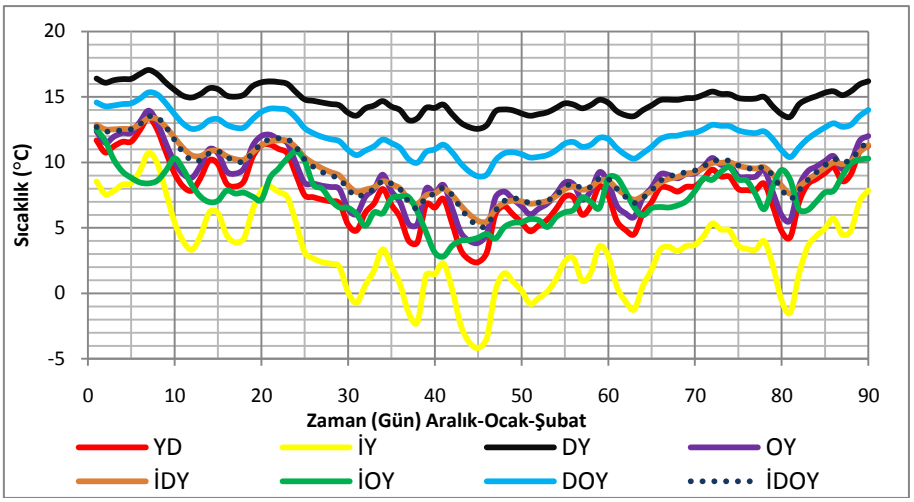
Şekil 4.87. Ankara -İDOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Yalıtım kalınlığının üç eşit parçaya bölünmesiyle, kesit içinde sıcaklıkların bu bölgede de Edirne gibi durağan fakat daha düşük değerlerde seyrettiği görülmektedir. Yalıtımın tek parça halinde dışarıda kullanıldığı durumda gerçekleşen sıcaklık değerlerinden oldukça düşük değerler izlenmektedir. Üç parçalı kullanım, iki parçalı kullanım olan, İOY durumuna göre daha yüksek kesit sıcaklıklarına sahip olmasına rağmen DOY'a göre daha düşük sıcaklık değerleri göstermektedir. İDY durumunda ise kesit içerisindeki dağılımların farklılık göstermesine karşın çok yakın ortalama sıcaklık değerleri izlenmektedir. Gerek sıcaklık gerekse bağıl nem açısından dış bölgede yalıtım uygulanması durumunda iki parçalı kullanım üç parçalı kullanımdan daha olumlu olmaktadır.

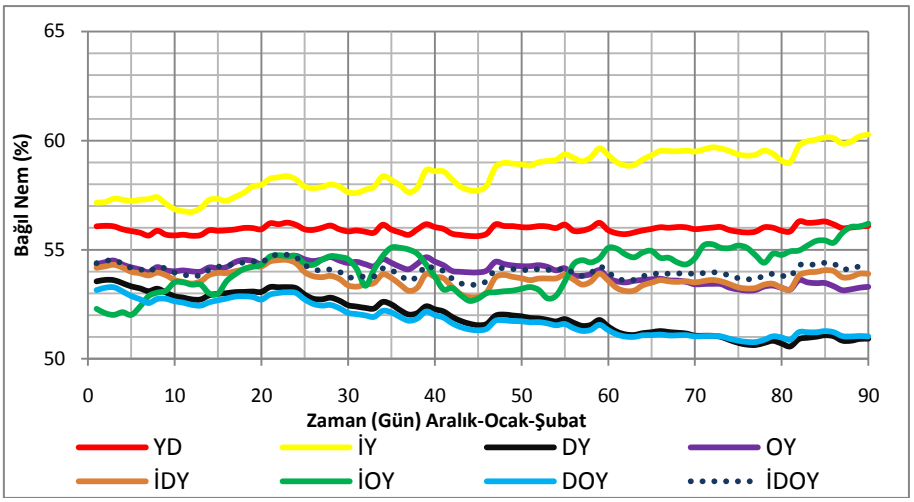
Değerlendirme

Ilıman kuru iklim bölgesine örnek olarak incelenen Ankara İli'nde tüm sistemlerin sıcaklık, bağıl nem ve su içeriği açısından karşılaştırması yapılmış ve oluşturulan grafiklerde sistemler karşılaştırılmıştır. Şekil 4.88'de Ankara iklim bölgesine göre ortalama kesit sıcaklıkları verilmektedir. Grafiğe bakıldığında en olumlu sistem DY ve DOY olarak görülmektedir. OY ve İOY sistemleri YD ile benzer ve yaklaşık değerleri vermektedir. İY, diğer iklim bölgelerinde de olduğu gibi YD'dan bile daha düşük sıcaklıklara sahiptir ve sıcaklık değerleri ani düşüşler göstermektedir. -4°C'ye kadar düştüğü izlenmektedir.

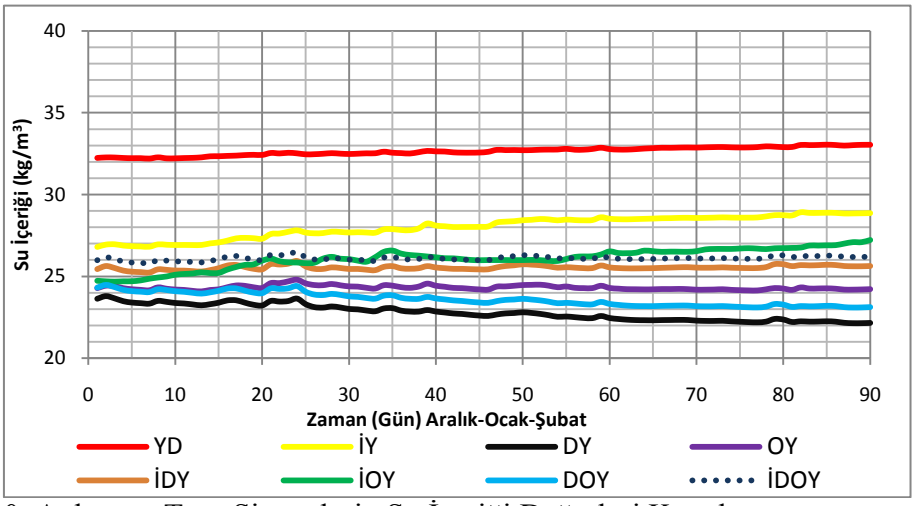
Şekil 4.89'da bağıl nem değerleri açısından karşılaştırma verilmiştir. En düşük bağıl nem değerine sahip sistem DOY sistemidir ayrıca DY çok yakın değerlerle bu sistemi takip etmektedir. Daha sonra sırasıyla, İDY ve İDOY gelmektedir. Bu iklim koşullarında OY ve İOY sistemleri YD a göre olumlu sonuçlar vermektedir. İY sistemi ise YD dan bile yüksek bağıl nem değerlerine sahiptir. Şekil 4.90'da yalıtım sistemlerinin su içeriklerine bakıldığında en düşük değer DY sistemine aittir. Sırasıyla DY, DOY, OY, İDY, İDOY, İOY, İY ve YD olarak sıralanmaktadır. Yalıtımsız durumda su içeriği her ne kadar İY dan yüksek görünse de kesit sıcaklıklarına bakıldığında İY'da yoğuşma riskinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.88. Ankara - Tüm Sistemlerin Sıcaklık Değerleri Karşılaştırması



Şekil 4.89. Ankara - Tüm Sistemlerin Bağıl Nem Değerleri Karşılaştırması



Şekil 4.90. Ankara - Tüm Sistemlerin Su İçeriği Değerleri Karşılaştırması

Ilıman nemli iklim bölgesinden farklı olarak kesit sıcaklıkları düşük değerler veren sistemler olsa da nem oranları ve su içeriklerinin düşük değerler alması İY ve YD dışındaki sistemlerin yoğuşma riskini azaltmaktadır.

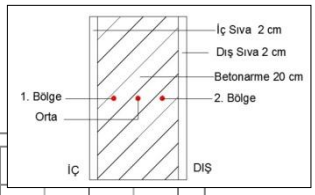
Ilıman Kuru İklim Bölgesinde yalıtım sistemlerinin karşılaştırıldığı Tablo 4.3'de düşey eksendeki yalıtım sistemlerinin yatay eksendekilere göre olumlu (+) ve olumsuz (-) olma durumları karşılaştırılabilmektedir. Tez çalışmasında 3 aylık kış dönemi ele alındığından sıcaklık açısından yüksek sıcaklıklar olumlu(+), bağıl nem ve su içeriği açısından ise düşük değerler olumlu(+) olarak değerlendirilmiştir. Örneğin en alt satırdaki İDOY, ilk sütundaki yalıtımsız duruma göre sıcaklık değerleri açısından 0-3°C aralığında daha olumlu sonuçlar vermektedir. Bağıl nem değerlerinde % 1,5-2, su içeriğinde ise 6-7 kg/m^3 aralığında daha olumlu bir sistemdir olarak okunabilir.

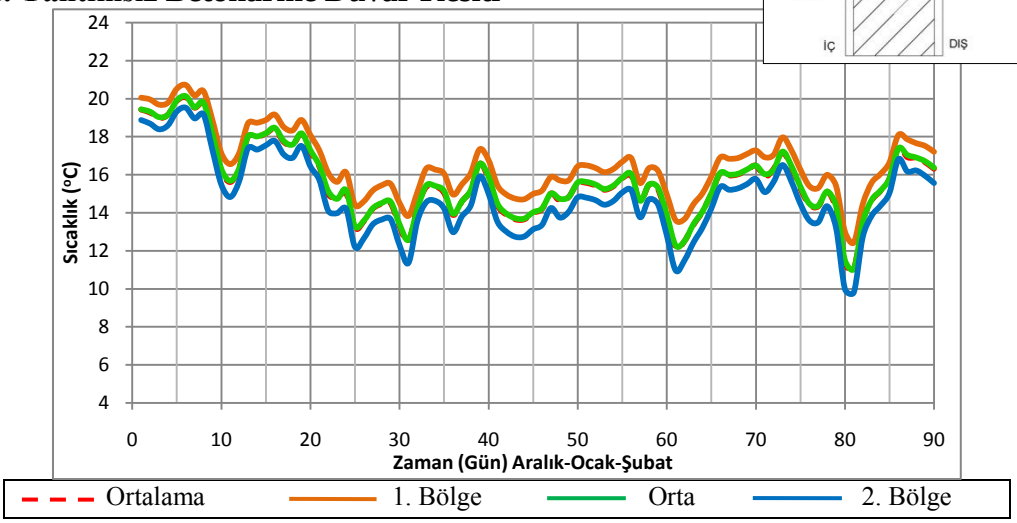
Tablo 4.3. Ilıman Kuru İklim Bölgesinde Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması

ANKARA		YD	İY	DY	OY	İDY	İOY	DOY	İDOY
YD	Sıcaklık (°C)	-	(+) 2-6	(-) 4-10	(-) 0-1	(-) 0-3	(-)4 (+)5	(-) 3-7	(-) 0-3
	B. Nem (%)	-	(+) 1-4	(-) 2,5-5	(-) 1,5-3	(-) 1,5-3	(-) 1-4	(-) 3-5	(-) 1,5-2
	Su (kg/m^3)	-	(-) 4-5	(-) 8,5-11	(-) 8-9	(-) 6,5-7	(-) 6-7	(-) 8-10	(-) 6-7
İY	Sıcaklık (°C)	(-) 2-6	-	(-) 6-17	(-) 2,5-8	(-) 2-9	(-)9 (+)2	(-) 4-13	(-) 2-9
	B. Nem (%)	(-) 1-4	-	(-) 3,5-9	(-) 2,5-7	(-) 2,5-6	(-) 3-6	(-) 4-9	(-) 2,5-6
	Su (kg/m^3)	(+) 4-5	-	(-) 3-7	(-) 2,5-5	(-) 1,5-3	(-) 1,5-2	(-) 2-6	(-) 1-3
DY	Sıcaklık (°C)	(+) 4-10	(+) 6-17	-	(+) 3-9	(+) 3-7	(+) 3-11	(+) 1,5-3	(+) 3-7
	B. Nem (%)	(+) 2,5-5	(+) 3,5-9	-	(+) 1-2,5	(+) 1-2	(-)1 (+)5	(-) 0-0,5	(+) 1-3
	Su (kg/m^3)	(+) 8,5-11	(+) 3-7	-	(+) 1-2	(+) 2-4	(+) 1-5	(+) 1	(+) 2-4
OY	Sıcaklık (°C)	(+) 0-1	(+) 2,5-8	(-) 3-9	-	(+) 0-1,5	(-)1 (+)5	(-) 1-4	(-) 0-1,5
	B. Nem (%)	(+) 1,5-3	(+) 2,5-7	(-) 1-2,5	-	(-)1 (+)1	(-)1 (+)2	(-) 1,5-2,5	(-)1 (+)1
	Su (kg/m^3)	(+) 8-9	(+) 2,5-5	(-) 1-2	-	(+) 1-1,5	(+) 0-3	(-) 0-1	(+) 1-2
İDY	Sıcaklık (°C)	(+) 0-3	(+) 2-9	(-) 3-7	(-) 0-1,5	-	(+) 0-5	(-) 1,5-3	Eşdeğer
	B. Nem (%)	(+) 1,5-3	(+) 2,5-6	(-) 1-2	(-)1 (+)1	-	(+) 0-1	(-) 1-3	Eşdeğer
	Su (kg/m^3)	(+) 6,5-7	(+) 1,5-3	(-) 2-4	(-) 1-1,5	-	(-)1 (+)1,5	(-) 1-2,5	(+) 0,5
İOY	Sıcaklık (°C)	(-)5 (+)4	(-)2 (+)9	(-) 3-11	(-)5 (+)1	(-) 0-5	-	(-) 2-8	(-) 0-5
	B. Nem (%)	(+) 1-4	(+) 3-6	(-)5 (+)1	(-)2 (+)1	(-) 0-1	-	(-)5 (+)1	(-)2 (+)2
	Su (kg/m^3)	(+) 6-7	(+) 1,5-2	(-) 1-5	(-) 0-3	(-)1,5 (+)1	-	(-) 0-2,5	(-)1 (+)1
DOY	Sıcaklık (°C)	(+) 3-7	(+) 4-13	(-) 1,5-3	(+) 1-4	(+) 1,5-3	(+) 2-8	-	(+) 1,5-3
	B. Nem (%)	(+) 3-5	(+) 4-9	(+) 0-0,5	(+) 1,5-2,5	(+) 1-3	(-)1 (+)5	-	(+) 1,5-3
	Su (kg/m^3)	(+) 8-10	(+) 2-6	(-) 1	(+) 0-1	(+) 1-2,5	(+) 0-2,5	-	(+) 0,5-3
İDOY	Sıcaklık (°C)	(+) 0-3	(+) 2-9	(-) 3-7	(+) 0-1,5	Eşdeğer	(+) 0-5	(-) 1,5-3	-
	B. Nem (%)	(+) 1,5-2	(+) 2,5-6	(-) 1-3	(-)1 (+)1	Eşdeğer	(-)2 (+)2	(-) 1,5-3	-
	Su (kg/m^3)	(+) 6-7	(+) 1-3	(-) 2-4	(-) 1-2	(-) 0,5	(-)1 (+)1	(-) 0,5-3	-

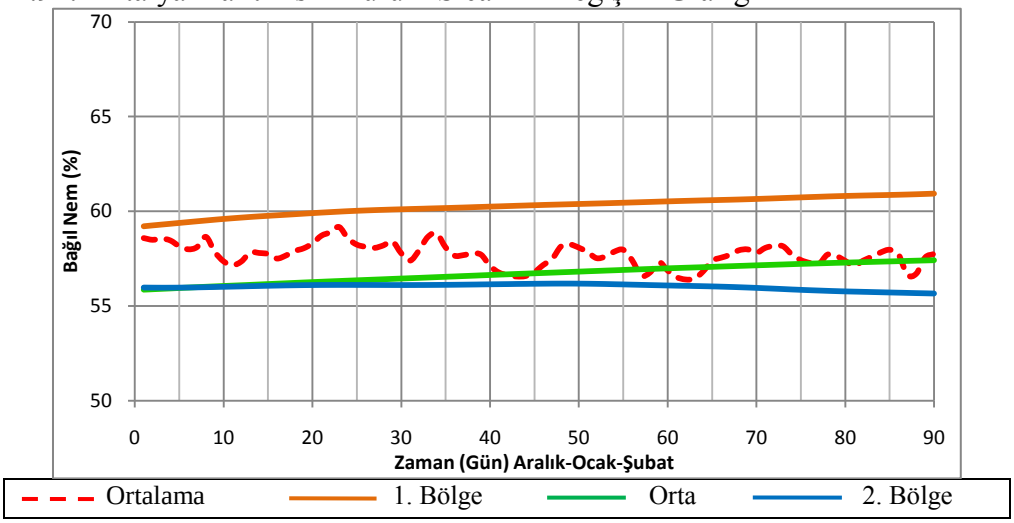
4.4. Sıcak-Nemli İklim Bölgesi – Antalya

4.4.1. Yalıtımsız Betonarme Duvar Kesiti

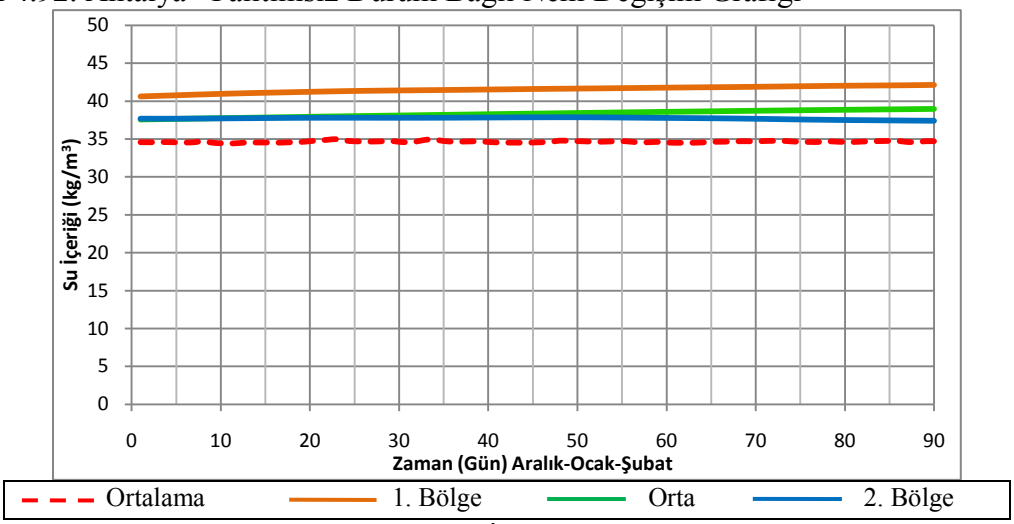




Şekil 4.91. Antalya-Yalıtımsız Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.92. Antalya -Yalıtımsız Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

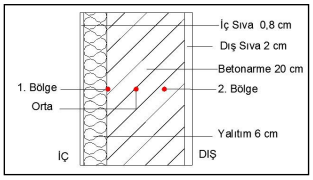


Şekil 4.93. Antalya -Yalıtımsız Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Antalya YD kesit sıcaklıkları 10-20°C arasında ani değişkenlik göstermektedir. Kesit içinde her bölgede sıcaklık değerleri birbirine çok yakındır. (Şekil 4.91) Kesitin bağıl nemi ortalama %58'dir. Kesit ortalama 35kg/m^3 su içeriğine sahiptir. 1. bölgede 40-42kg/m^3 e ulaşmaktadır. (Şekil 4.92-4.93)

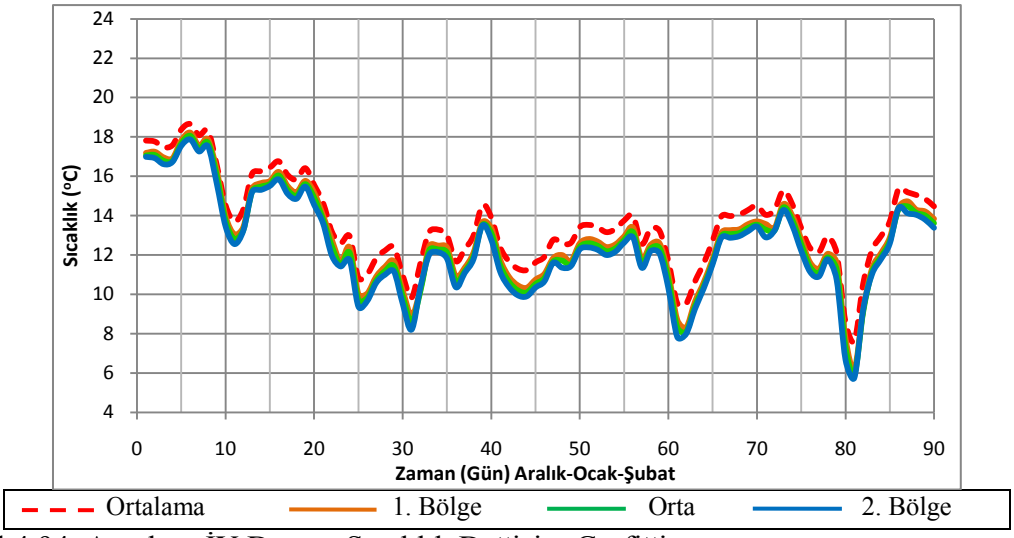
Diğer iklim bölgelerine göre kesit sıcaklıkları belirgin bir şekilde artmıştır. Fakat yine oldukça değişken bir eğri çizmektedir. Kış şartlarında iç ortam buhar basıncının yüksek olması nedeniyle iç bölgedeki nemlilik daha yüksek değerlerde seyretmektedir.

4.4.2. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

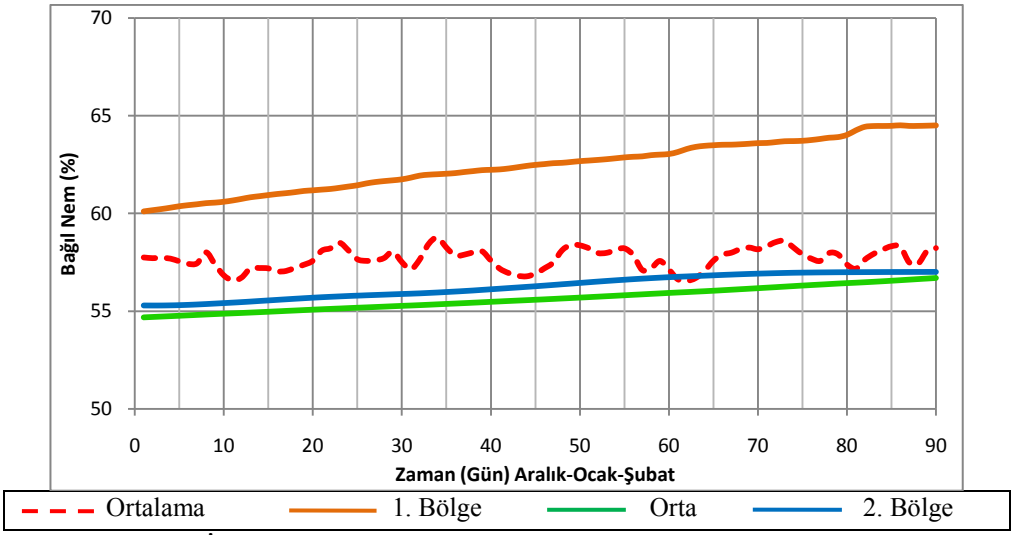


Antalya İY durumunda kesit sıcaklıkları 5,5-18,5°C arasında ani değişimler göstermekte ve kesit içinde bölgelerin sıcaklıkları birbirine çok yakın değerler almaktadır. Ortalama bağıl nem değeri %57'dir. (Şekil 4.94-4.95) Kesit ortalama 28kg/m^3 su içermektedir. 2. Bölge ve orta bölgede 35-40kg/m^3 aralığında, 1. Bölgede ise 40-45kg/m^3 aralığında su içeriği bulunmaktadır. (Şekil 4.96)

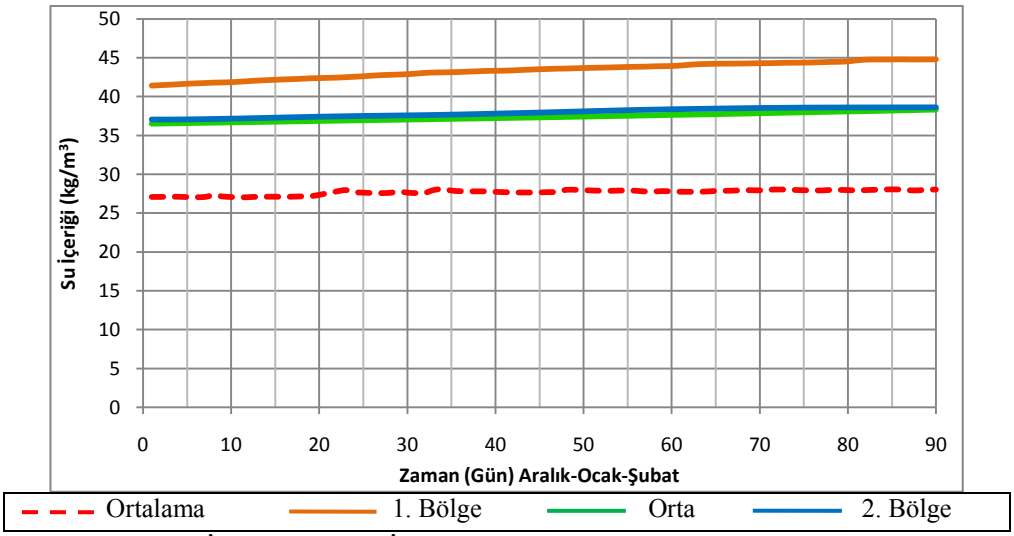
Kesit sıcaklıklarının birbirine çok yakın değerde fakat en düşük olduğu durumdur. Diğer iklim bölgelerine göre sıcaklıklar oldukça yükselmiş, sıcaklık aralığı daralmış ancak yine kış döneminde zamana bağlı değişken sıcaklık eğrileri izlenmektedir. İç yüzeydeki yalıtımdan sonra kesitte gerçekleşen düşük sıcaklıklarla birlikte bağıl nemliliğin yüzeysel olarak arttığı, orta ve dış bölgede ise birbirine çok yakın değerlerde seyrettiği görülmektedir.



Şekil 4.94. Antalya -İY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

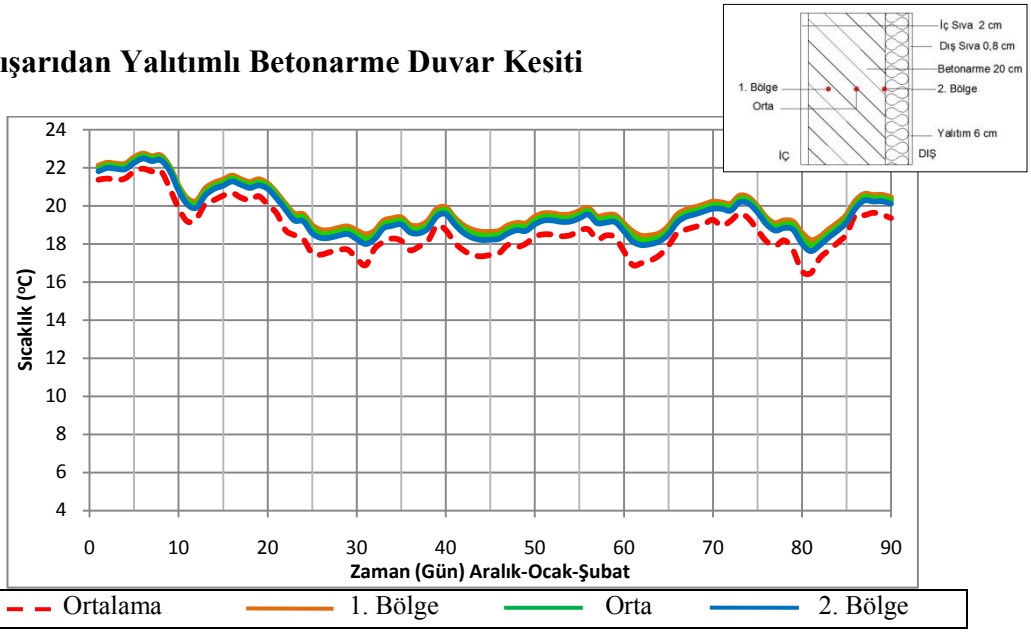


Şekil 4.95. Antalya -İY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

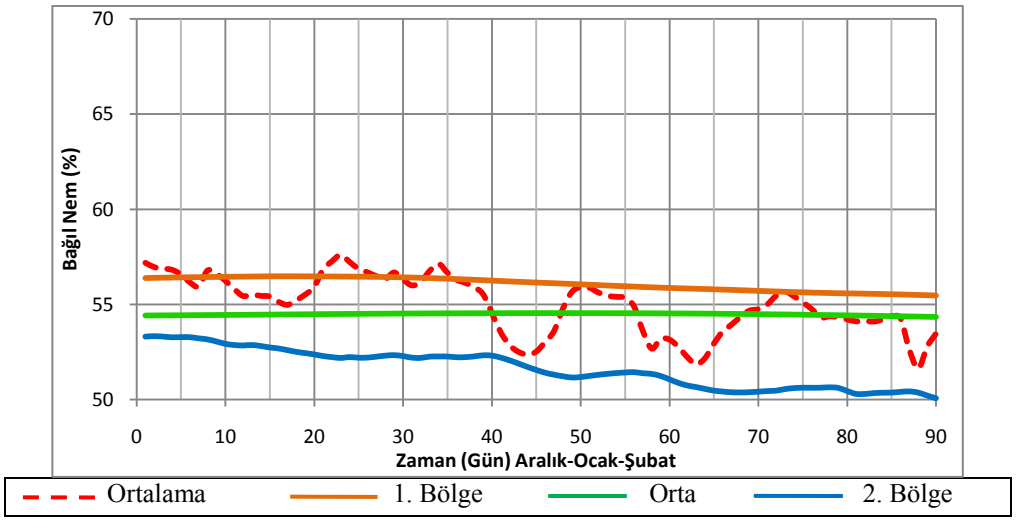


Şekil 4.96. Antalya -İY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

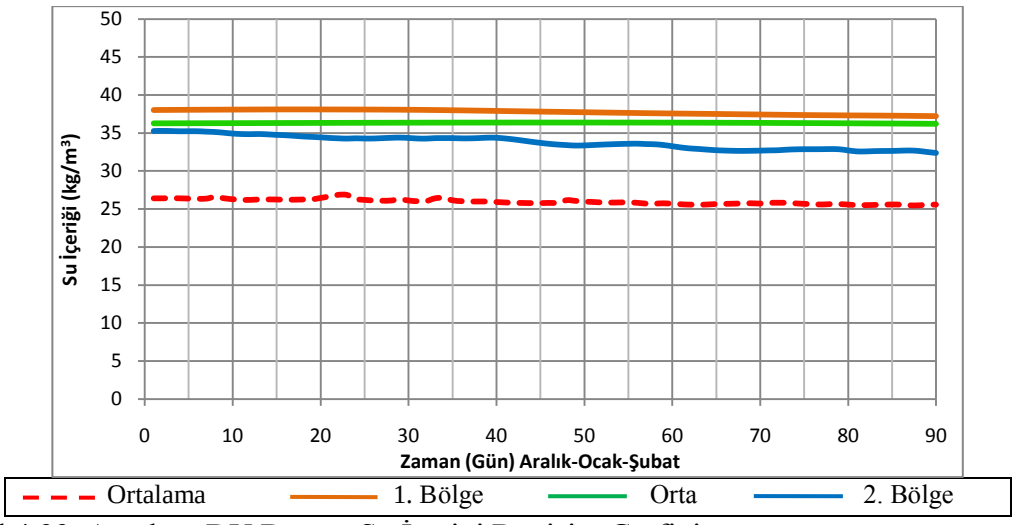
4.4.3. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



Şekil 4.97. Antalya -DY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.98. Antalya -DY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

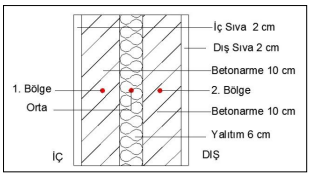


Şekil 4.99. Antalya -DY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Antalya DY kesitte ortalama sıcaklıklar 16,5-22°C arasında değişmektedir. İç ortama yakın olan 1. bölgede 19-22,5°C aralığında değişimler görülmektedir. İç ortam konfor koşulları bu sıcaklık değerleri ile kolaylıkla sağlanabilecektir. (Şekil 4.97) Kesitte ortalama %52-57 aralığında bağıl nem değerleri izlenmektedir. (Şekil 4.98) Ortalama su içeriği değeri 26kg/m^3 iken 1. bölgede 38kg/m^3 e kadar yükselmektedir. (Şekil 4.99)

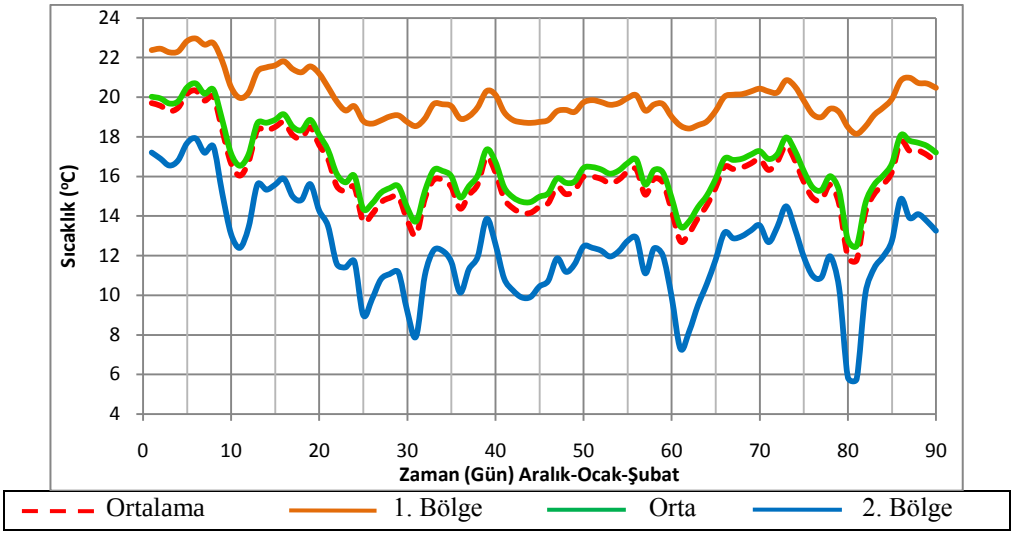
İY da olduğu gibi kesit içinde bölge sıcaklıkları birbirine çok yakın değerde fakat farklı olarak ortalama değerin üzerinde seyretmektedir. Diğer iklim bölgelerindeki durağan eğri burada farklılaşmıştır. Öteki iklim bölgelerinden farklı olarak, Aralık ayında dış ortam sıcaklıklarının Ocak ve Şubata göre oldukça yüksek seyretmesinden dolayı zamana bağlı sıcaklık değişimi daha devingendir. Su ve bağıl nem değerlerinin de birbirine yakın ve içeriden dışarıya doğru azalma göstermektedir.

4.4.4. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

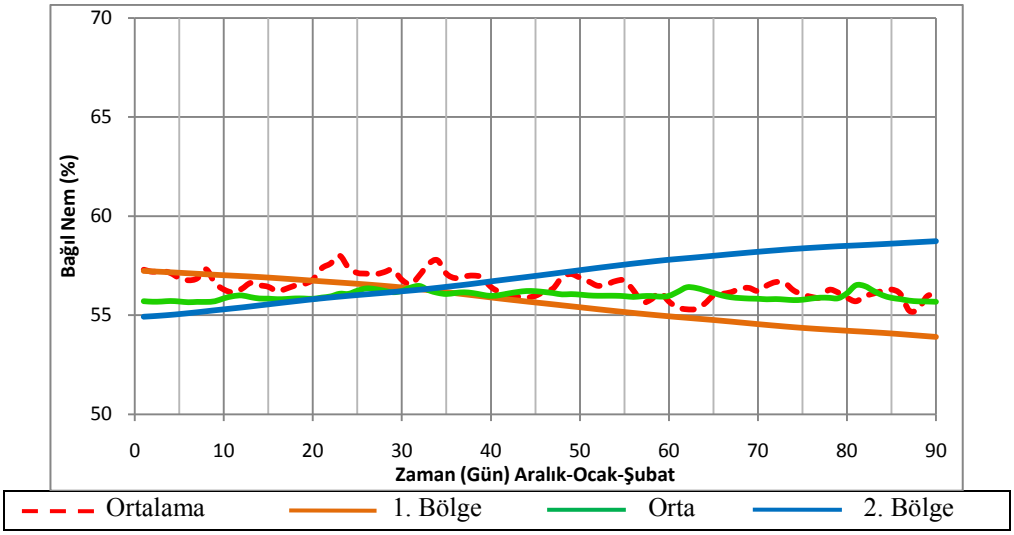


Antalya OY durumunda ortalama kesit sıcaklıkları 12 ile 20°C arasındadır. 1. bölgede 18-23°C sıcaklık değerleri izlenmektedir. (Şekil 4.100) Konfor koşullarının rahatlıkla sağlandığı görülmektedir. Kesitin ortalama bağıl nemi %55-57 arasında değişmektedir. Ortalama 27kg/m^3 su içeriği bulunmaktadır. 1. ve 2. bölgelerde 35-40kg/m^3 aralığına yükselmektedir. (Şekil 4.101-4.102)

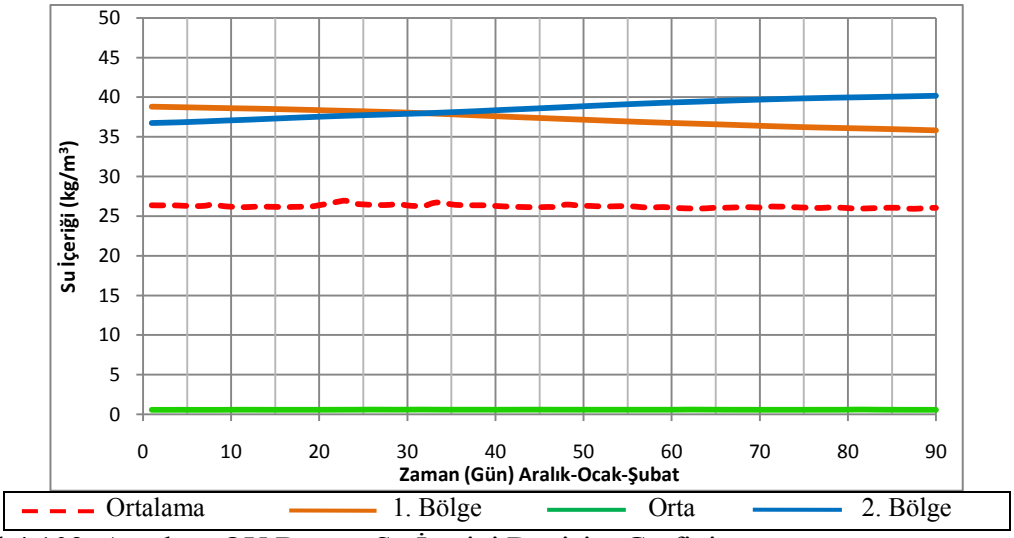
Kesit içinde sıcaklık dağılımlarının en çok farklılık gösterdiği kesitlerden birisidir. İç bölgeden dışa doğru hem sıcaklık değerleri azalmakta hem de eğriler daha değişken duruma gelmektedir. Bağıl nem açısından bu fark görülmemekte ve birbirine çok yakın değerler izlenmektedir.



Şekil 4.100. Antalya -OY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

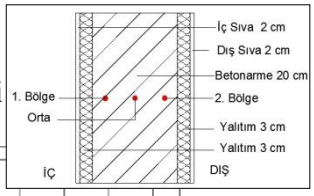


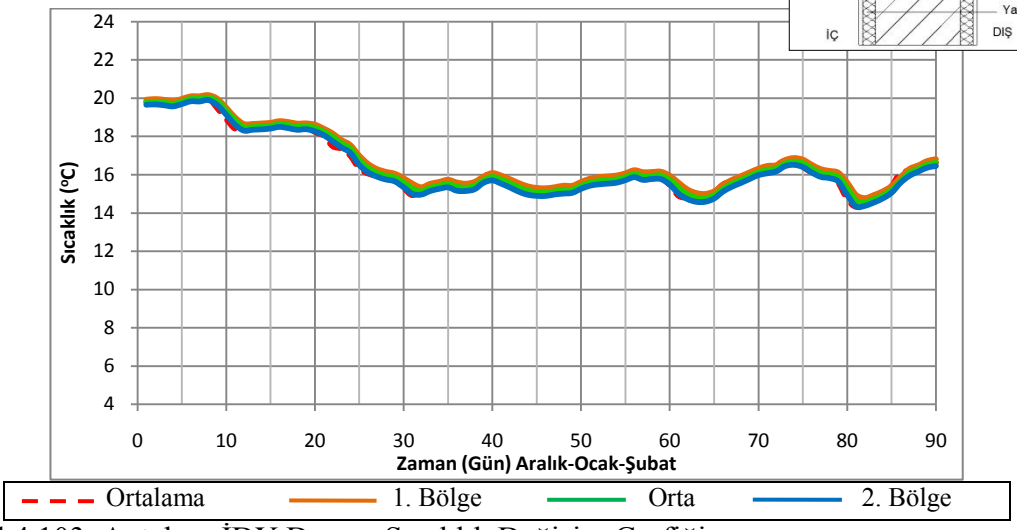
Şekil 4.101. Antalya -OY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



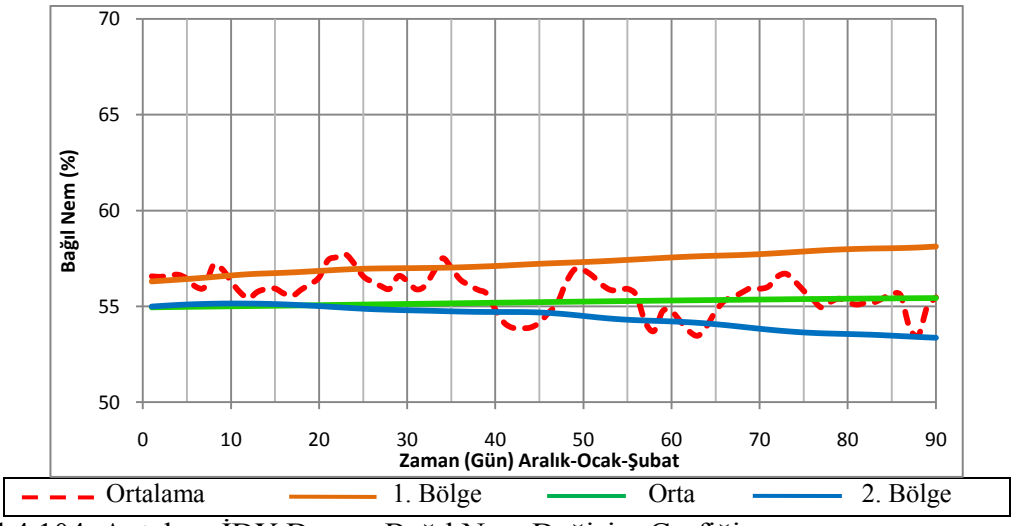
Şekil 4.102. Antalya -OY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

4.4.5. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

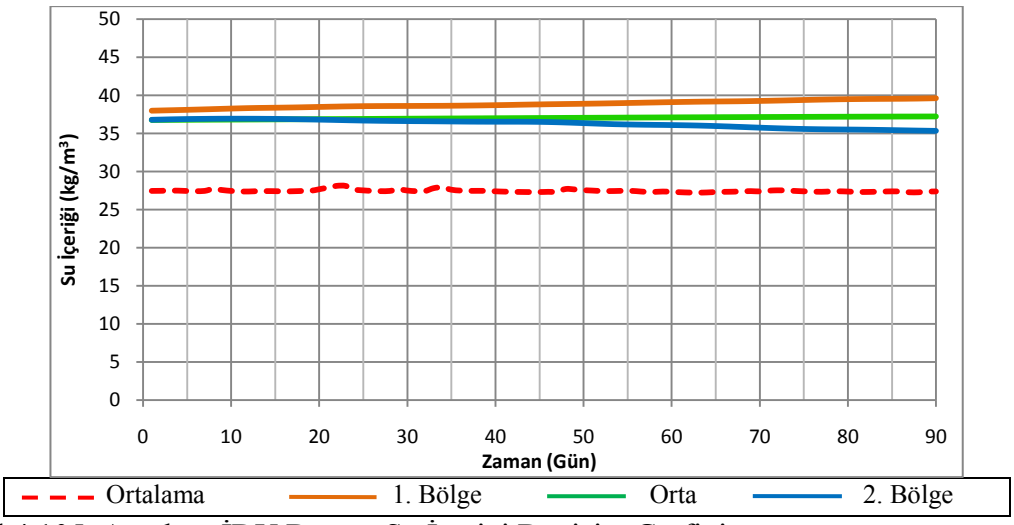




Şekil 4.103. Antalya -İDY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.104. Antalya -İDY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

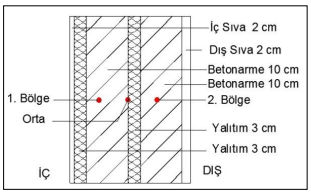


Şekil 4.105. Antalya -İDY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Antalya İDY sisteminde kesit sıcaklıkları 14,5-20°C arasında ve her bölgede birbirine çok yakın değerlerde izlenmektedir. (Şekil 4.103) Ortalama bağıl nem %54-58 arasındadır. Kesitin ortalama 28kg/m^3 su içerdiği görülmektedir. 1. bölgede 38-40kg/m^3 değerlerine ulaşmaktadır. (Şekil 4.104-4.105)

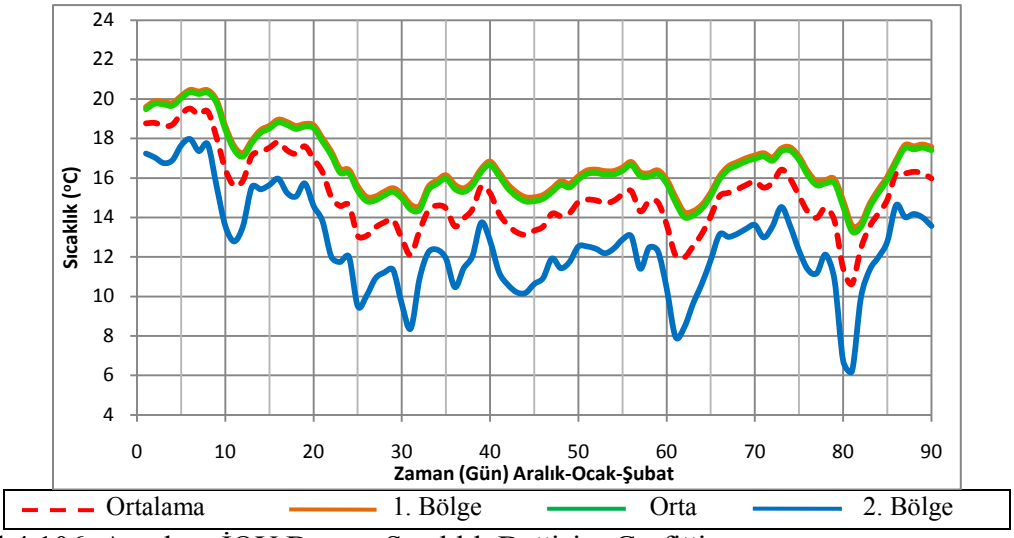
Kesit içinde sıcaklıklarının birbirine çok yakın olduğu durumlardan birisidir. Aralık ayında dış ortam sıcaklıklarının Ocak ve Şubata göre oldukça yüksek seyretmesinden dolayı kesitte bu bölgede sıcaklıklar yüksek ve değişken, düşük sıcaklıklar Ocak ve Şubatta izlendiğinden bu aylarda sıcaklık eğrisi daha durağandır Bağıl nem ve su içeriği değerleri de birbirine yakın ve içeriden dışarıya doğru azalma göstermektedir.

4.4.6. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

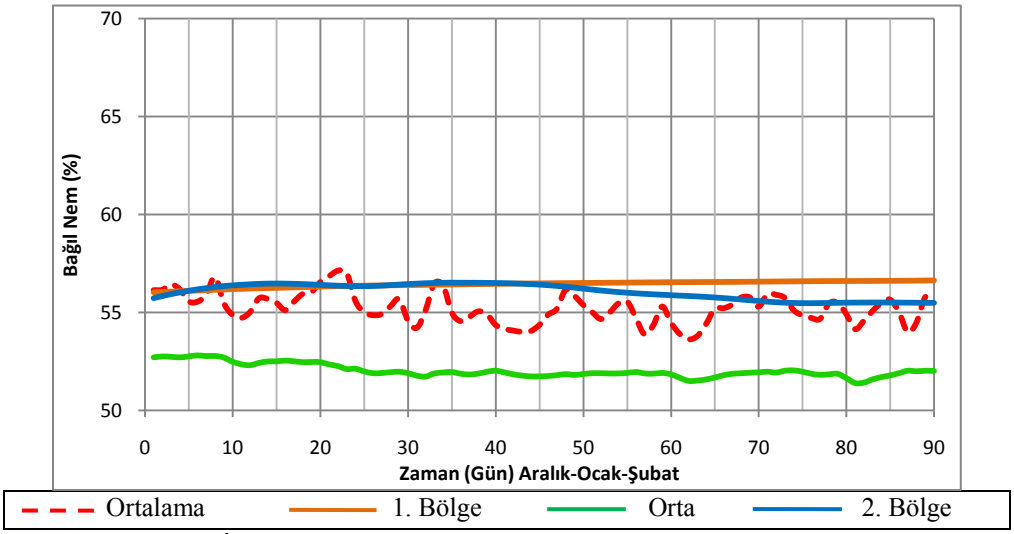


Antalya İOY durumunda ortalama sıcaklık değerleri 11-19°C aralığında değişmektedir. 1. bölgede 14-20,5°C sıcaklıkları izlenmektedir. (Şekil 4.106) Bağıl nem ortalama değeri %55 düzeyinde, ortalama su içeriği 27kg/m^3 tür. 1. ve 2. bölgede 38kg/m^3 e ulaşmaktadır. (Şekil 4.107-4.108)

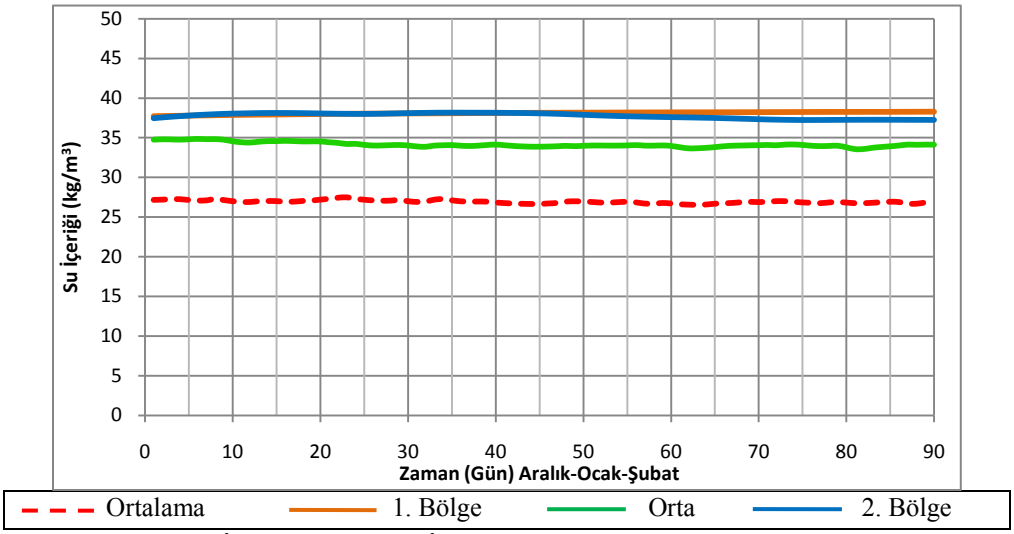
1. ve orta bölgedeki kesit sıcaklıkları birbirine çok yakın ve daha durağan dış bölgede ise değişken ve düşük sıcaklıklar görülmektedir. İç bölgedeki yalıtımdan sonra kesitin nemliliği artmakta orta bölgedeki yalıtımdan sonra ise kesitte sıcaklıklar düşmektedir.



Şekil 4.106. Antalya -İOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

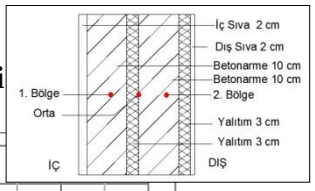


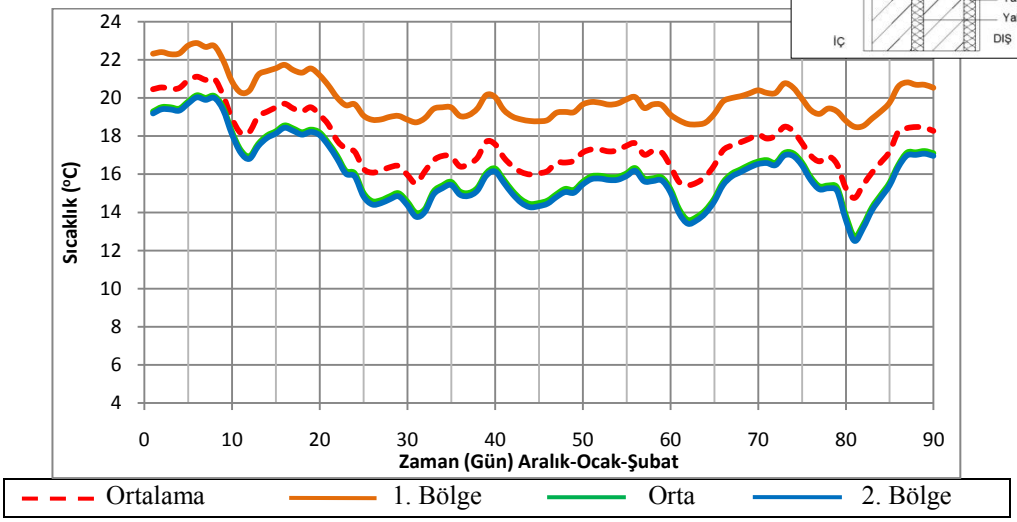
Şekil 4.107. Antalya -İOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



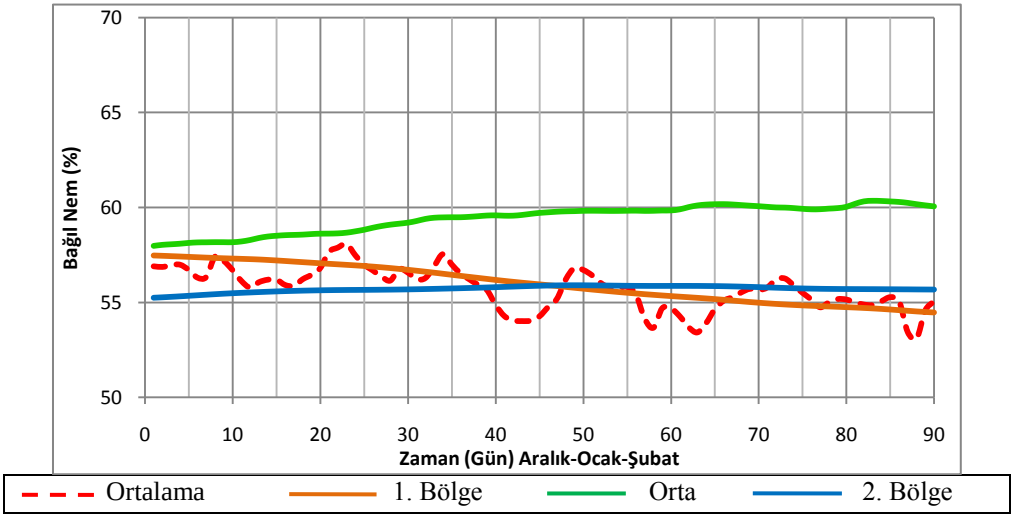
Şekil 4.108. Antalya -İOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

4.4.7. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

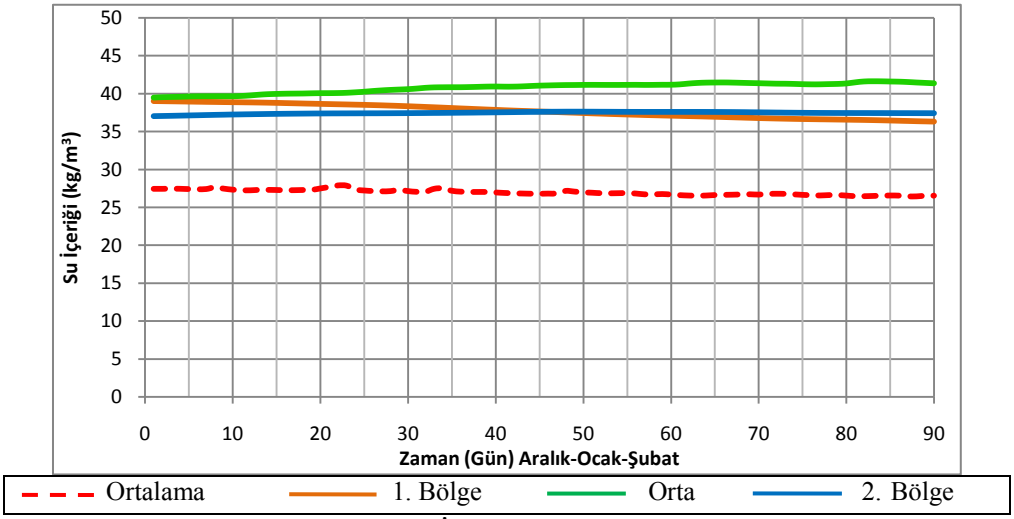




Şekil 4.109. Antalya -DOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.110. Antalya -DOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

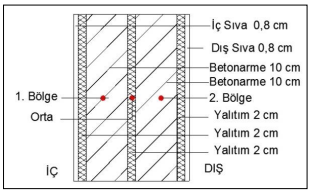


Şekil 4.111. Antalya -DOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Antalya DOY durumunda ortalama sıcaklıklar 15-21°C arasındadır. 1. bölgede 18,5-23°C aralığında değişmektedir. (Şekil 4.109) Ortalama bağıl nem değeri yaklaşık %56'dır. (Şekil 4.110) Kesitte ortalama 27kg/m^3 su içeriği bulunmaktadır. 1., 2. ve orta bölgelerde 35-40kg/m^3 su içeriği izlenmiştir. (Şekil 4.111)

Orta ve dış bölgedeki sıcaklıklar neredeyse eşdeğerdir. İç bölgede ise belirgin bir şekilde yüksek değerler görülmektedir. Orta bölgedeki yalıtımdan sonra nem yükselmektedir. İOY'dan farklı olarak kesit sıcaklıkları daha yüksek ve risk oluşturacak düzeyde değildir.

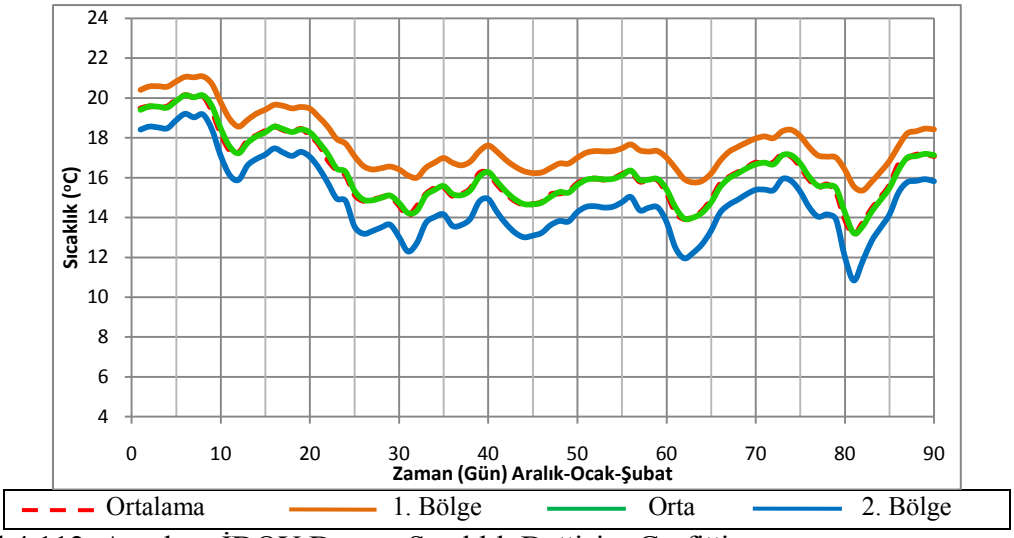
4.4.8. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



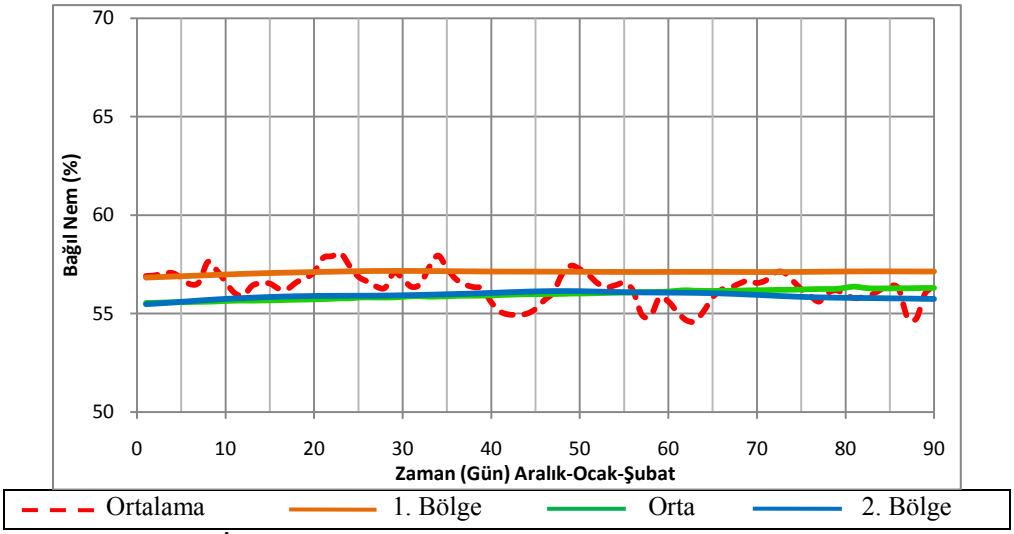
Antalya İDOY sisteminde ortalama kesit sıcaklıkları 14-20°C dir. 1. bölgede 15,5-21°C aralığında değerler görülmektedir. (Şekil 4.112) Kesitin ortalama bağıl nem değeri yaklaşık %57'dir. Ortalama 28kg/m^3 su içeriği bulunmaktadır. 1. ve 2. bölgede 37-38kg/m^3, orta bölgede yalıtım malzemesi bulunduğundan yok denecek kadar azdır. (Şekil 4.113-4.114)

Kesit içerisindeki sıcaklık dağılımları dengelidir. DOY'dan daha düşük İOY'dan ise daha yüksek sıcaklık değerleri izlenmektedir. Bağıl nem değerleri de dengeli ve çok yakın seyretmektedir.

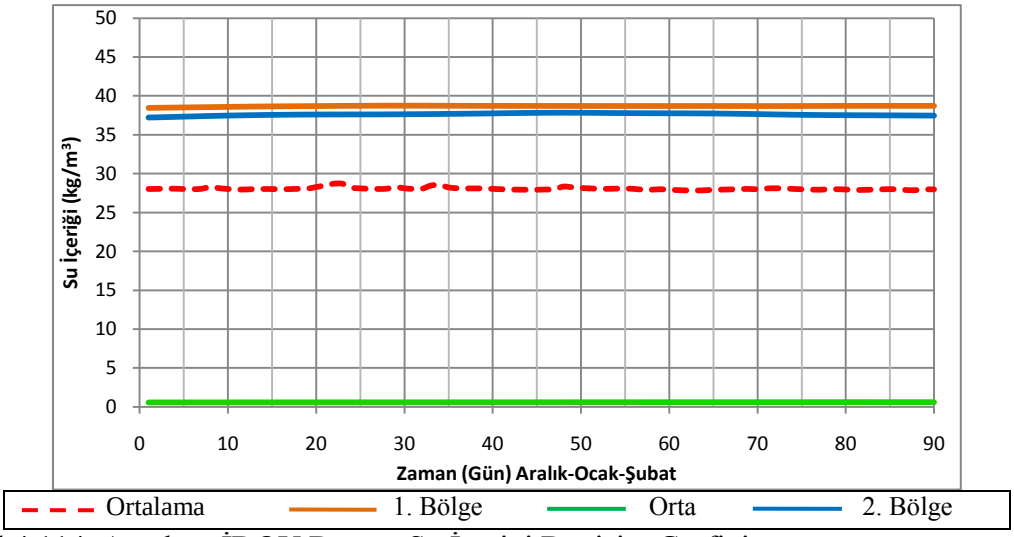
Yalıtım kalınlığının üç eşit parçaya bölünmesiyle, kesit içerisinde sıcaklık dağılımları birbirine yakın fakat durağan değildir. Yalıtımın tek parça olarak dışarıda kullanıldığı durumda gerçekleşen sıcaklık değerlerinden daha düşük ve kesit içerisindeki dağılımda sıcaklık farkları daha yüksek izlemektedir. Üç parçalı kullanım, iki parçalı kullanım olan, İOY ve İDY durumlarına göre daha yüksek kesit sıcaklıkları göstermesine rağmen DOY'a göre daha düşük sıcaklıkları göstermektedir. Sıcaklık ve bağıl nem açısından dış bölgede yalıtım uygulanması durumunda iki parçalı kullanım üç parçalı kullanımdan daha olumlu olmaktadır.



Şekil 4.112. Antalya -İDOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.113. Antalya -İDOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



Şekil 4.114. Antalya -İDOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Değerlendirme

Sıcak nemli iklim bölgesine örnek olarak incelenen Antalya İli'ne ait kesit grafikleri ayrı ayrı incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu aşamada tüm sistemlerin aynı grafik üzerinde karşılaştırmasını yapmak hedeflenmiş ve oluşturulan grafiklerde sıcaklık, bağıl nem ve su içeriği açısından sistemler karşılaştırılmıştır.

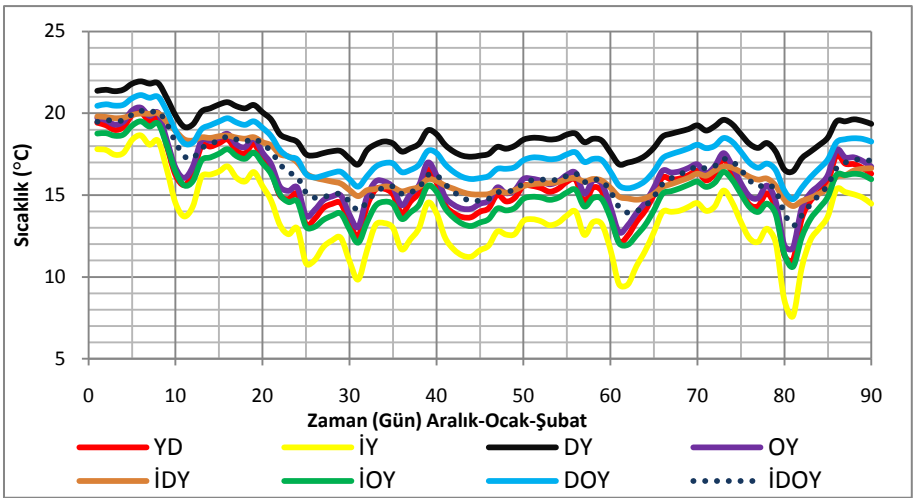
Şekil 4.115 Antalya iklim koşullarında oluşturulan kesitlerin ortalama sıcaklıklarını göstermektedir. Grafiğe bakıldığında en olumlu sistem DY, DOY, İDY, İDOY olarak sıralanmaktadır. İOY ve İY sistemleri YD dan bile daha düşük kesit sıcaklıklarına sahiptir.

Bağıl nem açısından Şekil 4.116'e bakıldığında en olumlu sistemden itibaren sıralanırsa DY, DOY, İOY, İDY, OY olarak sıralanabilir. YD ve İY birbirine çok yakın değerler almaktadır.

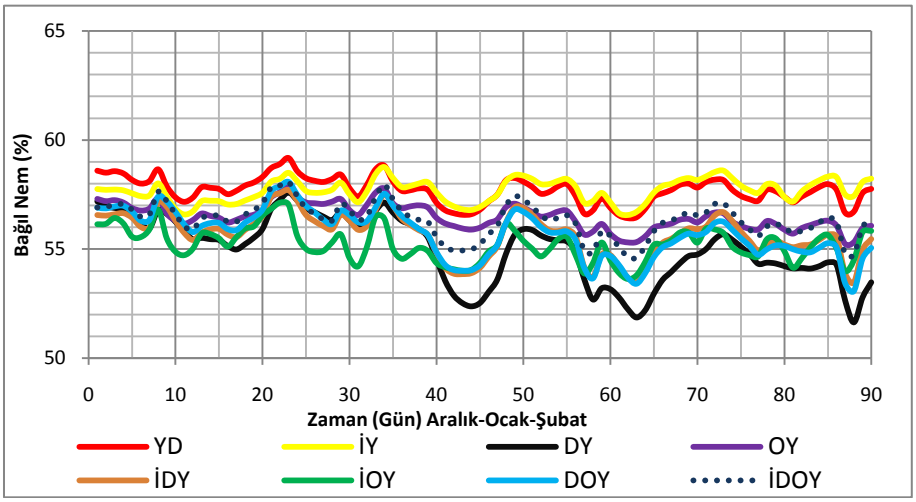
Su içeriğine bakıldığında (Şekil 4.117) tüm sistemlerin birbirine çok yakın değerler aldığı, sadece YD da önemli farkların olduğu izlenmektedir. Sıralama yapmak gerekirse en olumludan DY itibaren, OY, DOY, İOY, İDY, İY, İDOY olarak sıralanmaktadır.

Bu iklim bölgesinde hem kesit sıcaklıkları hem de nem durumları tüm sistemlerde birbirine çok yakın değerler izlemektedir. Kesit sıcaklığı ortalamaları yüksek, bağıl nem değerleri de yoğuşma riski oluşturmayacak düzeydedir.

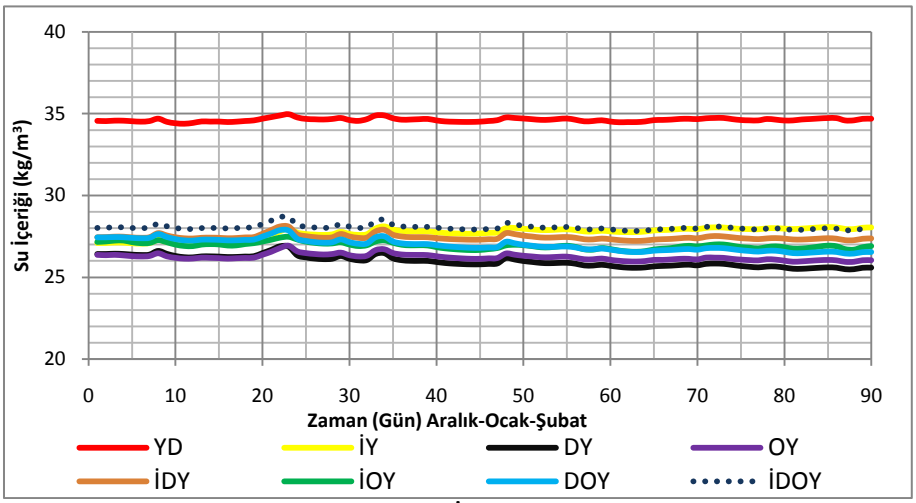
Sıcak Nemli İklim Bölgesinde yalıtım sistemlerinin karşılaştırıldığı Tablo 4.4'de düşey eksendeki yalıtım sistemlerinin yatay eksendekilere göre olumlu (+) ve olumsuz (-) olma durumları karşılaştırılabilmektedir. Tez çalışmasında 3 aylık kış dönemi ele alındığından sıcaklık açısından yüksek sıcaklıklar olumlu(+), bağıl nem ve su içeriği açısından ise düşük değerler olumlu(+) olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.115. Antalya - Tüm Sistemlerin Sıcaklık Değerleri Karşılaştırması



Şekil 4.116. Antalya - Tüm Sistemlerin Bağıl Nem Değerleri Karşılaştırması



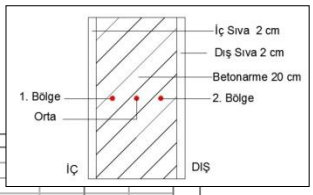
Şekil 4.117. Antalya - Tüm Sistemlerin Su İçeriği Değerleri Karşılaştırması

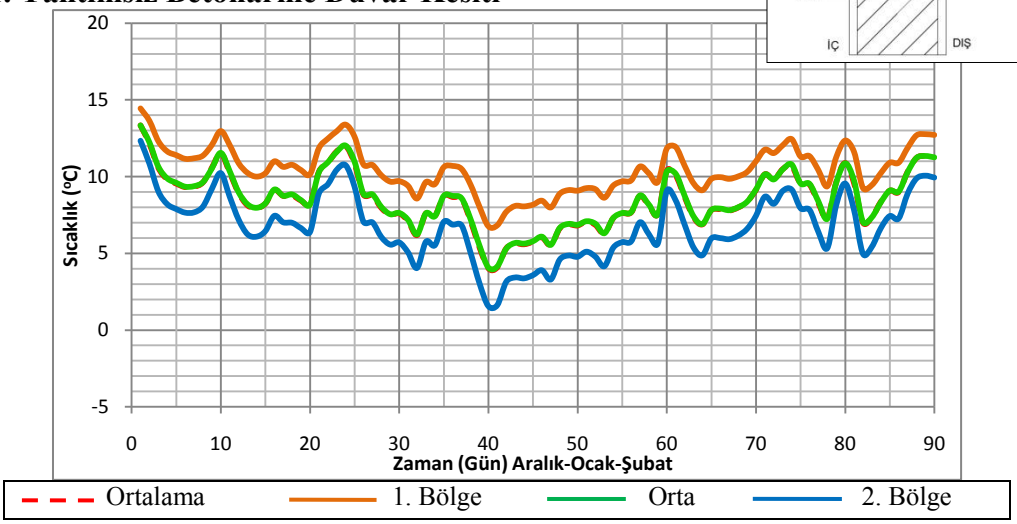
Tablo 4.4. Sıcak Nemli İklim Bölgesinde Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması

ANTALYA		YD	İY	DY	OY	İDY	İOY	DOY	İDOY
YD	Sıcaklık (°C)	-	(+) 1,5-3	(-) 2-5	Eşdeğer	(-) 0-3	Eşdeğer	(-) 1-4	Eşdeğer
	B. Nem (%)	-	(-)1 (+)1	(-) 1,5-5	(-) 1-2	(-) 1,5-3	(-) 1,5-3	(-) 1-3,5	(-) 1-2
	Su (kg/m^3)	-	(-) 6,5-7,5	(-) 8-9	(-) 8-8,5	(-) 7-7,5	(-) 7,5-8	(-) 7-8	(-) 6-6,5
İY	Sıcaklık (°C)	(-) 1,5-3	-	(-) 3-8,5	(-) 1-4	(-) 1-7	(-) 1-3	(-) 2-7	(-) 1-6
	B. Nem (%)	(-)1 (+)1	-	(-) 1-5	(-) 0,5-2	(-) 1-3	(-) 1-2,5	(-) 0,5-3	(-) 0-2
	Su (kg/m^3)	(+) 6,5-7,5	-	(-) 1-2,5	(-) 1-2	(-) 0-1	(-) 0-1,5	(-) 0-1,5	(+) 0-1
DY	Sıcaklık (°C)	(+) 2-5	(+) 3-8,5	-	(+) 1,5-4,5	(+) 1-2	(+) 1,5-5,5	(+) 1-1,5	(+) 1-3
	B. Nem (%)	(+) 1,5-5	(+) 1-5	-	(+) 1-3,5	(+) 0-2	(-)1,5 (+)1,5	(+) 0-1,5	(+) 0-2,5
	Su (kg/m^3)	(+) 8-9	(+) 1-2,5	-	(+) 0-0,5	(+) 1-2	(+) 1-1,5	(+) 1-1,5	(+) 2-3
OY	Sıcaklık (°C)	Eşdeğer	(+) 1-4	(-) 1,5-4,5	-	(-)2,5 (+)1	(+) 0-1	(-) 0-2	Eşdeğer
	B. Nem (%)	(+) 1-2	(+) 0,5-2	(-) 1-3,5	-	(-) 1-2	(-) 0-2	(-) 0-2	(-)0,5 (+)1
	Su (kg/m^3)	(+) 8-8,5	(+) 1-2	(-) 0-0,5	-	(+) 1,5-2	(+) 1-1,5	(+) 1-1,5	(+) 1,5-2
İDY	Sıcaklık (°C)	(+) 0-3	(+) 1-7	(-) 1-2	(-)1 (+)2,5	-	(+) 0-3,5	(-) 0-1	Eşdeğer
	B. Nem (%)	(+) 1,5-3	(+) 1-3	(-) 0-2	(+) 1-2	-	(-)1 (+)0,5	Eşdeğer	Eşdeğer
	Su (kg/m^3)	(+) 7-7,5	(+) 0-1	(-) 1-2	(-) 1,5-2	-	(-) 0,5-1	(-) 0-1	(+) 1
İOY	Sıcaklık (°C)	Eşdeğer	(+) 1-3	(-) 1,5-5,5	(-) 0-1	(-) 0-3,5	-	(-) 1-3,5	(-) 0,5-2
	B. Nem (%)	(+) 1,5-3	(+) 1-2,5	(-)1,5 (+)1,5	(+) 0-2	(-)0,5 (+)1	-	(+) 0-2	(+) 0-2
	Su (kg/m^3)	(+) 7,5-8	(+) 0-1,5	(-) 1-1,5	(-) 1-1,5	(+) 0,5-1	-	Eşdeğer	(+) 1-1,5
DOY	Sıcaklık (°C)	(+) 1-4	(+) 2-7	(-) 1-1,5	(+) 0-2	(+) 0-1	(+) 1-3,5	-	(+) 0,5-1,5
	B. Nem (%)	(+) 1-3,5	(+) 0,5-3	(-) 0-1,5	(+) 0-2	Eşdeğer	(-) 0-2	-	(+) 0-1
	Su (kg/m^3)	(+) 7-8	(+) 0-1,5	(-) 1-1,5	(-) 1-1,5	(+) 0-1	Eşdeğer	-	(+) 1-2
İDOY	Sıcaklık (°C)	Eşdeğer	(+) 1-6	(-) 1-3	Eşdeğer	Eşdeğer	(+) 0,5-2	(-) 0,5-1,5	-
	B. Nem (%)	(+) 1-2	(+) 0-2	(-) 0-2,5	(-)1 (+)0,5	Eşdeğer	(-) 0-2	(-) 0-1	-
	Su (kg/m^3)	(+) 6-6,5	(-) 0-1	(-) 2-3	(-) 1,5-2	(-) 1	(-) 1-1,5	(-) 1-2	-

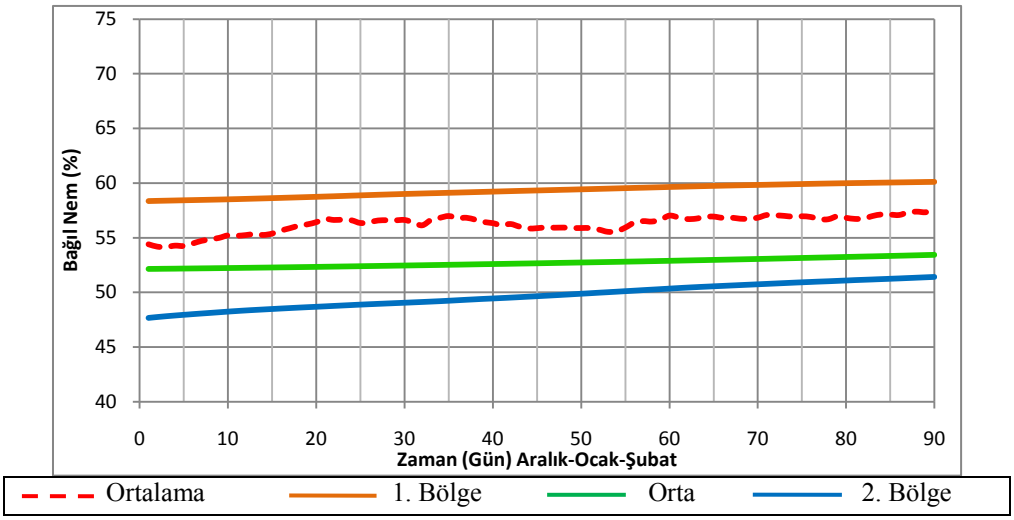
4.5. Sıcak-Kuru İklim Bölgesi – Diyarbakır

4.5.1. Yalıtımsız Betonarme Duvar Kesiti

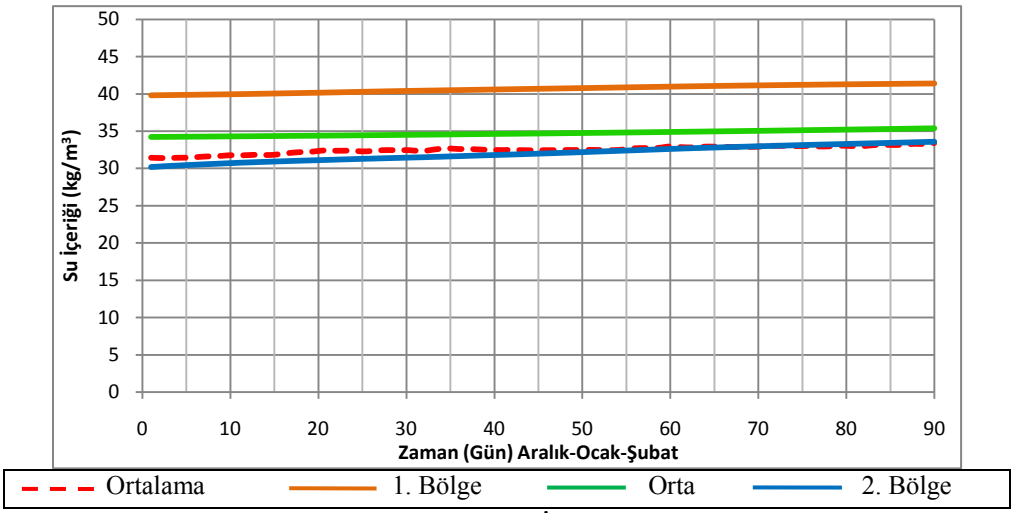




Şekil 4.118. Diyarbakır-Yalıtımsız Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.119. Diyarbakır -Yalıtımsız Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



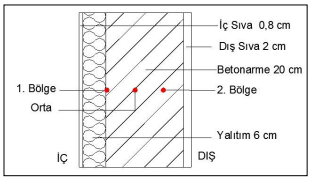
Şekil 4.120. Diyarbakır -Yalıtımsız Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Diyarbakır YD ortalama kesit sıcaklıkları 4-13°C arasında değişmektedir. 1. bölgede 7-14°C olarak izlenmektedir. (Şekil 4.118) Bağıl nem ortalama %55, su içeriği ortalama 32kg/m^{3}tür. 1. bölgede 40-42kg/m^3 e ulaşmaktadır. (Şekil 4.119-4.120)

Kesitin ortalama sıcaklık eğrisi orta bölgede elde edilen sıcaklık eğrisi ile çakışık durumdadır. Bölgeler arası dengeli bir dağılım gözlenmekte ancak, kesit sıcaklıkları düşük değerlerde seyretmektedir.

Ilıman nemli iklim bölgesi dışındaki diğer bölgelerde olduğu gibi su ve bağıl nem değerleri iç bölgede yüksek dışarıya doğru azalmaktadır.

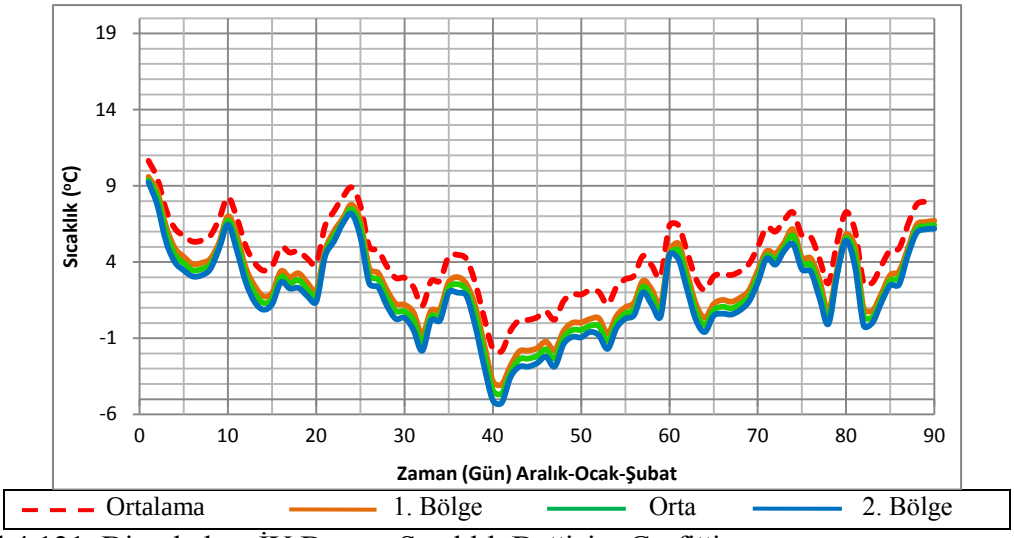
4.5.2. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



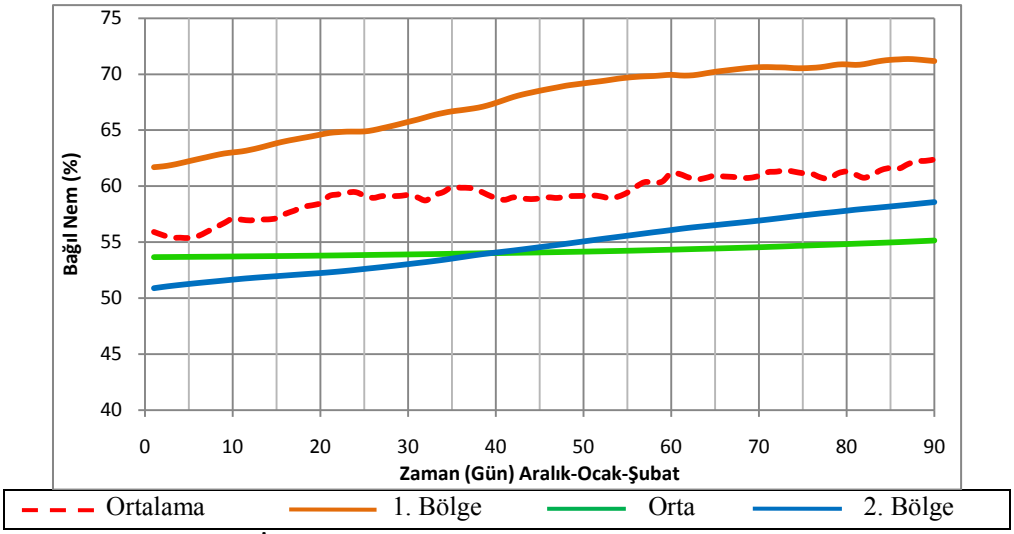
Diyarbakır İY durumda ortalama -2 ile 11°C arasında sıcaklıklar görülmektedir. 1. bölgede -4 ile 10°C aralığındadır. (Şekil 4.121) Bu iklim bölgesi için, iç ortam konfor koşullarının sağlanabilmesi açısından uygun sıcaklıkları sağlayamamaktadır. Kesitin ortalama bağıl nem değerleri %55-63 aralığında değişmektedir. (Şekil 4.122) Su içeriği ortalama 25-30kg/m^3 civarındadır. 1. bölgede 43-48kg/m^3 e ulaşmaktadır. (Şekil 4.123)

Kesit içinde bölgelerdeki sıcaklıkların birbirine en yakın olduğu durumdur. Ancak ortalama değerden bile düşük bölgesel sıcaklıklar izlenmektedir. Sıcaklık dağılımı değişken bir eğri çizmekte ve YD'dan bile oldukça düşük sıcaklıklar görülmektedir.

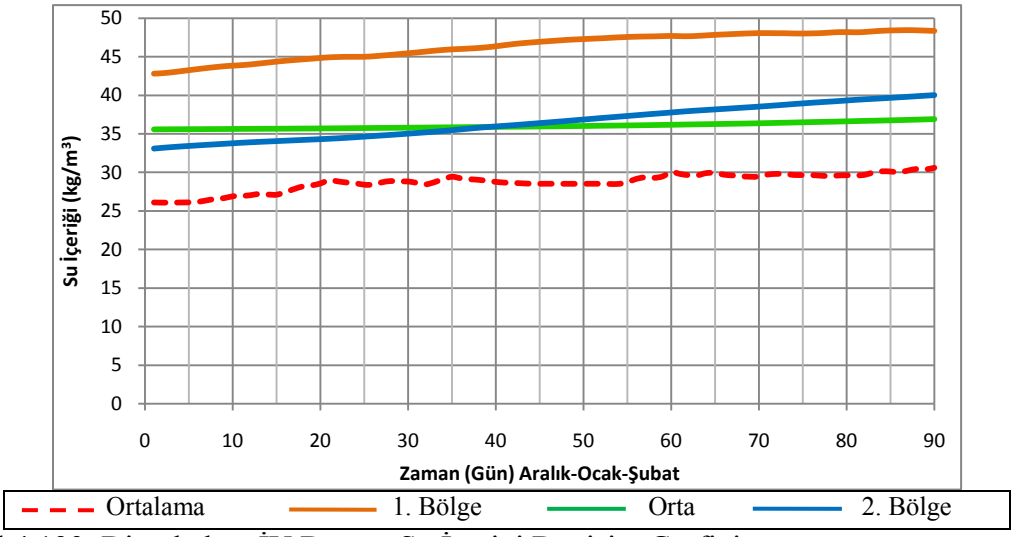
İç bölgedeki yalıtımdan sonra kesitte sıcaklıklar düşmekte, dolayısıyla 1. bölgede bağıl nemlilik yükselmektedir. Bağıl nem değerleri orta ve 2. bölgede birbirine yakın değerler almaktadır. İç bölge yoğuşma açısından riskli bölgedir.



Şekil 4.121. Diyarbakır -İY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

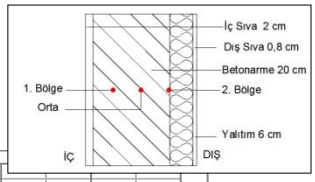


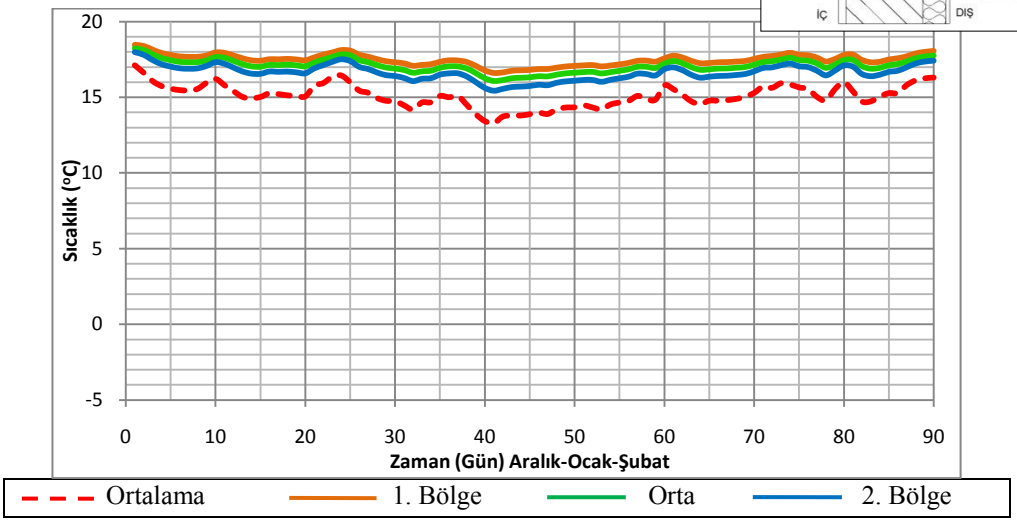
Şekil 4.122. Diyarbakır -İY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



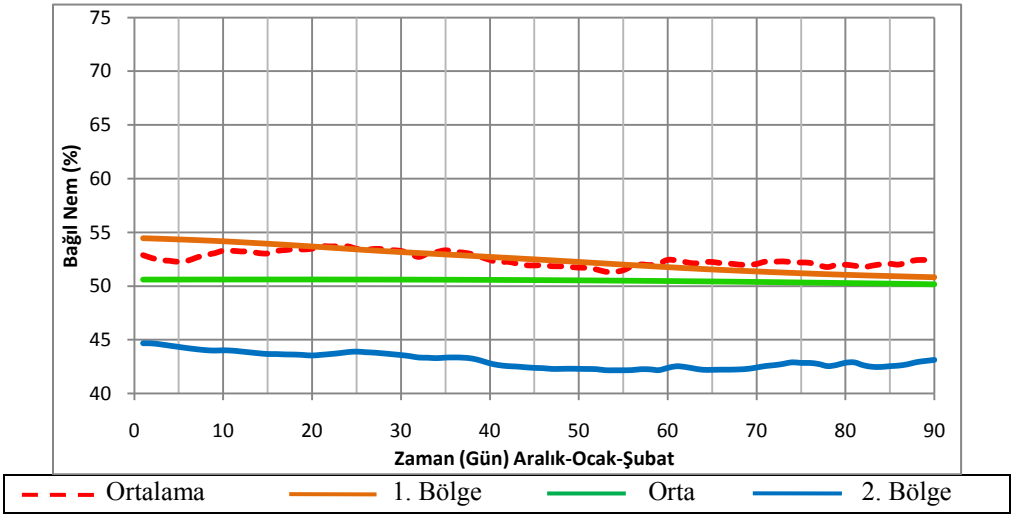
Şekil 4.123. Diyarbakır -İY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

4.5.3. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

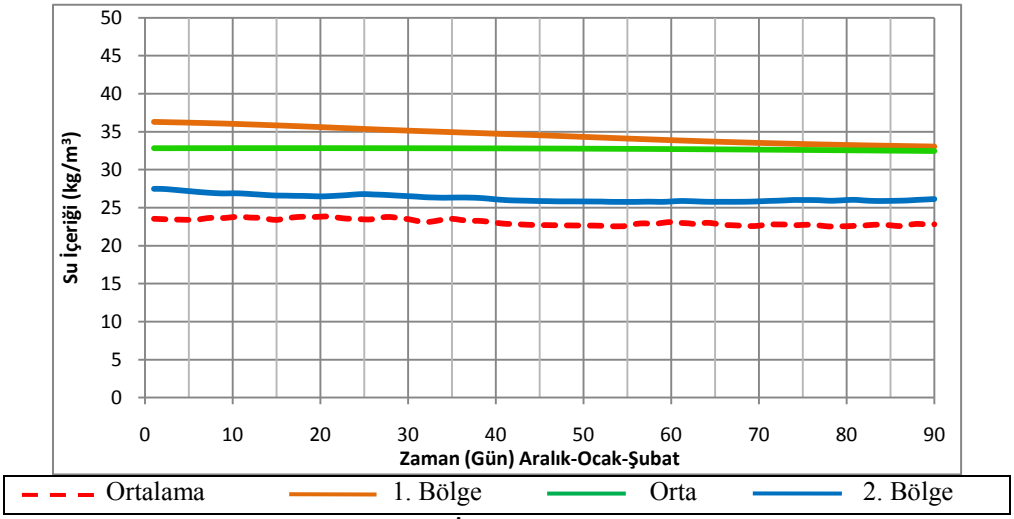




Şekil 4.124. Diyarbakır -DY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.125. Diyarbakır -DY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

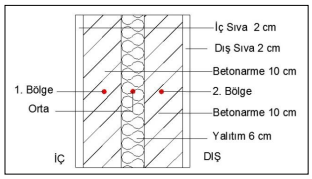


Şekil 4.126. Diyarbakır -DY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Diyarbakır DY sisteminde ortalama kesit sıcaklıkları 13-17°C arasındadır. 1. bölgede 16,5-18,5°C aralığında değerler almaktadır. (Şekil 4.124) Kesitin ortalama bağıl nemi %53, 2. bölgede %44'e düşmektedir. (Şekil 4.125) Ortalama 23kg/m^3 su içeriği bulunmaktadır. 1. bölgede 33-36kg/m^3 olarak yükselmektedir. (Şekil 4.126)

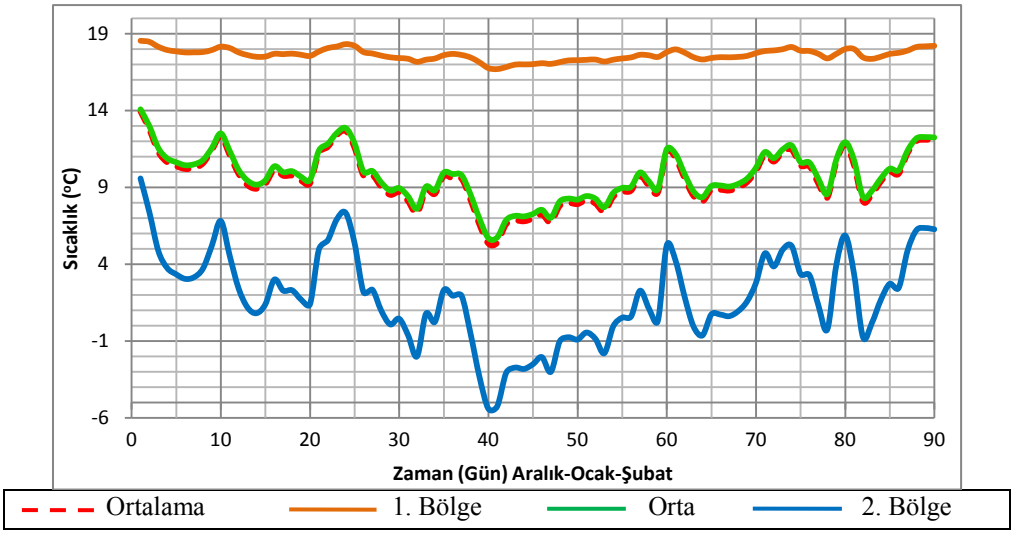
Kesit sıcaklıklarının en dengeli ve durağan seyrettiği kabuktur. Bölgesel sıcaklık eğrileri ortalama değerden yüksek değerler almaktadır. Sıcak nemli iklim bölgesine göre kesit sıcaklıkları azalmasına rağmen daha dengeli duruma gelmiştir. Ayrıca nem değerleri de sıcak nemli iklim bölgesine göre daha düşük seyretmektedir. İç ortam buhar basıncının yüksek olması sebebiyle iç bölgede en yüksek nemlilik görülmektedir. Orta bölgedeki nemlilik iç bölge ile çok yakın değerdedir. Dış bölgede ise ılıman kuru iklimde olduğu gibi önemli bir azalma olmaktadır.

4.5.4. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

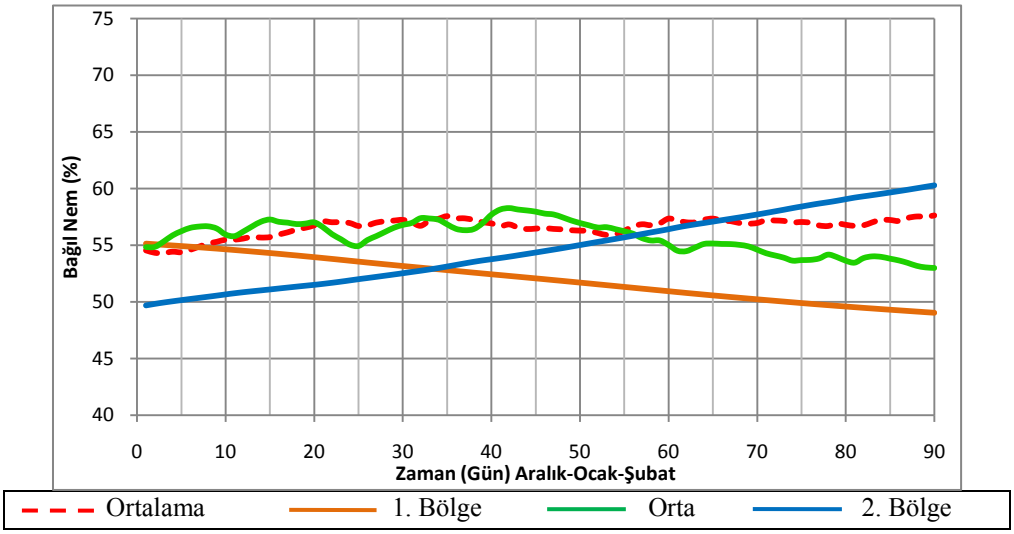


Diyarbakır OY duvar kesitinde ortalama 5-14°C sıcaklık değerleri görülmektedir. 1. bölgede 17-19°C, 2. Bölgede ise -6 ile 10°C arasındadır. (Şekil 4.127) Ortalama bağıl nem değeri %55 olarak izlenmektedir. (Şekil 4.128) Kesit, ortalama 25kg/m^3 su içermektedir. 2. bölgede 42kg/m^3 e ulaşmaktadır. (Şekil 4.129)

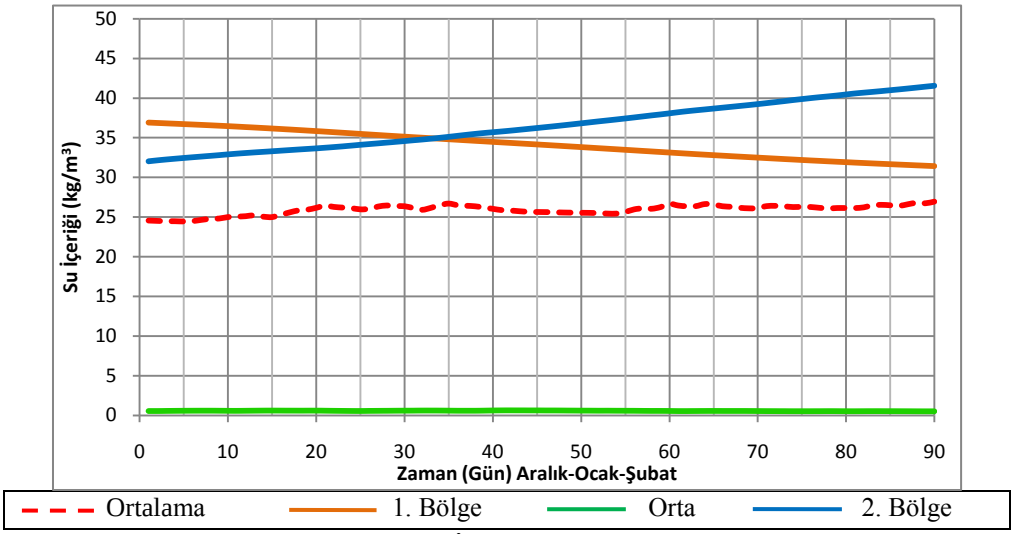
Kesit içerisindeki sıcaklık dağılımının en fazla farklılık gösterdiği kesittir. Orta bölge ile kesitin ortalama sıcaklık eğrisi çakışmaktadır. İç bölgede sıcaklık değerleri yüksek, daha dengeli ve durağan bir dağılım söz konusuyken orta ve dış bölgedeki eğriler dinamik bir hal almakta ve sıcaklıklar da önemli bir düşüş kaydetmektedir. Nemlilik değerleri sıcak nemli iklim ile benzer özellik göstermekte, birbirine yakın değerler izlemektedir. Kesitin dış bölgesinde kesit sıcaklıklarının çok düşük olması yoğuşma riski oluşturmaktadır.



Şekil 4.127. Diyarbakır -OY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

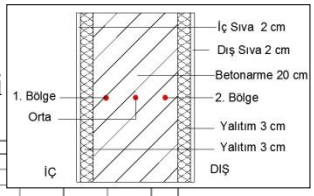


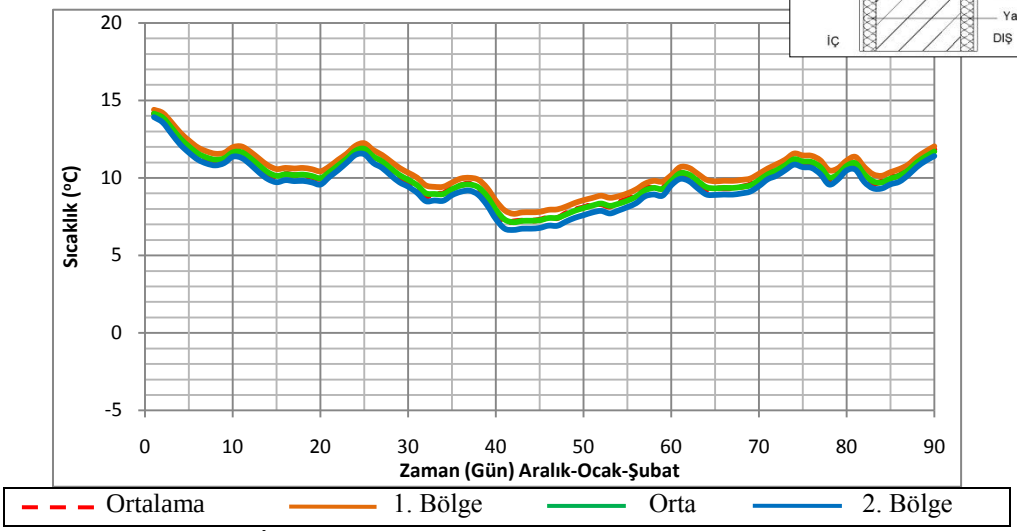
Şekil 4.128. Diyarbakır -OY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



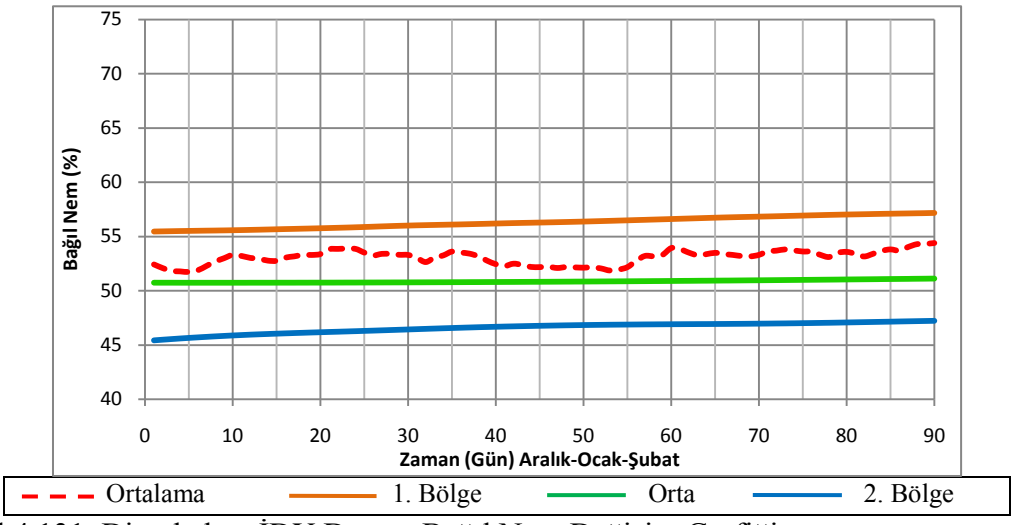
Şekil 4.129. Diyarbakır -OY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

4.5.5. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

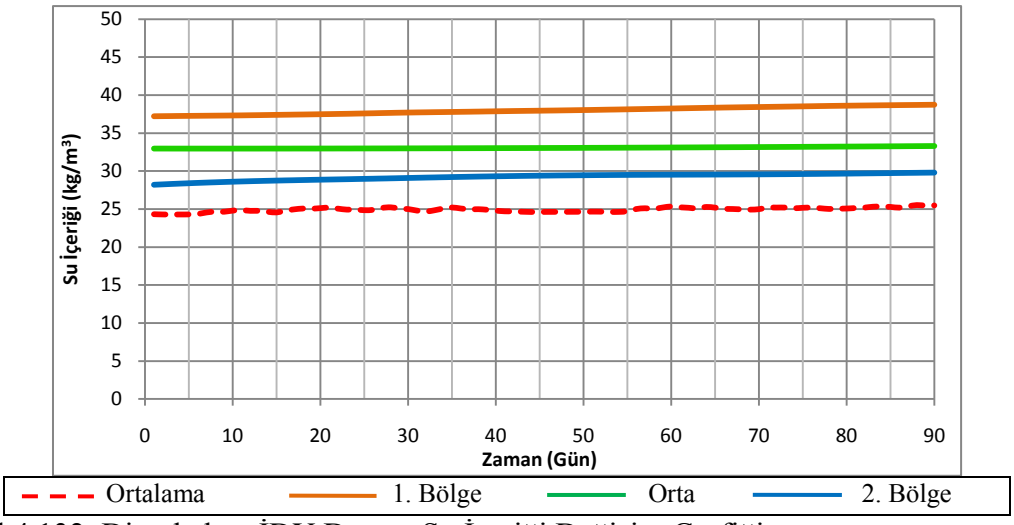




Şekil 4.130. Diyarbakır -İDY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.131. Diyarbakır -İDY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

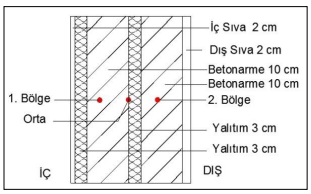


Şekil 4.132. Diyarbakır -İDY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Diyarbakır İDY durumunda kesit sıcaklıkları 6,5-14,5°C aralığında ve her bölgede birbirine çok yakın değerler almaktadır. (Şekil 4.130) Ortalama bağıl nem %53tür. 1. bölgede %57, 2. bölgede %47 civarındadır. (Şekil 4.131) Su içeriği ortalama 25kg/m^3, 2. bölgede 28-30kg/m^3, orta bölgede 33kg/m^3, 1. bölgede ise 37-39kg/m^3 değerlerini almaktadır. (Şekil 4.132)

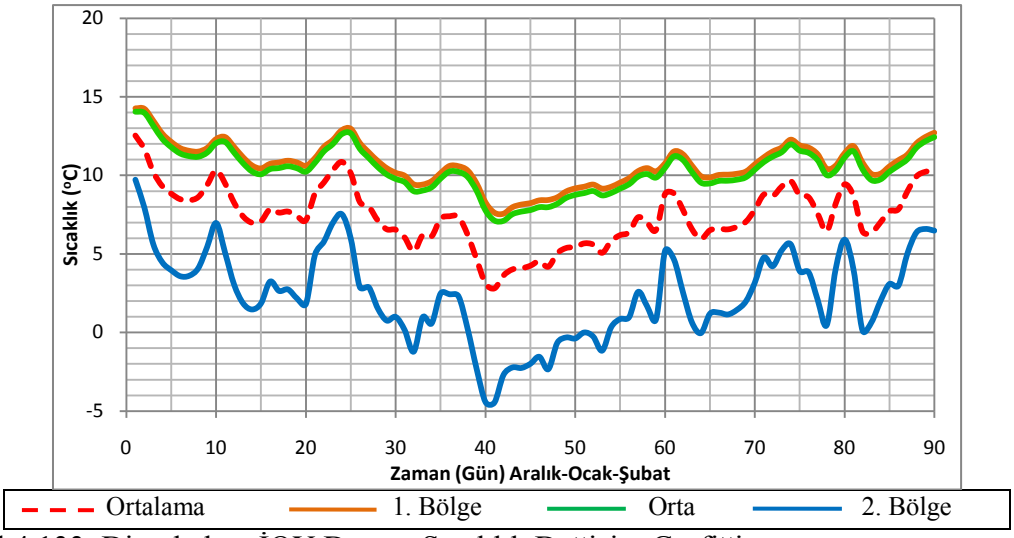
Kesit içinde sıcaklıkların birbirine en yakın olduğu durumlardan birisidir. Kesitin ortalama sıcaklık değerleri ile orta bölge değerleri çakışmaktadır. İY'a göre daha yüksek ve dengeli bir dağılım söz konusudur. DY'a göre daha düşük ve değişken sıcaklıklar izlenmekte ve bağıl nem oranları da bir miktar daha düşük seyretmektedir. Buna rağmen yoğuşma beklenmemektedir. Bağıl nem değerleri içeriden dışarıya dengeli bir azalma göstermektedir.

4.5.6. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

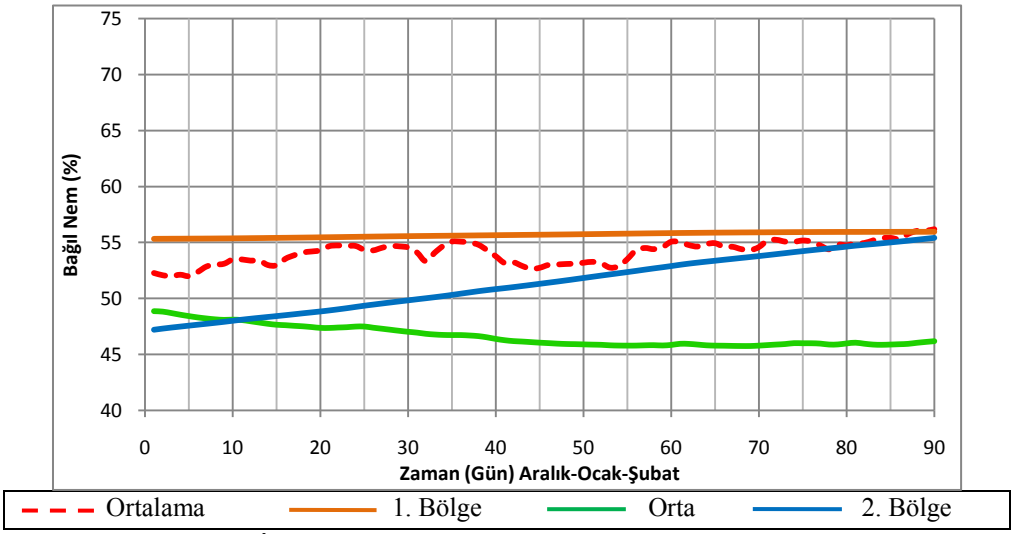


Diyarbakır İOY sisteminde ortalama sıcaklık değerleri 3-13°C arasındadır. 1. Bölgede 8-14°C, 2. Bölgede -5 ile 10°C arasında değişimler göstermektedir. (Şekil 4.133) Bağıl nem ortalama %54 civarındadır. (Şekil 4.134) Ortalama kesitteki su içeriği 25-27kg/m^3, 1. ve 2. Bölgede 37kg/m^3 e kadar ulaşmaktadır. (Şekil 4.135)

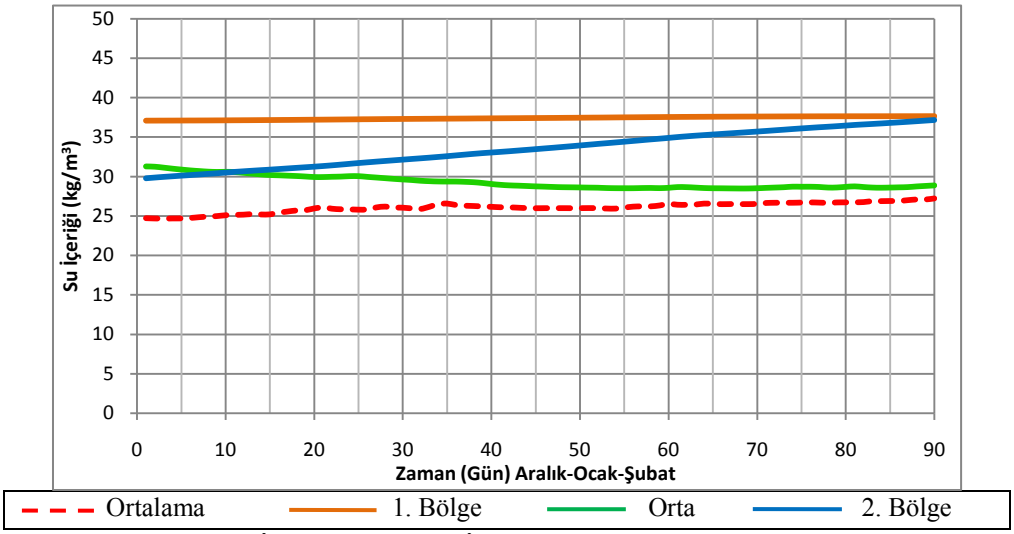
Bölgesel sıcaklık dağılımının fazla fark gösterdiği bir kesittir. İç ve orta bölge ortalama değerlerin üzerinde ve birbirine çok yakın seyrederken dış bölgede önemli sıcaklık düşüşleri olmaktadır. Sıcak nemli iklime göre oldukça düşük kesit sıcaklıkları izlenmektedir. Bağıl nem ve su içeriğinde ılıman nemli iklim bölgesi dışında tüm bölgelerdeki değerlere çok yakındır.



Şekil 4.133. Diyarbakır -İOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği

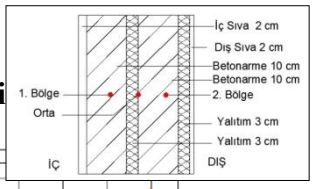


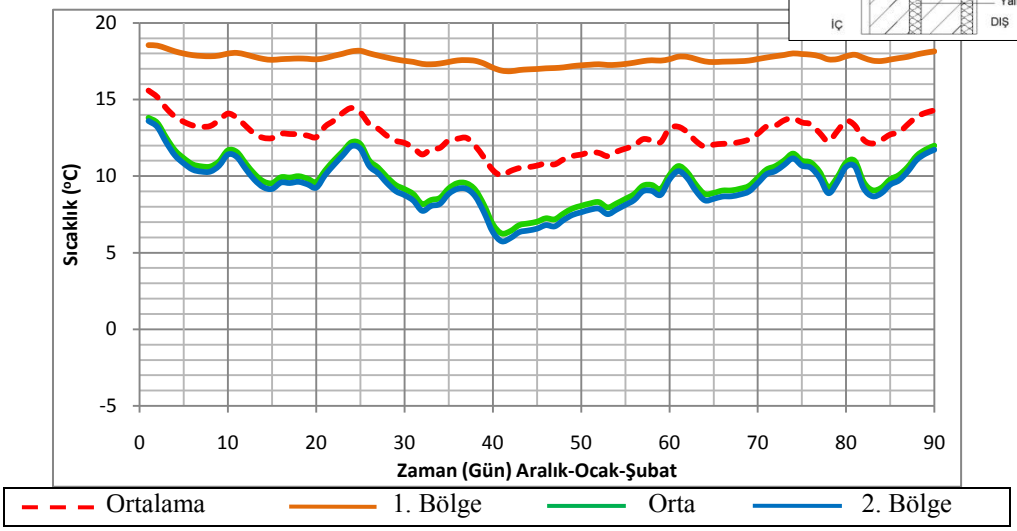
Şekil 4.134. Diyarbakır -İOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



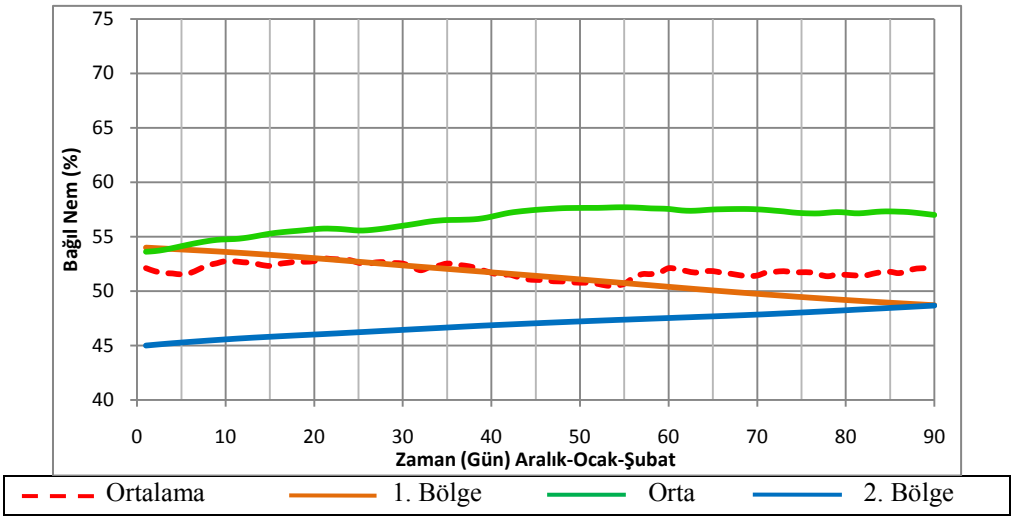
Şekil 4.135. Diyarbakır -İOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

4.5.7. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

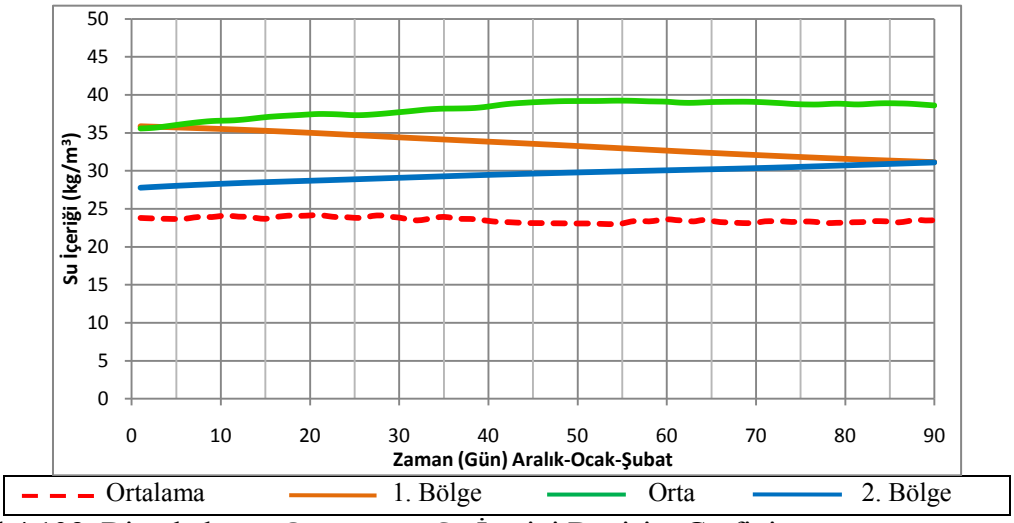




Şekil 4.136. Diyarbakır -DOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.137. Diyarbakır -DOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği

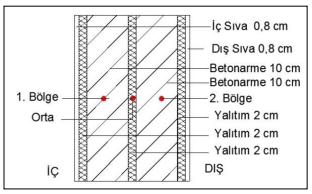


Şekil 4.138. Diyarbakır -DOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Diyarbakır DOY durumunda ortalama kesit sıcaklıkları 10-16°C arasındadır. 1. bölgede 17-19°C, 2. bölgede ve orta bölgede 6-14°C arasında değişkenlik göstermektedir. (Şekil 4.136) Bağıl nem ortalama %53'tür. (Şekil 4.137) Kesitin ortalama su içeriği 23kg/m^3, 1. bölgede 32-36kg/m^3, 2. bölgede 27-32kg/m3, orta bölgede ise 35-40kg/m^3 aralığında farklılıklar göstermektedir. (Şekil 4.138)

Kesit içinde bölgesel sıcaklık farklarının fazla olduğu kesitlerden birisidir. İOY'a benzer olarak iç bölgedeki sıcaklıklar yüksek ve dengeli dağılım gösterirken orta ve dış bölgede düşmekte, sıcaklıklar birbirine çok yakın fakat daha dinamik bir hale gelmektedir. Ayrıca bu bölgelerdeki sıcaklıklar ortalama sıcaklık eğrisinin altında oluşmaktadır. İOY'a göre tüm bölgelerdeki kesit sıcaklıkları önemli oranda daha yüksektir. Sıcak nemli iklime göre kesit sıcaklıkları önemli ölçüde düşük değerlerdedir. Diğer kabuklardan farklı olarak orta bölgedeki yalıtımdan sonra sıcaklık düşüşüyle nem yükselmekte fakat kesitin bütününde oldukça yakın değerler almaktadır. Yoğuşma riski beklenmemektedir.

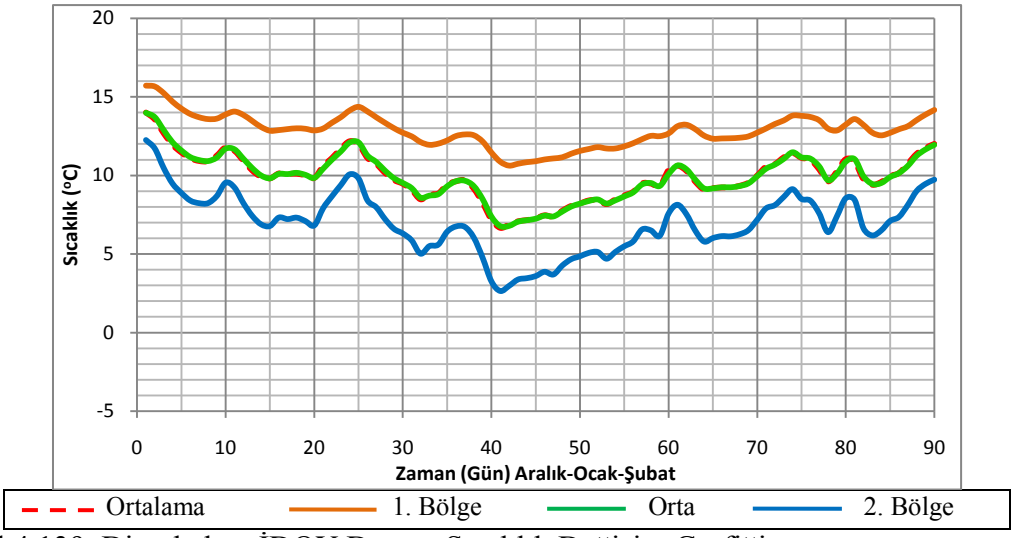
4.5.8. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



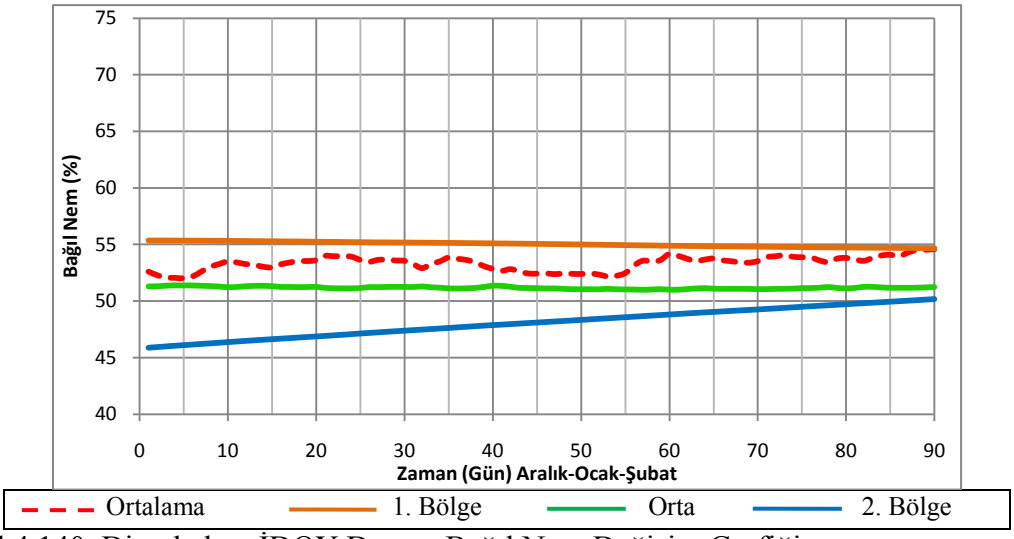
Diyarbakır İDOY sisteminde ortalama 7-14°C arasında kesit sıcaklıkları görülmektedir. 1. bölgede 11-16°C, 2. bölgede 3-12°C aralığında değişimler gözlenmektedir. (Şekil 4.139) Bağıl nem ortalama değeri %53 seviyesindedir. (Şekil 4.140) Kesit ortalama 25kg/m^3, 1. bölgede ise 37kg/m^3 su içeriğine sahiptir. (Şekil 4.141)

Dışarıdan yalıtıma benzer olarak dengeli bir dağılım görülmekle birlikte kesit sıcaklıkları daha düşüktür. Ortalama sıcaklık eğrisi, orta bölge sıcaklıkları ile çakışık durumdadır. İOY'a göre bölgesel dağılım daha iyi ve sıcaklık değerleri daha yüksektir. Bağıl nem beklenildiği gibi içeriden dışarıya doğru birbirine yakın değerlerde azalmaktadır. Yoğuşma riski beklenmemektedir.

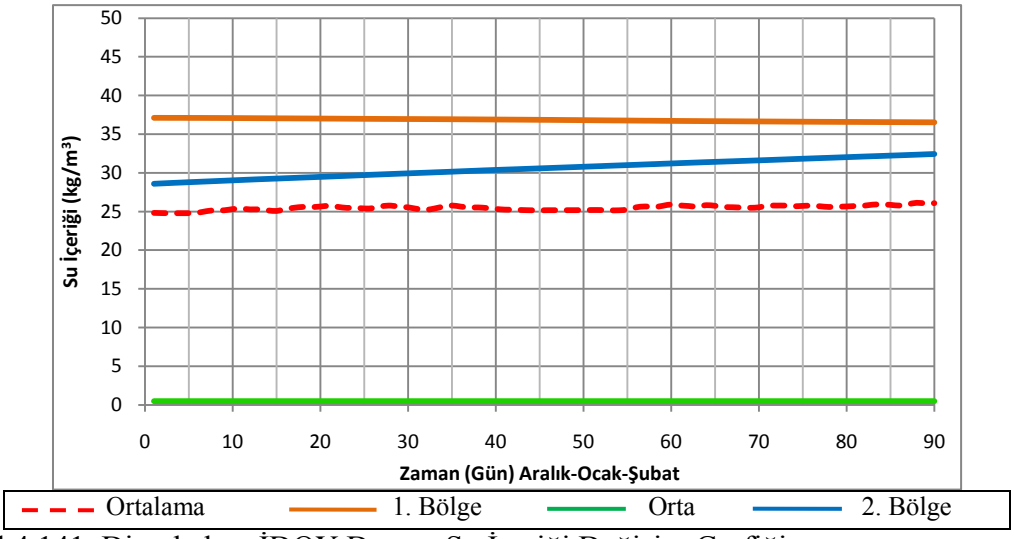
Yalıtım kalınlığının üç eşit parçaya bölünmesiyle, kesit içinde sıcaklık dağılımları durağan fakat birbirine yakın değerlerde değildir. Yalıtımın tek parça halinde kalın olarak dışarıda kullanıldığı durumda gerçekleşen sıcaklık değerlerinden biraz düşük değerler izlenmektedir. Üç parçalı kullanım, iki parçalı kullanım olan, İOY durumuna göre daha yüksek kesit sıcaklıklarına sahip olmasına rağmen DOY'a göre daha düşük sıcaklık değerleri göstermektedir. İDY durumunda ise kesit içerisindeki dağılımların farklılık göstermesine karşın çok yakın ortalama sıcaklık değerleri izlenmektedir. Kısaca bu bölgede de gerek sıcaklık gerekse bağıl nem açısından dış bölgede yalıtım uygulanması durumunda iki parçalı kullanım üç parçalı kullanımdan daha olumlu olmaktadır.



Şekil 4.139. Diyarbakır -İDOY Durum Sıcaklık Değişim Grafiği



Şekil 4.140. Diyarbakır -İDOY Durum Bağıl Nem Değişim Grafiği



Şekil 4.141. Diyarbakır -İDOY Durum Su İçeriği Değişim Grafiği

Değerlendirme

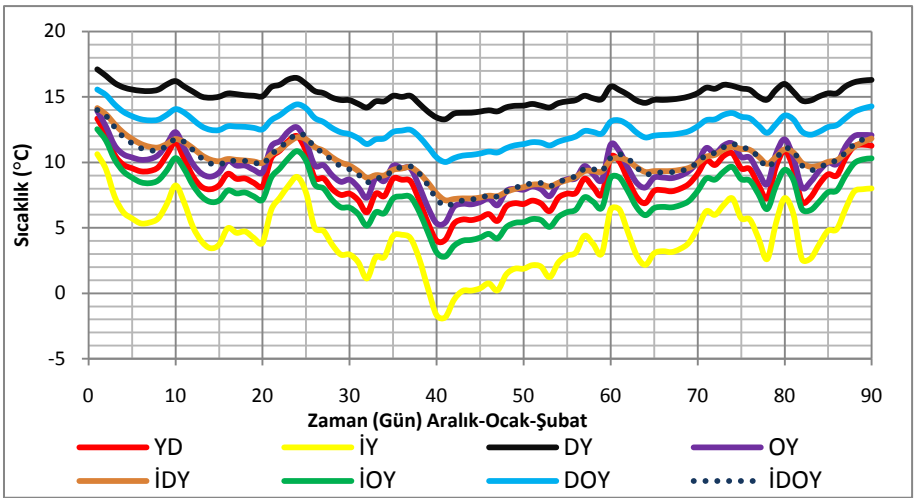
Sıcak kuru iklim bölgesine örnek olarak incelenen Diyarbakır İli'ne ait kesit grafikleri sıcaklık, bağıl nem ve su içeriği açısından karşılaştırılmıştır. Şekil 4.142'de sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında en yüksek kesit sıcaklıklarına sahip olan sistem DY sistemidir. DY'ı sırasıyla, DOY, İDY, İDOY, OY, YD, İOY ve İY sistemleri izlemektedir. Buradan da görüldüğü gibi İOY ve İY sistemleri YD'dan bile olumsuz değerleri göstermektedir.

Şekil 4.143'de bağıl nem değerleri açısından DOY en olumlu sistemdir ve onu sırasıyla, DY, İDY, İDOY, İOY izlemektedir. YD ve OY neredeyse çakışık durumda paralel değerleri göstermektedir. İY, YD'dan bile daha olumsuz sonuçları göstermektedir.

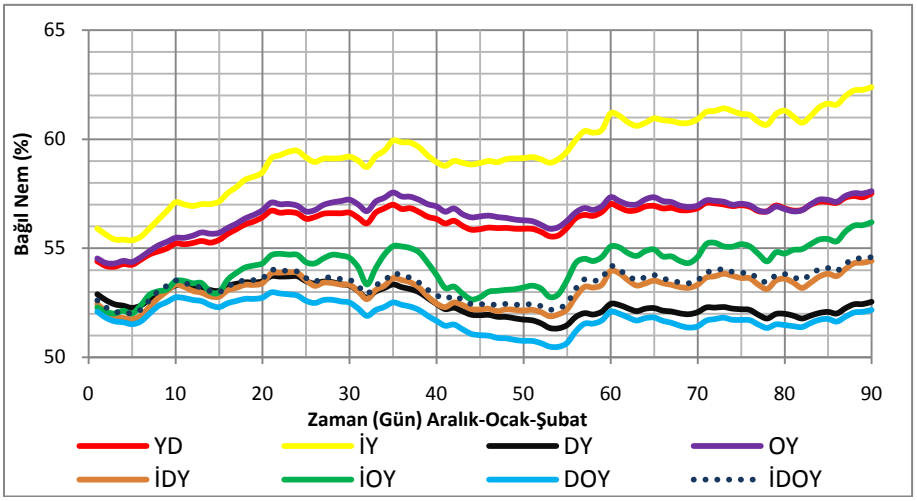
Şekil 4.144 su içeriği açısından değerlendirildiğinde, en az su içeriğine sahip sistem DY ve DOY sistemleridir. İDY, ;DOY, OY, İOY, İY ve YD olarak sıralanmaktadır.

Bu durumda yalıtımın dış bölgelerde konumlandığı kabuk seçeneklerinde kesit sıcaklık dağılımlarının dengeli ve sıcaklık değerlerinin yüksek olmasından dolayı yoğuşma riskleri oluşmamaktadır. Yalıtımın iç ve orta bölgede konumlandığı kesit seçeneklerinde ise yalıtımın konumlandığı bölgeden itibaren dışta kalan kabuğun hızlı bir soğuma süreci geçirmektedir. Ayrıca su buharı akışının yalıtım malzemesinin direnciyle karşılaşması, nemlilik düzeyini de arttırmakta ve yoğuşma riskleri ortaya çıkmaktadır.

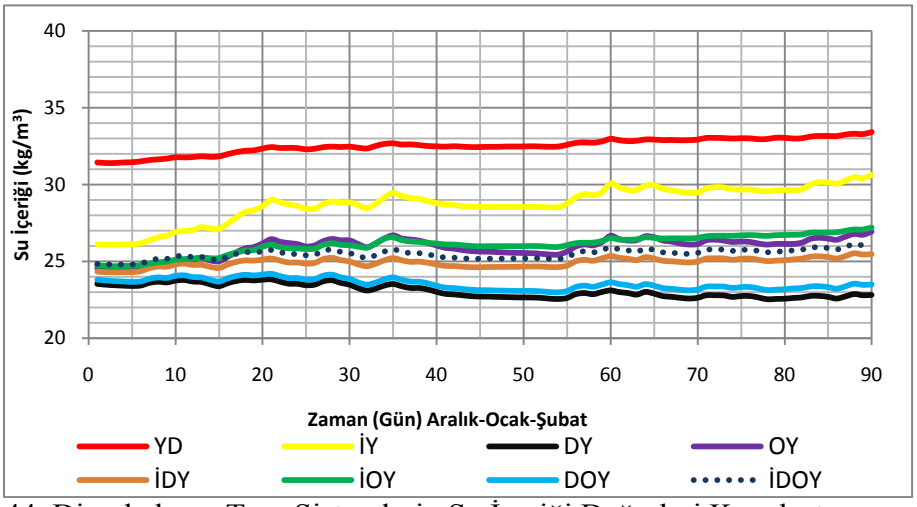
Sıcak Kuru İklim Bölgesinde yalıtım sistemlerinin karşılaştırıldığı Tablo 4.5'de düşey eksendeki yalıtım sistemlerinin yatay eksendekilere göre olumlu (+) ve olumsuz (-) olma durumları karşılaştırılabilmektedir. Tez çalışmasında 3 aylık kış dönemi ele alındığından sıcaklık açısından yüksek sıcaklıklar olumlu(+), bağıl nem ve su içeriği açısından ise düşük değerler olumlu(+) olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.142. Diyarbakır - Tüm Sistemlerin Sıcaklık Değerleri Karşılaştırması



Şekil 4.143. Diyarbakır - Tüm Sistemlerin Bağıl Nem Değerleri Karşılaştırması



Şekil 4.144. Diyarbakır - Tüm Sistemlerin Su İçeriği Değerleri Karşılaştırması

Tablo 4.5. Sıcak Kuru İklim Bölgesinde Yalıtım Sistemlerinin Karşılaştırılması

DİYARBAKIR		YD	İY	DY	OY	İDY	İOY	DOY	İDOY
YD	Sıcaklık (°C)	-	(+) 2-6	(-) 3,5-9	(-) 0-2	(-) 0-3	(-) 0-1	(-) 2-6	(-) 0-3
	B. Nem (%)	-	(+) 1-5	(-) 1,5-5	Eşdeğer	(-) 2-4	(-) 1,5-3	(-) 2,5-5	(-) 1,5-3,5
	Su (kg/m^3)	-	(-) 3-5,5	(-) 8-10,5	(-) 6-7	(-) 6-8	(-) 6-7	(-) 8-10	(-) 5,5-7,5
İY	Sıcaklık (°C)	(-) 2-6	-	(-) 6-15	(-) 3-7	(-) 3-9	(-) 2-5	(-) 5-12	(-) 3-9
	B. Nem (%)	(-) 1-5	-	(-) 3-10	(-) 1,5-5	(-) 3-8	(-) 3,5-6,5	(-) 4-10,5	(-) 3-8
	Su (kg/m^3)	(+) 3-5,5	-	(-) 2,5-7,5	(-) 1,5-3,5	(-) 1,5-5	(-) 1,5-3,5	(-) 2-7	(-) 1-4,5
DY	Sıcaklık (°C)	(+) 3,5-9	(+) 6-15	-	(+) 3-8	(+) 3-7	(+) 4,5-10	(+) 1,5-3	(+) 3-7
	B. Nem (%)	(+) 1,5-5	(+) 3-10	-	(+) 1,5-5	(+) 0-2	(+) 0-3,5	(-) 0-1	(+) 0-2
	Su (kg/m^3)	(+) 8-10,5	(+) 2,5-7,5	-	(+) 1-4	(+) 1-2,5	(+) 1-4	Eşdeğer	(+) 1-3
OY	Sıcaklık (°C)	(+) 0-2	(+) 3-7	(-) 3-8	-	(-)2 (+)1	(+) 0-2	(-) 2-5	(-)2 (+)1
	B. Nem (%)	Eşdeğer	(+) 1,5-5	(-) 1,5-5	-	(-) 2-4	(-) 2-4	(-) 2,5-5,5	(-) 2-4
	Su (kg/m^3)	(+) 6-7	(+) 1,5-3,5	(-) 1-4	-	(-) 0-1,5	Eşdeğer	(-) 1-3,5	Eşdeğer
İDY	Sıcaklık (°C)	(+) 0-3	(+) 3-9	(-) 3-7	(-)1 (+)2	-	(+) 1-4	(-) 1,5-3	Eşdeğer
	B. Nem (%)	(+) 2-4	(+) 3-8	(-) 0-2	(+) 2-4	-	(+) 0-2	(-) 0-2	Eşdeğer
	Su (kg/m^3)	(+) 6-8	(+) 1,5-5	(-) 1-2,5	(+) 0-1,5	-	(+) 0-2	(-) 1-2	Eşdeğer
İOY	Sıcaklık (°C)	(+) 0-1	(+) 2-5	(-) 4,5-10	(-) 0-2	(-) 1-4	-	(-) 3-7	(-) 1-4
	B. Nem (%)	(+) 1,5-3	(+) 3,5-6,5	(-) 0-3,5	(+) 2-4	(-) 0-2	-	(-) 0-3,5	(-) 0-2
	Su (kg/m^3)	(+) 6-7	(+) 1,5-3,5	(-) 1-4	Eşdeğer	(-) 0-2	-	(-) 1-3,5	(-) 0-1
DOY	Sıcaklık (°C)	(+) 2-6	(+) 5-12	(-) 1,5-3	(+) 2-5	(+) 1,5-3	(+) 3-7	-	(+) 1,5-3
	B. Nem (%)	(+) 2,5-5	(+) 4-10,5	(+) 0-1	(+) 2,5-5,5	(+) 0-2	(+) 0-3,5	-	(+) 0-2
	Su (kg/m^3)	(+) 8-10	(+) 2-7	Eşdeğer	(+) 1-3,5	(+) 1-2	(+) 1-3,5	-	(+) 1-2
İDOY	Sıcaklık (°C)	(+) 0-3	(+) 3-9	(-) 3-7	(-)1 (+)2	Eşdeğer	(+) 1-4	(-) 1,5-3	-
	B. Nem (%)	(+) 1,5-3,5	(+) 3-8	(-) 0-2	(+) 2-4	Eşdeğer	(+) 0-2	(-) 0-2	-
	Su (kg/m^3)	(+) 5,5-7,5	(+) 1-4,5	(-) 1-3	Eşdeğer	Eşdeğer	(+) 0-1	(-) 1-2	-

Tezin bu bölümünde tüm iklim bölgeleri kış döneminde çalışılmış ve her iklim bölgesi kendi içinde yapı kabuğu seçenekleri açısından değerlendirilmiştir. İklim bölgeleri arasında bir değerlendirilme yapıldığında;

YD'da iç dış sıcaklık farklılığının en fazla olduğu Erzurum'da en düşük sıcaklıklar ve değişken bir sıcaklık eğrisi izlenmektedir. Edirne'de ise özellikle dış bölgedeki nemliliğin yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Diğer iklim bölgelerinde nemlilik oranları birbirine çok yakındır. Antalya'da ise en yüksek sıcaklıklar elde edilmiştir.

İY'da ortalama sıcaklıklar bölgesel sıcaklıklardan daha yüksek değerlerdedir. Yine en düşük ve değişken sıcaklık eğrisi Erzurum'da görülmektedir. Tüm iklim bölgelerinde kabuğun iç bölgesi yoğuşma riski altındadır. Edirne'de dış ortam nem oranındaki yüksek değerler nedeniyle kesitin dış bölgesinde de su miktarı çok artmakta ve risk oluşturmaktadır. Bağıl nem değerleri en yüksek Edirne'de daha sonra Erzurum'dadır. Diğer bölgelerde birbirine çok yakın değerler görülmektedir.

DY sıcaklık dağılımının en durağan ve yüksek değerler aldığı bölgeler sırasıyla Edirne, Ankara ve Diyarbakır'dır. Antalya'da sıcaklıklar daha yüksek olmasına karşın sıcaklık değişimleri çok fazladır. Bu durum Antalya'nın Aralık ayı dış sıcaklık değerleri ile Ocak, Şubat ayı dış sıcaklık değerleri arasındaki farktan kaynaklanmaktadır. Antalya da kış dönemi Ocak, Şubat olarak iki ayda izlenmektedir. Erzurum'da ise dış hava sıcaklık değerleri çok düşük olduğundan uygulanan yalıtım kalınlığının bu bölgede yetersiz kaldığı söylenebilir. Bu kesitte nem ve su içeriği değerleri tüm bölgelerde birbirine yakın değerlerde ve içerden dışarıya doğru azalma göstermektedir.

OY'da kesitin ortalama sıcaklık eğrisi ile orta bölgedeki sıcaklık eğrisi her iklimde çakışma göstermektedir. Yine tüm iklim bölgelerinde kesitin iç bölgesindeki sıcaklık değerleri yüksek ve durağan olduğu izlenmiştir. Bu durum OY ile yüzey sıcaklığı açısından iç ortam konfor koşullarının sağlanabileceğini göstermektedir. Ancak ortadaki yalıtımdan sonra kesitin dış bölgesinde sıcaklıklar hızlı bir şekilde düşmekte ve kesit soğumaktadır. Tüm iklim bölgelerinde bu bölgede yoğuşma

beklenmektedir. Antalya dışındaki iklim bölgelerinde bu sıcaklık değerlerinin (-) değerlere kadar düştüğü ve kabuğun sağlığını da tehdit edeceği açıktır.

İDY'da sıcaklık dağılımları birbirine çok yakın ancak Antalya dışındaki tüm bölgelerde düşük sıcaklıklar ve değişken bir grafik izlenmektedir. Erzurum'daki çok düşük sıcaklıklardan dolayı yoğuşma riski oluşurken diğer bölgelerde nemlilik değerleri birbirine çok yakın ve risk oluşturmamaktadır.

İOY'da kesitin iç ve orta bölgesindeki sıcaklık değerleri birbirine çok yakın ve ortalama değerden yüksek seyretmektedir. Dış bölgede ise Antalya dışındaki tüm bölgelerde oldukça düşük sıcaklıklar görülmektedir. İDY'dan da daha düşük sıcaklıklar izlenmiştir. Orta bölgedeki yalıtımdan sonra kesit hızlıca soğumakta ve her bölgede olduğu gibi özellikle Edirne'de nemlilik ve su içeriği çok yüksek değerlere taşınmaktadır. Kesitin dış bölgesinde yoğuşma riski yüksek bir kabuktur. Ayrıca iç yüzeydeki yalıtımdan sonraki bölgede de yoğuşma olasılığı bulunmaktadır.

DOY tüm iklim bölgelerinde kesitin iç bölgesindeki sıcaklıklar yüksek ve durağandır. Orta ve dış bölgede ise birbirine çok yakın değerler görülmektedir. Bu değerler Erzurum'da çok düşük sıcaklıkları gösterirken diğer bölgelerde önemli bir risk oluşturmamaktadır. Tüm bölgelerdeki nemlilik değerleri birbirine yakındır.

İDOY'da tüm bölgelerde orta bölgedeki sıcaklık ile kesitin ortalama sıcaklığı çakışık durumdadır. Bu sistemde kesit içerisinde en dengeli dağılım Edirne'de görülmektedir. Daha sonra Antalya, Diyarbakır ve Ankara olarak sıralanabilir. Erzurum'da yalıtım kalınlığının yetersiz olması nedeniyle orta ve dış bölgede sıcaklıklar çok fazla düşüş göstermekte ve nem değerleri yüksek olmamasına rağmen risk oluşturmaktadır.

Yalıtım kalınlığının üç eşit parçaya bölünmesiyle, kesit içinde sıcaklık dağılımlarının birbirine yakın ve durağan seyretmediği görülmüştür. Yalıtımın katmanının dış bölgede yer aldığı tek parçalı ve iki parçalı kullanımının üç parçalı kullanımdan daha olumlu olduğu izlenmiştir.

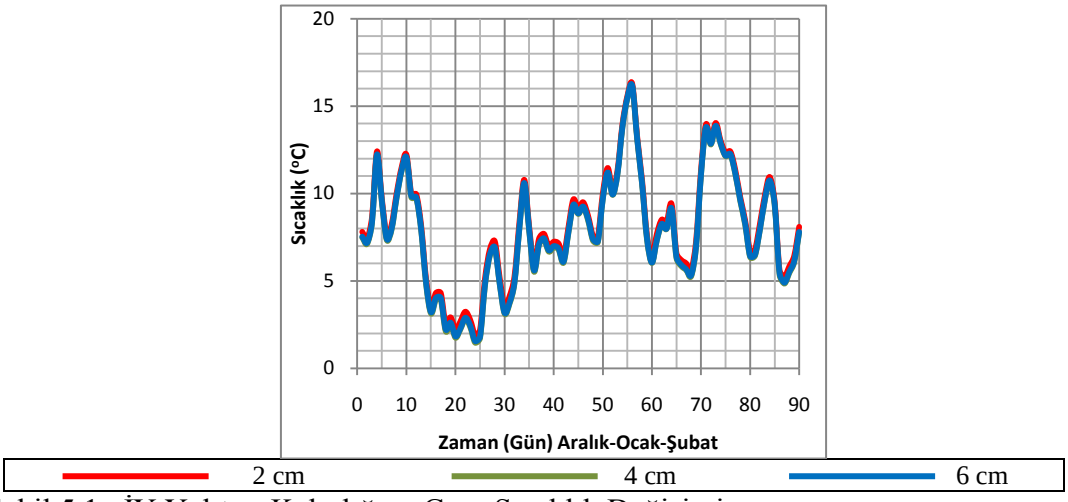
BÖLÜM 5. YALITIM KALINLIĞI VE YALITIM MALZEMESİ FARKLILIĞINA GÖRE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, çalışmada uygulanan yöntemle elde edilmiş olan verilerin farklı ölçütler altında değerlendirilmesi amaçlanmıştır. İlk ölçüt olarak yalıtım kalınlığının değişimi ile kesitlerdeki sıcaklık ve nem değişimleri değerlendirilmiştir. Diğer ölçüt ise yalıtım malzemesinin değişimi ile bu değişimin grafiklere yansıması değerlendirilmiştir. Daha önceki bölümlerde farklı iklim bölgelerine göre yapılan çalışma bu bölümde Ilıman Nemli İklim Bölgesine göre yapılmıştır.

5.1. Yalıtım Kalınlığına Göre Değerlendirme

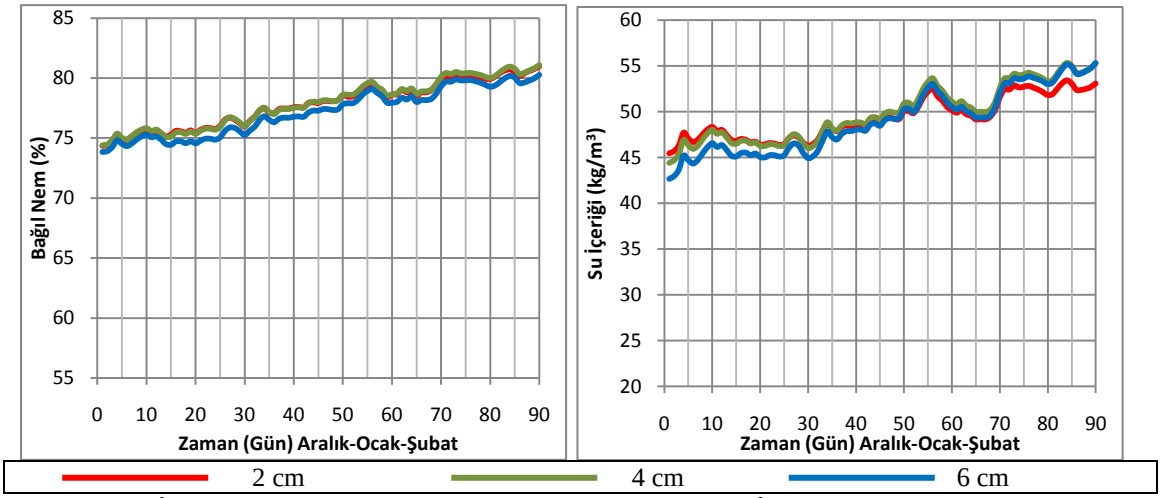
Tez çalışmasında daha önce de belirtildiği gibi karşılaştırmanın eşit şartlarda değerlendirilmesi açısından tüm yalıtım sistemlerinde yalıtım kalınlığı 6cm olarak kabul edilmiştir. Belirlenen betonarme yapı kabuğu kesitlerinin tamamında aynı yalıtım kalınlığı uygulanmıştır. Çalışmanın bu bölümünde her sistem için toplam yalıtım kalınlığı 2cm, 4cm ve 6 cm olması durumları incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Sadece İDOY sisteminde yalıtımın üç parça halinde kabukta eşit dağılımı söz konusu olduğundan 3cm ve 6cm toplam yalıtım kalınlığı değerlendirilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS) kullanılmıştır.

5.1.1. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



Şekil 5.1. İY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi

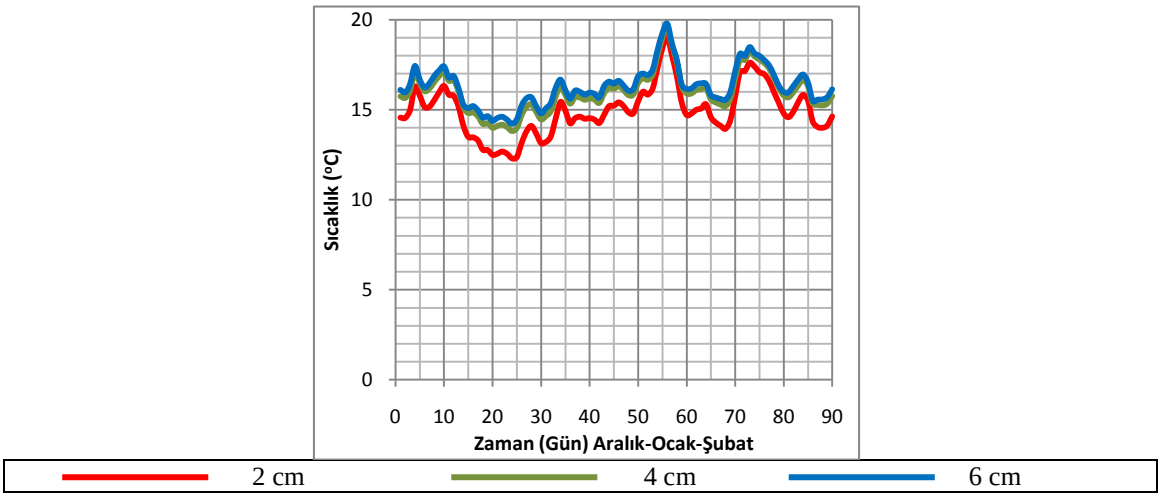
İY sisteminde yalıtım kalınlığının değişiminin, kesitin ortalama sıcaklık değerlerini neredeyse hiç etkilemediği görülmektedir. Bağıl nem değerlerine bakıldığında 2cm ve 4cm arasında herhangi bir fark görülmezken 6cm yalıtımın 4cm yalıtımdan yaklaşık %1,28 oranında daha düşük bağıl nem değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Su içeriği açısından bakıldığında da yine %1'lik fark izlenmektedir. Fakat bu fark, bazı bölgelerde pozitif, bazı bölgelerde negatif yönde olmaktadır.



Şekil 5.2. İY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi

İY'da yalıtım malzemesi kalınlığının değişimi ortalama kesit sıcaklıkları, bağıl nem ve su içeriği açısından önemsenmeyecek kadar az etki etmektedir.

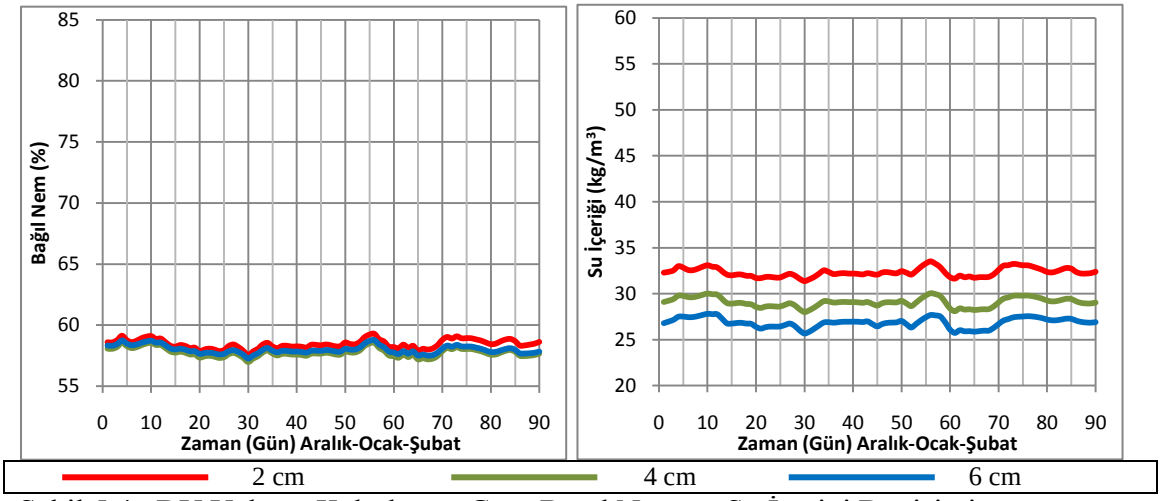
5.1.2. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



Şekil 5.3. DY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi

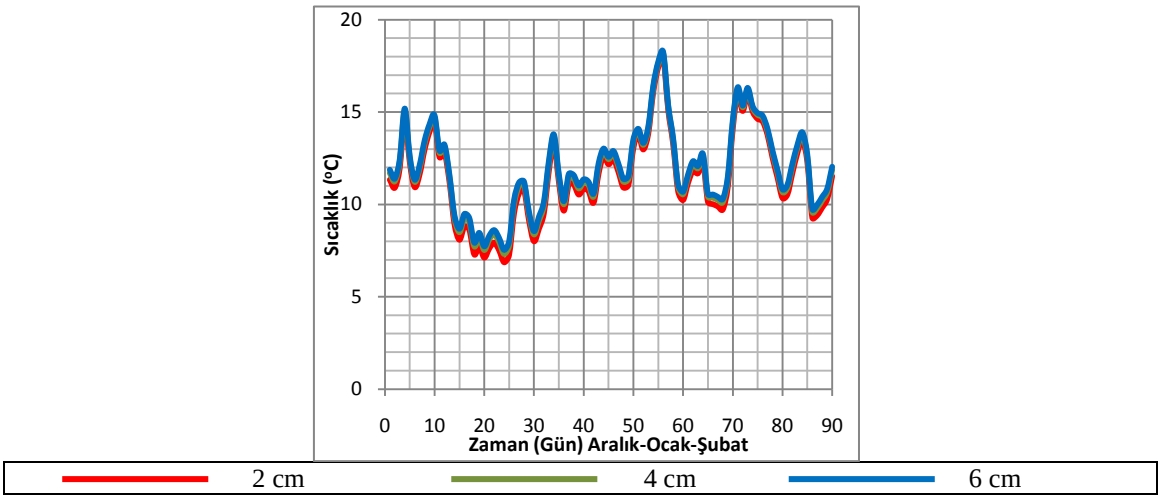
DY da ortalama kesit sıcaklıkları açısından 4cm yalıtım 2cm'e göre yaklaşık 0-1,5°C aralığında daha yüksek sıcaklıklara sahiptir. 6cm, 2cm'e göre 0-2°C aralığında yüksek sıcaklıklara sahiptir. Bağıl nemde %1'lik bir fark izlenmektedir. Su içeriği açısından 6cm, 4cm'e göre %7, 6cm, 2cm'e göre %11,7 oranında olumlu durumda olduğu görülmektedir. 4cm, 2cm'e göre %12,5 düşük su içeriğine sahiptir.

Grafiklerden görüldüğü gibi, 2 cm.'i 4cm'e çıkarttığımızda sıcaklık ve bağıl nem açısından dikkate değer bir fark elde edilmekte ancak 4 cm ve 6cm arasında önemsenecek bir fark bulunmamaktadır.

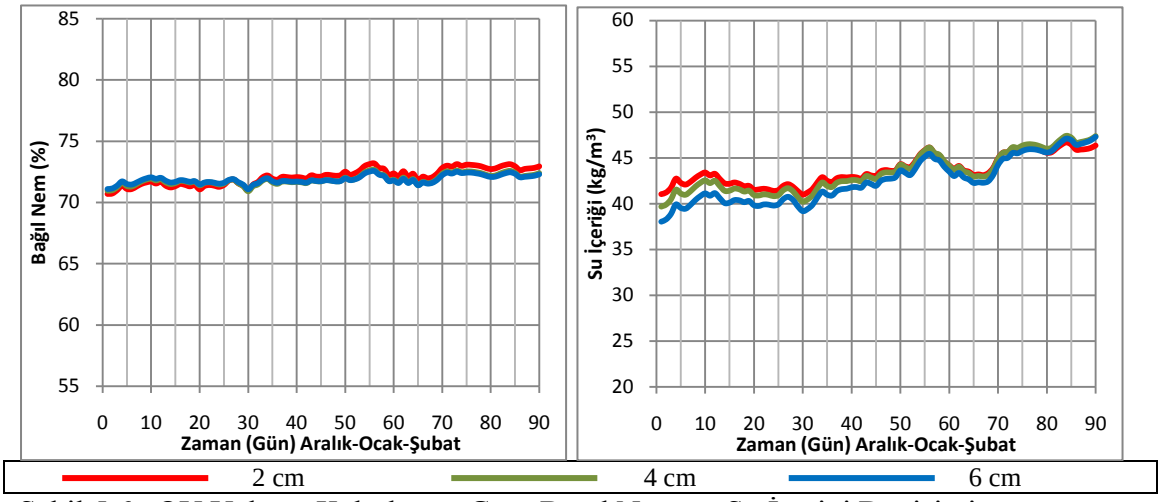


Şekil 5.4. DY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi

5.1.3. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



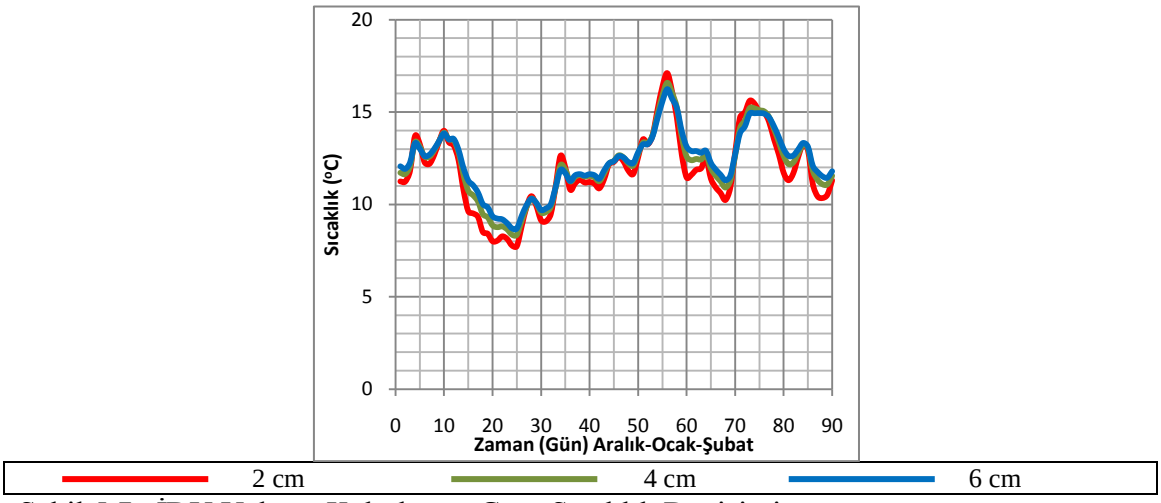
Şekil 5.5. OY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi



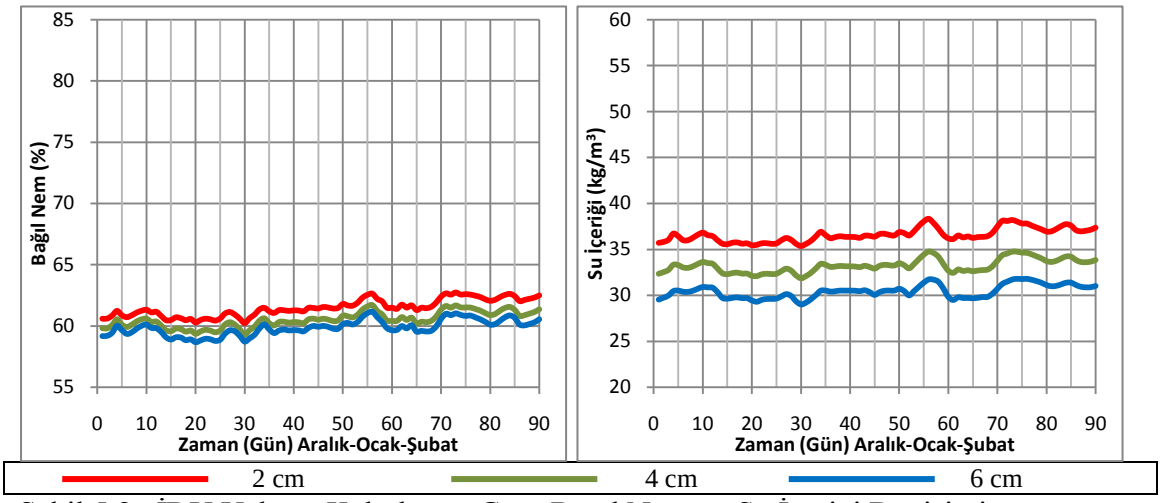
Şekil 5.6. OY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi

OY da kesit sıcaklıklarının birbirine çok yakın değerler aldığı görülmektedir. Aynı şekilde bağıl nem ve su içeriği açısından değerlendirildiğinde de %0 ile %3 arasında değişkenlik gösteren farklar izlenmektedir. İY'da olduğu gibi, OY'da kalınlığı artırmanın dikkate alınacak bir fark yaratmadığı görülmektedir. Kış dönemi kesitte gerçekleşen sıcaklık değerleri İY'a göre yüksek, bağıl nem değerleri de düşük izlenmektedir.

5.1.4. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



Şekil 5.7. İDY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi

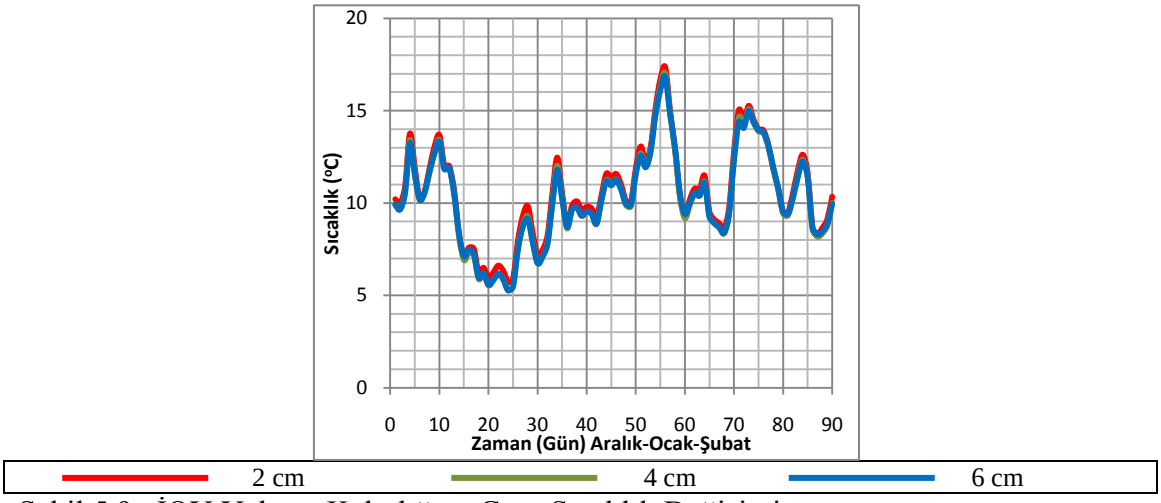


Şekil 5.8. İDY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi

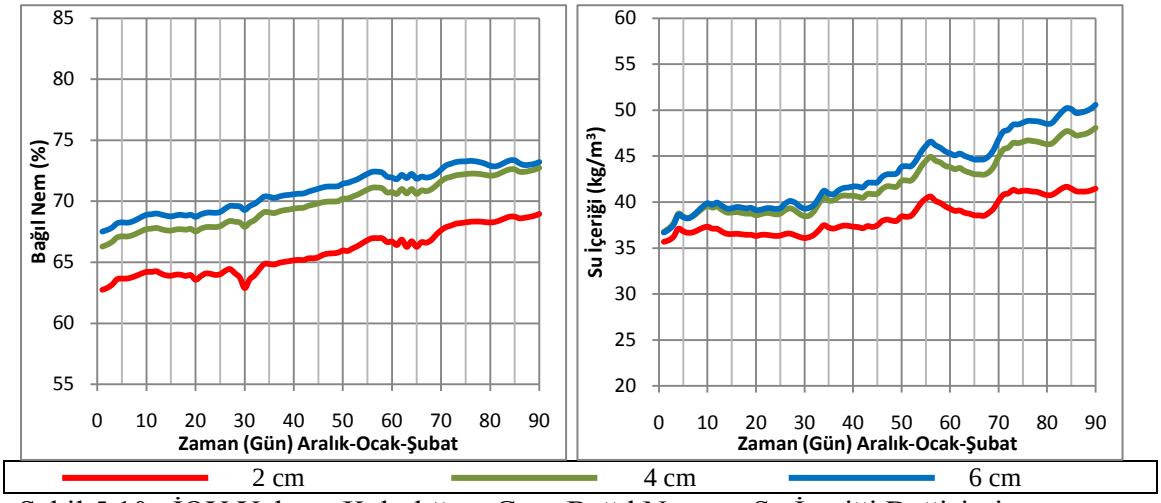
İDY'da sıcaklık değerleri açısından paralel ve hatta çakışık durumdadır. Bağıl nem açısından 6cm yalıtım 2cm'e göre yaklaşık %2,5 olumlu, 4cm'e göre ise %0,5 olumlu görülmektedir. Su içeriği açısından 6cm, 4cm'e göre %9,3, 2cm'e göre %15,8 düşük su içeriğine sahip olduğu izlenmektedir.

Kesitin İDY seçeneğinde kalınlık sıcaklıklar açısından bir fark yaratmazken bağıl nem değerleri üzerinde etkisi olduğu görülmektedir.

5.1.5. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



Şekil 5.9. İOY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi

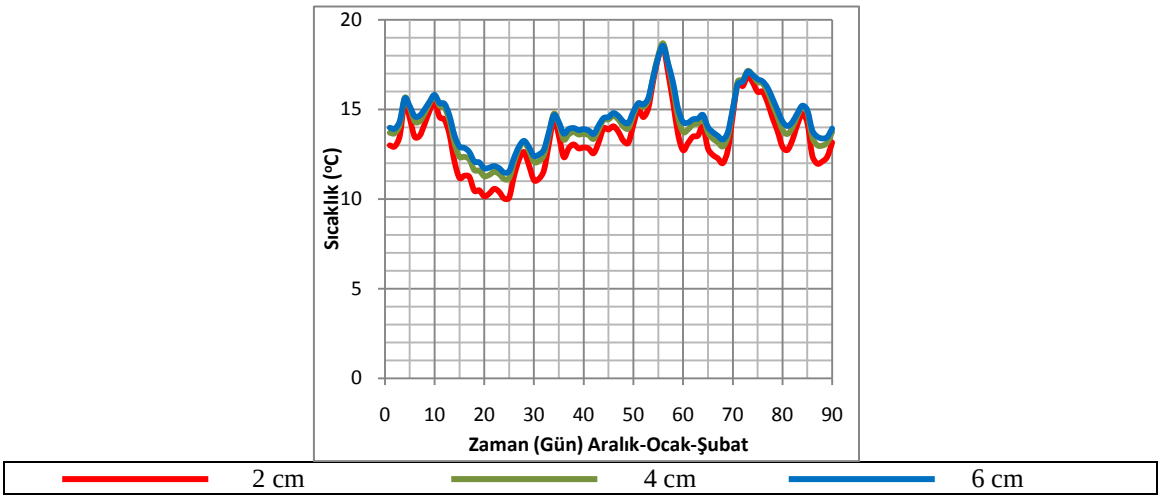


Şekil 5.10. İOY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi

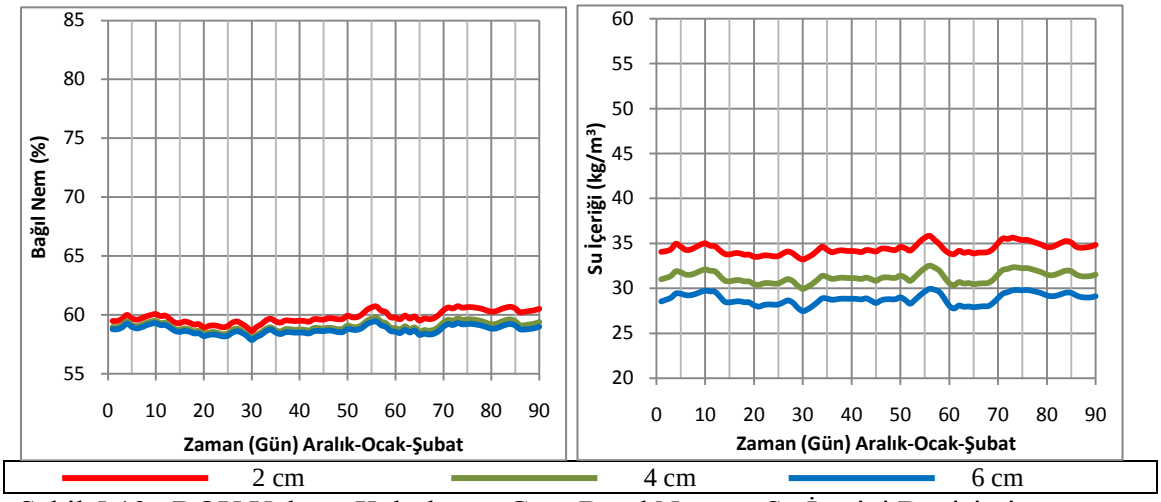
İOY sıcaklık değerleri çakışık durumdadır ve bu sistemde yalıtım kalınlığının kesit sıcaklığı üzerinde neredeyse hiç etkisi olmadığı söylenebilir. Bağıl nem açısından 6c yalıtımın en yüksek bağıl nem değerini gösterdiği ve 4cm'e göre %3,4, 2cm'e göre %8,7 oranlarında farklılık olduğu izlenmektedir. 4cm yalıtım 2cm'e göre %7,4 olumsuz sonuçlar vermektedir. Su içeriği açısından bakıldığında yine en olumlu sonuçların 2cm yalıtım kalınlığı ile elde edildiği görülmektedir. 6cm 4cm'e göre %0-5,7 arasında, 2cm'e göre %2,7-15,8 arasında değişkenlik göstermektedir. Bu sistemde yalıtım kalınlığının artması ile kesit içerisindeki sıcaklık, nem ve su içeriği açısından olumsuz sonuçlar izlenmiştir.

İOY seçeneğinde kalınlık İDY seçeneğinde olduğu gibi sıcaklık açısından bir fark yaratmazken, bağıl nem değerleri üzerinde İDY'den daha fazla etkili olmaktadır.

5.1.6. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



Şekil 5.11. DOY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi

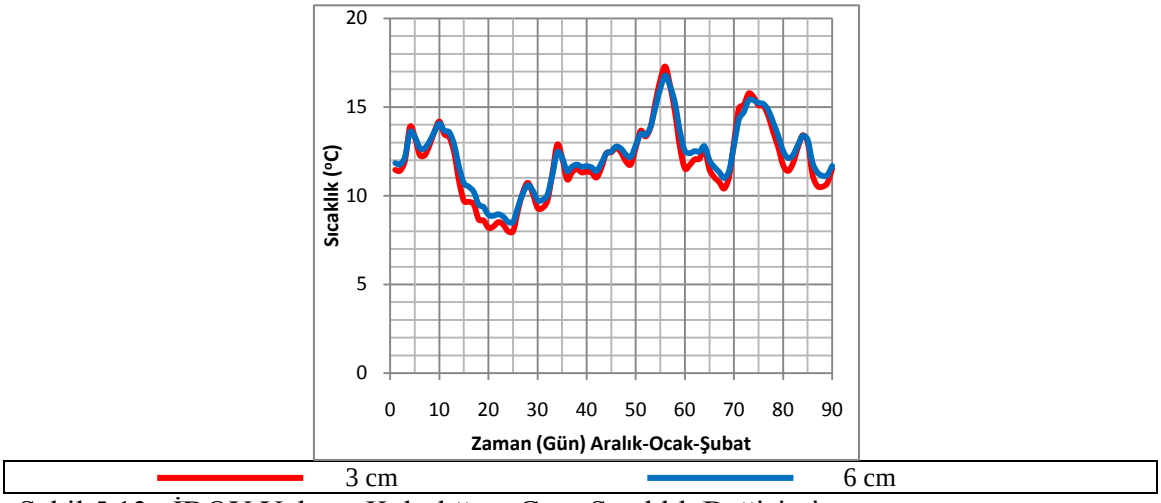


Şekil 5.12. DOY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi

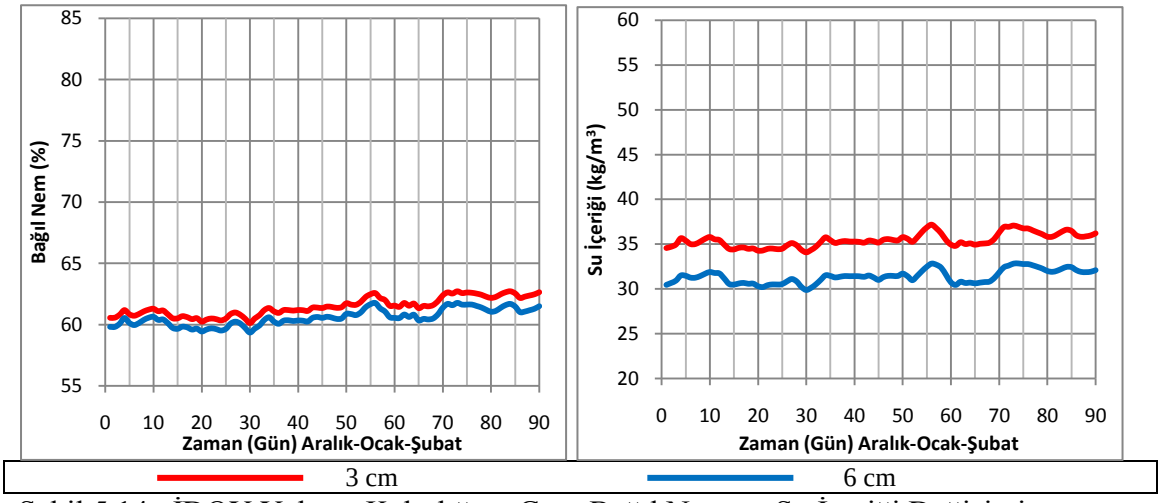
DOY da kesit sıcaklıklarının birbirine çok yakın değerler aldığı görülmektedir. 6cm yalıtım 4cm'e göre 0-0,5°C, 2cm'e göre 0-1,6°C yüksek sıcaklık değerlerine sahiptir. Bağıl nem açısından 6cm 4cm'e göre %0,8-2,5, 2cm'e göre %1,2-2,6 arasında düşük bağıl nem değerlerini göstermektedir. 4cm 2cm'e göre fark neredeyse yoktur. Su içeriği açısından 6cm 4cm'e göre %7,7 - 8,8, 2cm'e göre %14,7-17,6 aralığında daha düşük su içeriğine sahiptir. 4cm 2cm'e göre %7,7-9,7 daha düşük su içeriğine sahiptir.

DOY seçeneğinde, 2cm'i 4 cm kalınlığa çıkarmak DY'da olduğu gibi, sıcaklık ve bağıl nem değerlerini etkilemekte fark yaratmaktadır. Ancak, bu fark DY'da olduğu kadar büyük değildir. 4cm ve 6cm arasında dikkate alınacak bir fark yoktur.

5.1.7. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



Şekil 5.13. İDOY Yalıtım Kalınlığına Göre Sıcaklık Değişimi



Şekil 5.14. İDOY Yalıtım Kalınlığına Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi

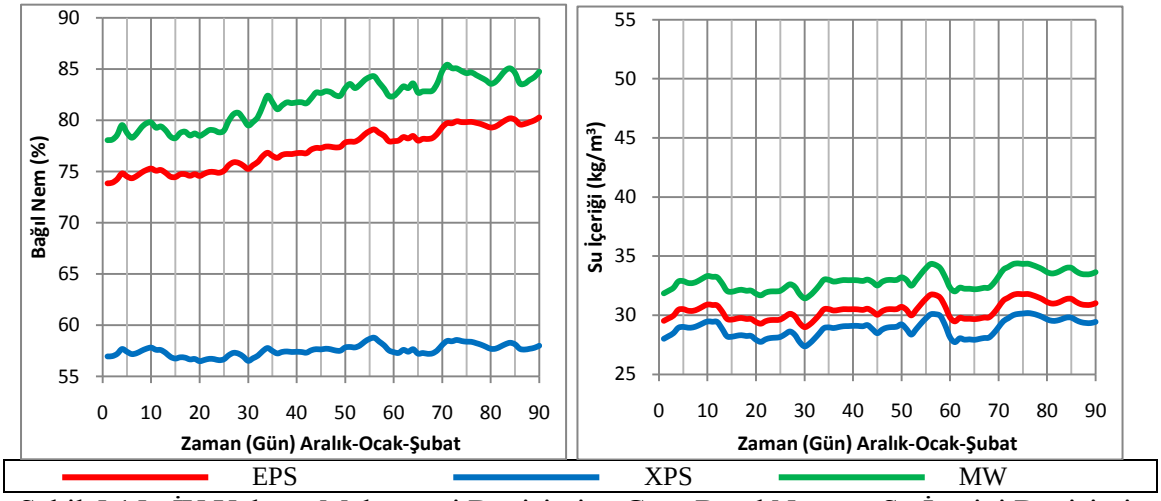
İDOY sisteminde kesit sıcaklıkları arasındaki sıcaklık farkı göz ardı edilecek kadar azdır. Bağıl nem açısından bakıldığında 6cm yalıtım 3cm'e göre %1,3-2,1 aralığında düşük bağıl nem değerleri göstermektedir. Su içeriği açısından 6cm yalıtım 3cm'e göre %11,1-14,3 arasında düşük su içeriklerine sahip olduğu izlenmektedir. Bağıl nem açısından farklarda önemsenecek büyüklükte değildir.

Değerlendirme: Kesitte gerçekleşen sıcaklıklar ve bağıl nem açısından yalıtım kalınlığının değişiminin dışarıdan yalıtımda etkili olduğu ancak bu etkinin de Ilıman İklim bölgesi için 4cm.'e kadar anlamlı olduğu, 4 ve 6cm. arasında dikkate alınacak bir fark olmadığı görülmüştür.

5.2. Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Değerlendirme

Yalıtım malzemesi değişkeni olarak Genleştirilmiş Polistiren Köpük (EPS), Haddeden Çekilmiş Polistiren Köpük (XPS) ve Mineral yünler (MW) seçilmiştir. Seçilen yalıtım malzemelerinin ısıl iletkenlik değerlerinin birbirine çok yakın olması nedeniyle sıcaklık grafiklerinde dikkate değer değişimler izlenmemiştir. Bu nedenle bu bölümde sadece bağıl nem ve su içeriği açısından kesit grafikleri ele alınacaktır. 6 cm yalıtım kalınlığına ve Ilıman Nemli İklim Bölgesine göre değerlendirme yapılmıştır.

5.2.1. İçeriden Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

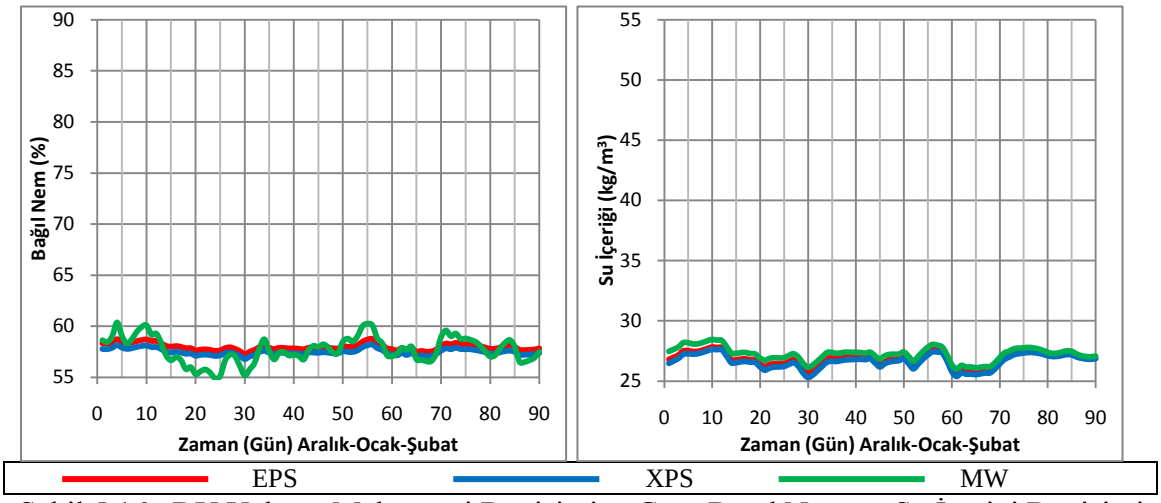


Şekil 5.15. İY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi

İY sisteminde bağıl nem açısından en olumlu sistem XPS yalıtım malzemesi kullanılan kesittir. XPS, EPS ve MW olarak sıralanmaktadır. XPS EPS'ye göre %22,9-27,5 aralığında, MW'e göre %26,9-31,7 aralığında daha düşük bağıl nem değerlerini göstermektedir. Su içeriği açısından yine XPS EPS'ye göre %3,4-5,7, MW'a göre %11,4-12,2 daha az su içeriğine sahip olduğundan daha olumlu sonuçları göstermektedir. (Şekil 5.15)

XPS kullanıldığında kesitte gerçekleşen bağıl nem değerleri Ilıman iklimde EPS ile dışarıdan yalıtım kullanıldığı duruma çok yakındır. Dolayısıyla XPS kullanımında Ilıman iklim için İY da uygulanabilir hale gelmektedir.

5.2.2. Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

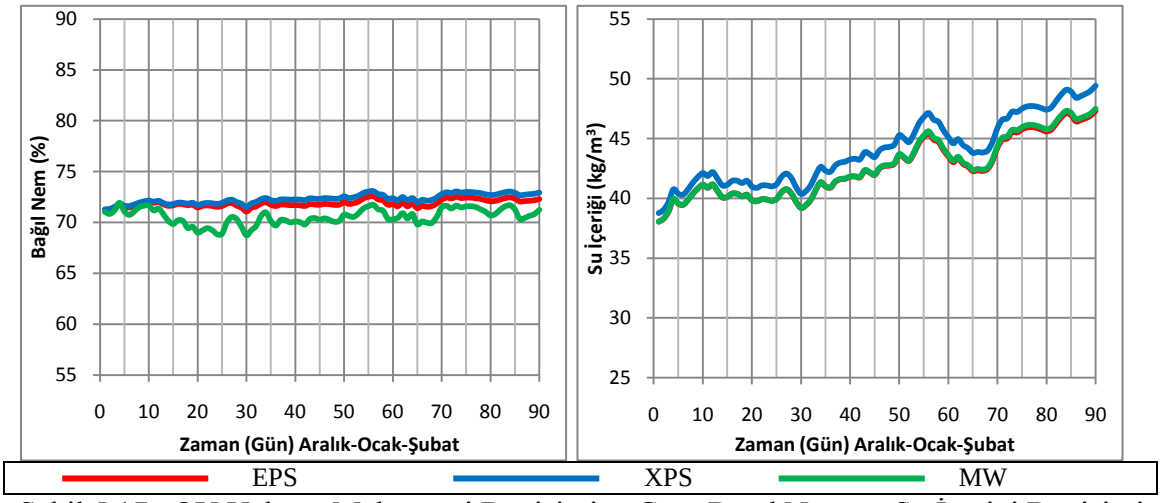


Şekil 5.16. DY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi

DY sisteminde bağıl nem açısından her üç yalıtım malzemesinin de hemen hemen birbirine eşit değerler aldığı görülmektedir. MW yalıtımlı kesitte nem değerlerinde ani değişimler izlenmektedir. Su içeriği açısından da bakıldığında yine çok paralel ve yakın değerler izlenmektedir. (Şekil 5.16)

Dışarıdan yalıtımda ise yalıtımın türünü değiştirmenin bir etkisi olmadığı görülmektedir.

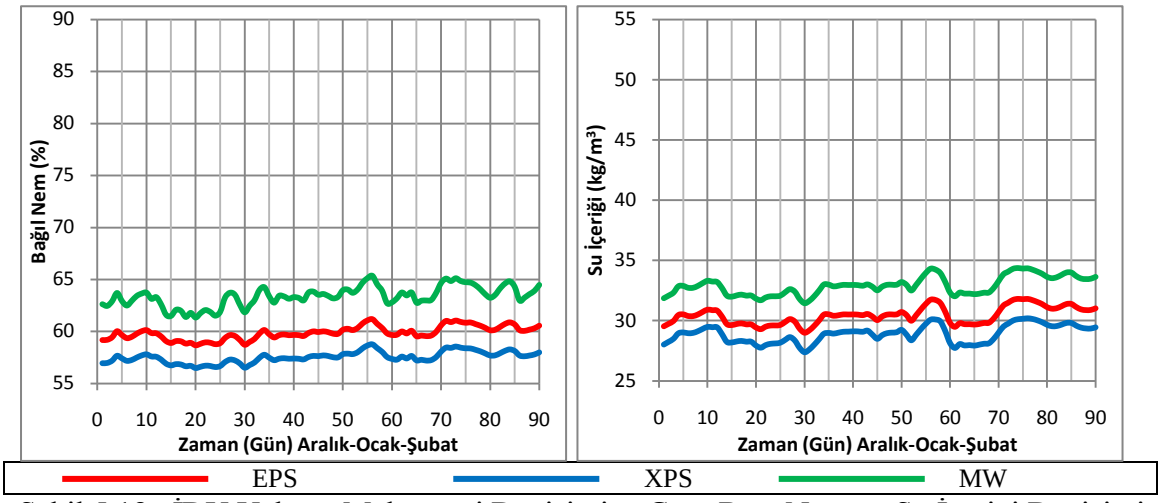
5.2.3. Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



Şekil 5.17. OY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağıl Nem ve Su İçeriği Değişimi

OY sisteminde bağıl nem değerleri üç yalıtım türünde de yüksek değerde izlenmekte ancak, en olumlu sonucu MW yalıtımlı kesit vermektedir. MW EPS'ye göre %0-3,5, XPS'e göre %0-4 aralığında düşük bağıl nem değerlerini göstermektedir. EPS XPS'e göre %0-1 aralığında daha düşük bağıl nem değerlerine sahiptir. Su içeriği açısından MW ve EPS birbiriyle çakışık bir grafik çizerken XPS'e göre %2-4,1 oranlarında olumlu sonuç vermektedir. (Şekil 5.17)

5.2.4. İçeriden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

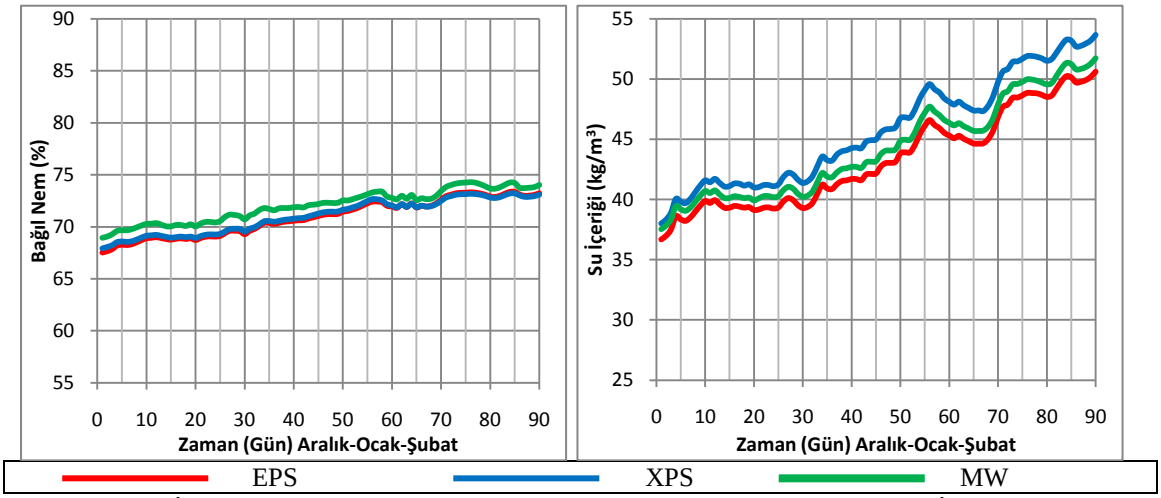


Şekil 5.18. İDY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağ. Nem ve Su İçeriği Değişimi

İDY sisteminde XPS en olumlu sonuçları vermektedir. Bağıl nem açısından XPS EPS'e göre %3,3-4,2, MW'e göre %7,4 ile 9,9 aralığında, EPS MW'e göre %4,1-6,9arasında düşük değerler göstermektedir. Su içeriği olarak da XPS EPS'e göre %3,3-6,4, XPS MW'e göre %12,5-13,5, EPS MW'e göre %6,1-7,6 arasında düşük su içeriği değerlerine sahiptir. (Şekil 5.18)

XPS'in içeriden yalıtımda gördüğümüz kullanılabilir olma durumu burada da izlenmektedir. Yalıtımın iki eşit parçaya bölünerek içeriden ve dışarıdan uygulanması ancak XPS kullanımında DY'a yakın değerler vermektedir.

5.2.5. İçeriden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

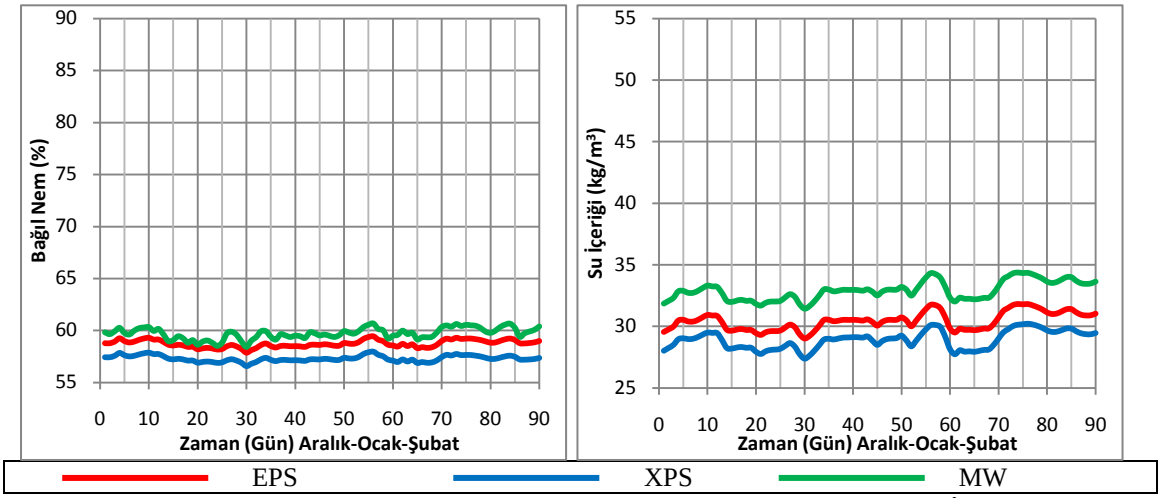


Şekil 5.19. İOY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağ. Nem ve Su İçeriği Değişimi

İOY bağıl nem açısından EPS ve XPS çok yakın ve paralel değerler göstermektedir. MW'e göre %1-2 arasında olumlu olduğu görülmektedir. Su içeriği açısından EPS MW ve XPS olarak sıralanmaktadır. Değerler yaklaşık %1-4 aralığında farklar göstermektedir. (Şekil 5.19)

Bir önceki seçenekte olduğu gibi, 6cm. kalınlığı bölerek kullandığımız bu durumda, dışarıda değil de içeride ve ortada yalıtımı kullandığımızda kesitte bağıl nem değerlerinin yükseldiği izlenmekte ve XPS'in de olumlu durumunun kalmadığı görülmektedir.

5.2.6. Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti

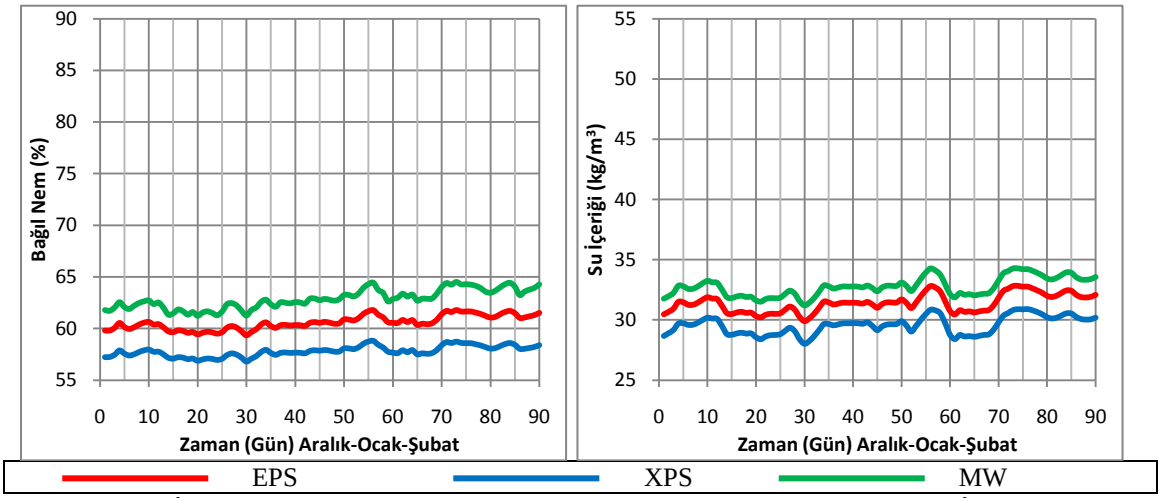


Şekil 5.20. DOY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağ. Nem ve Su İçr. Değişimi

DOY sisteminde XPS EPS MW olarak sıralanmaktadır. Bağıl nem açısından XPS EPS'e göre %2,2-3 oranında, MW'e göre %2,6-5 oranında daha olumlu sonuçlar vermektedir. EPS MW'e göre %0,5-2,5 aralığında daha düşük bağıl nem değerleri göstermektedir. Su içeriği açısından XPS EPS'e göre %3,4-5,7, MW'e göre %9,4-13,3, EPS MW'e göre %6,2-7,9 aralığında düşük su içeriklerine sahip olduğu izlenmektedir. (Şekil 5.20)

Yalıtımı iki parçaya böldüğümüz ancak ortadan ve dışarıdan uyguladığımız bu durumda XPS, dışarıdan ve içeriden-dışarıdan bölerek uyguladığımız duruma yakın benzer sonuçlar vermiştir.

5.2.7. İçeriden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar Kesiti



Şekil 5.21. İDOY Yalıtım Malzemesi Değişimine Göre Bağ. Nem ve Su İçr. Değişimi

İDOY sisteminde en olumlu sonuçları veren sistem XPS yalıtım malzemesi kullanılan kesittir. EPS ve MW izlemektedir. XPS EPS'e göre %4-5, MW'e göre %6,5-9, EPS MW'e göre %2,4-4 oranlarında düşük bağıl nem değerlerine sahiptir. Su içeriği açısından XPS EPS'e göre %3,8-6,7, MW'e göre %7,8-10,2, EPS MW'e göre %2,5-4,7 oranlarında daha az su içeriklerine sahip olduğu görülmektedir.

Yalıtımı üç eşit parçaya böldüğümüzde yine XPS kullanımı, DY ya da İY'ın tek parça halinde kullanıldığı ya da dışarıda yalıtımın kullanıldığı iki parçalı kullanım durumuna benzer değerler vermektedir.

Dolayısıyla XPS 6 cm kalınlığında tek parça halinde içeride kullanıldığında ya da iki parça halinde içeride-dışarıda ve dışarıda-ortada ya da üç parça halinde içeride-dışarıda-ortada olumlu durumdadır. Kısaca parçalı kullanımda ancak bir parçanın dışarıda kullanıldığı seçeneklerde olumlu durumdadır.

Sonuçta Edirne iklim koşulları için;

- Dışarıdan yalıtımda yalıtımın türünün önemli olmadığı,
- İçeriden yalıtımda ise XPS'in kullanılabilir olduğu, ancak içeride kalın tek parça ya da parçalı kullanımda dışarıda bir parça kullanılması durumunda olumlu görülmüştür.

Bu değerlendirmeler ılıman nemli iklim bölgesi örneği Edirne iklim koşullarına göre yapılmıştır. Özellikle yalıtımın kesit içerisinde birden fazla tabaka halinde kullanımı durumlarında içeride, ortada ve dışarıda türü farklı yalıtım malzemeleri kullanımı da söz konusu olabilir. Bu çalışma bu açıdan değerlendirmeyi kapsamamaktadır.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapı bileşenlerinde buhar difüzyonu sonucu oluşan yoğuşma suyunun, yapının ısıl performansına ve sağlamlığına olumsuz etkileri göz önüne alındığında, yoğuşmanın engellenmesi için gerekli önlemlerin alınması gerekliliği açıktır. Tasarım aşamasından başlayarak, doğru yapı elemanı seçimi, hem zamandan hem de maliyetten kazanç sağlayacaktır. Bu sayede kullanıcı gereksinimlerini karşılayacak optimum çözümlere ulaşmak mümkün olacaktır.

Tasarım aşamasında verilecek kararları gerçeğe en yakın şekilde ve hızlı olarak saptayabilmek amacıyla simülasyon programları yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Böylece, periyodik rejimde yapılacak hesaplamalar sayesinde yapı kabuğundaki malzeme seçimi ve sıralanışı rahatlıkla belirlenebilir.

Bu tez çalışmasında yalıtımsız durum ile birlikte 8 farklı betonarme yapı kabuğu kesiti,

- Yalıtımsız Betonarme Duvar,
- İçerden Yalıtımlı Betonarme Duvar,
- Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar,
- Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar,
- İçerden ve Dışarıdan Yalıtımlı Betonarme Duvar,
- İçerden ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar,
- Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar,
- İçerden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtımlı Betonarme Duvar,

incelenmiştir. Bu kesitlerin her biri Türkiye'nin 5 iklim bölgesine göre (Soğuk, Ilıman-Nemli, Ilıman-Kuru, Sıcak Nemli ve Sıcak Kuru İklim Bölgeleri) ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Ayrıca 3 farklı yalıtım malzemesine (Genleştirilmiş Polistiren

Köpük (EPS), Haddeden Çekilmiş Polistiren Köpük (XPS) ve Mineral yünü (MW)) göre kesitlerde karşılaştırmalar yapılmıştır. Değerlendirme aşamasında simülasyon programı ile sayısal değerlendirmeler yapıldığı gibi deneysel çalışma ile de desteklenmiştir.

Deneysel değerlendirme ve hesaplama sonuçları karşılaştırıldığında 1. bölgede ve orta bölgede sıcaklık değerlerine bakıldığında her kabukta deney sonuçları hesap sonuçlarından bir miktar yüksek sıcaklıkları göstermektedir. 2. bölgede ise YD ve İY durumunda aynı durum söz konusu iken DY ve İDY durumlarda deney sonuçları hesap sonuçlarından daha düşük sıcaklık değerleri göstermektedir.

Bağıl nem değerleri yalıtımsız durumda deneyde hesap sonucundan daha yüksek seyrederken, kabuğun yalıtılması durumunda bu farkların azaldığı hesap sonuçlarının altına düştüğü görülmüştür. 1. Bölgede yalıtımlı (İY, DY, İDY) durumlarda deney sonuçları hesap sonuçlarından yüksek bağıl nem değerlerini göstermektedir. Orta bölgede İY ve İDY da deney sonuçları hesap sonuçlarından yüksek iken, DY durumunda hesap sonuçları daha yüksek değerleri vermektedir. DY'da ise deney sonucu hesap sonucundan düşük değerdedir. 2. bölgede İY haricinde tüm kesitlerde deney sonuçları hesap sonuçlarından yüksek bağıl nem değerlerini göstermektedir.

Genelde yalıtımsız kesitte ve yalıtımlı kesitlerin orta bölgesinde deney sonuçları hesap sonuçlarından yüksek, yalıtıma yakın bölgelerde kimi zaman hesap değerleri daha yüksek olsa da mutlak değer olarak değerler birbirine çok yakın ve grafiklerde paralellikler izlenmektedir. **Grafiklerdeki sıcaklık eğrilerinin standart sapma değerleri 0,34 ile 3,72 aralığında hesaplanan oldukça küçük değerler vermektedir. Nem değerlerindeki standart sapma miktarları ise 0,80 ile 5,59 değerleri arasındadır. Genel olarak, standart sapmanın küçük olması; ortalamadan sapmaların ve riskin az olduğunun, büyük olması ise; ortalamadan sapmaların, riskin çok olduğunun ve oynaklığın göstergesidir. Bu durumda, hesaplanan ve ölçülen sıcaklık ve nem değerlerinin birbiriyle paralellik göstermesi, sıcaklık ve bağıl nem değerleri arasındaki farkların birbirine yakınlığı simülasyon programı ve deney sonuçlarının kabul edilebilirliğini kanıtlamaktadır.**

Daha hızlı ve çok sayıda yapı kabuğu seçeneklerinin çalışılabilmesi amacıyla deneysel yöntem 4 kabuk sisteminde tamamlanmış, çalışmanın yalıtımın ayrı yerlerde konumlandığı öteki kabuk seçenekleriyle, değişik iklimsel özelliklere, farklı yalıtım malzemeleri ve kalınlıklara göre soğuk dönem koşulları için uygulanmasında sayısal yöntem kullanılmıştır.

İklim bölgelerine göre her iklim bölgesinde uygun yapı kabuğu kesitleri belirlenmiştir. Buna göre sırasıyla;

Soğuk iklim	DY, DOY, İDY, İDOY
Ilıman nemli iklim	DY, DOY, İDY, İDOY
Ilıman kuru iklim	DY, DOY, İDY, OY, İDOY
Sıcak nemli iklim	DY, DOY, OY
Sıcak kuru iklim	DY, DOY, İDY, İDOY

sistemleri en olumlu sonuçları vermiştir.

Soğuk iklim bölgesi, Erzurum örneğinde yalıtımın dışarıdan veya dışa yakın bölgede düzenlendiği seçeneklerde kesit içinde durağan sıcaklıklar elde edildiği, içte ve içe yakın bölgede düzenlendiğinde ise kesit içinde sıcaklıklar kış boyunca büyük farklar göstermektedir. İY sisteminde kabuğun iç ortama yakın olan bölgelerinde yoğuşma riskleri oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra OY ise dış ortama yakın olan betonarme kısımda bağıl nem değerleri artmaktadır. Ayrıca bu sistemlerde kesit sıcaklıklarının da çoğunlukla eksi değerlerde olduğu düşünüldüğünde bu iki yalıtım sistemi oldukça olumsuz durumlara sebep olacaktır. Özellikle betonarmede korozyon riski yüksektir ve bu durum yapının sağlığını tehlikeye sokacaktır. Küflenme riski ile ilgili olarak yüzeydeki bağıl nem $\varphi_{iy} \leq 0,8$'i aşmamalıdır. Korozyondan kaçınmak için ise $\varphi_{iy} \leq 0,6$ olarak değerlendirilmelidir (TS EN ISO 13788, 2004). Bu durumda risk oluşturan kabuk sistemleri iklim bölgelerine göre sıralanmıştır;

Ilıman nemli iklim bölgesi, Edirne örneğinde; İY sisteminde kesitin ortalarında ve iç ortama yakın olan bölgelerinde bağıl nem değerleri yüksek, dış kısımlarında ise

%95 oranlarına kadar ulaşmaktadır. Bu bölgede soğuk iklimden farklı olarak İY ın dışında OY ve İOY sistemlerinde de kesitin dış betonarme kısımlarında %85-90 oranlarında bağıl nem görülmektedir. Bu iki sistemin bu bölge için uygulanması yoğuşma riskleri açısından sakıncalı durumlar yaratacaktır.

Ilıman kuru iklim bölgesi, Ankara örneğinde; İY durumunda iç yüzeye yakın olan bölgelerde bağıl nem yükselmektedir. Yapı kabuğu tasarımında bu durum göz önünde bulundurularak yalıtım malzemesi veya sistem seçiminin yapılması doğru olacaktır. Diğer sistemlerde Edirne'den farklı olarak kesit sıcaklıkları düşük değerler veren sistemler olsa da nem oranları ve su içeriklerinin düşük değerler alması İY ve YD dışındaki sistemlerde sakıncalı durum gözlenmemekle birlikte olumlu olumsuz yanları çok yönlü olarak değerlendirilerek tasarım yapılmalıdır. Diğer iki bölgeden farklı olarak ortadan yalıtım risk oluşturmamaktadır. Bu konuda 4. bölümde yer alan iklim bölgelerine göre karşılaştırma tablolarından faydalanılabilir.

Sıcak nemli iklim bölgesi, Antalya örneğinde; İY sisteminde iç ortama yakın olan kısımlarda bağıl nem değerleri daha yüksek görülmektedir. Diğer sistemlerde hem kesit sıcaklıkları hem de nem durumları tüm sistemlerde birbirine çok yakın değerler izlemektedir. Kesit sıcaklığı ortalamaları yüksek, bağıl nem değerleri de yoğuşma riski oluşturmayacak düzeydedir.

Sıcak kuru iklim bölgesi, Diyarbakır örneğinde; İY sisteminde iç yüzeye yakın olan kısımlarda bağıl nem daha yüksektir. Bu sistem dışında risk oluşturan başka bir sistem görülmemiştir. Yapı kabuğu tasarımında seçilecek kabuk kesiti çok yönlü değerlendirilerek tercih edilmelidir.

- Soğuk dönem koşullarında DY sisteminin her iklim bölgesinde en olumlu sistem olduğu görülmüştür.
- İY sisteminde tüm iklim bölgelerinde, yalıtımsız durumdan bile olumsuz sonuçlar elde edilmiştir.
- İOY sistemi ılıman nemli ve sıcak kuru iklim bölgelerinde yalıtımsız durumdan daha olumsuz değerler vermektedir.

- Sıcak nemli iklim ve ılıman kuru iklim bölgelerinde OY kesitinde de olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

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. Yalıtımın iki eşit parça halinde kullanıldığı durumlarda yine dış yüzeyde yalıtım konumlandığında daha olumlu sonuçlar görülmektedir. Yalıtımın üç eşit parça halinde kullanıldığı durumda, tek parçalı dışarıda kullanıma göre daha olumsuz değerler izlenmiştir. İki parçalı kullanım olan İOY'a göre daha yüksek, DOY'a göre daha düşük, İDY'a göre ise çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Dış bölgede yalıtım uygulanması durumunda iki parçalı kullanım üç parçalı kullanımdan daha olumlu olmaktadır.

Yalıtım kalınlığı ve yalıtım malzemesi değişiminde göre ılıman nemli iklim bölgesi Edirne için yapılan değerlendirmede aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

Yalıtım kalınlığına göre yapılan değerlendirmede kalınlığın artmasıyla ısıl direncinde artacağı açıktır. Ancak yalıtım sistemlerine göre bu fark değişkenlik göstermektedir. Ayrıca kalınlık arttıkça, beklenildiği gibi İY ve İOY dışındaki kesitlerde bağıl nem ve su içeriği de azalmaktadır. Ancak yalıtım malzemesinin iç yüzeyde bulunduğu İY ve İOY sistemlerinde, su buharı akışı sırasında iç yüzeyde yer alan yalıtım malzemesinden sonra kesit soğuk kalmakta, dolayısıyla bağıl nem oranı ve su içeriğinde artışa sebep olmaktadır.

- İY'da yalıtım malzemesi kalınlığının değişimi ortalama kesit sıcaklıkları, bağıl nem ve su içeriği açısından önemsenmeyecek kadar az etki etmektedir.

- DY'da yalıtım kalınlığının değişimi ortalama kesit sıcaklıkları ve nemlilik değerlerini daha önemli ölçüde olumlu olarak etkilemektedir. 2 cm.'i 4cm'e çıkarttığımızda sıcaklık ve bağıl nem açısından dikkate değer bir fark elde edilmekte ancak 4 cm ve 6cm arasında önemsenecek bir fark bulunmamaktadır.

- OY da kesit sıcaklıklarının birbirine çok yakın değerler aldığı ve yalıtım kalınlığını artırmanın dikkate alınacak bir fark yaratmadığı görülmektedir. Kış dönemi kesitte gerçekleşen sıcaklık değerleri İY'a göre yüksek, bağıl nem değerleri de düşük izlenmektedir.

- Kesitin İDY seçeneğinde kalınlık sıcaklıklar açısından bir fark yaratmazken bağıl nem değerleri üzerinde belirgin etkisi olduğu görülmektedir.

- İOY kesitinde İY'da olduğu gibi kesit sıcaklıkları neredeyse hiç etkilenmemektedir. Yalıtım kalınlığı İDY seçeneğinde olduğu gibi sıcaklık açısından bir fark yaratmazken, bağıl nem değerleri üzerinde İDY'den daha fazla etkili olmaktadır. Ancak diğer kabuklardan farklı olarak nemlilik değerleri arasındaki fark açılmış, ayrıca ters yönde etki görülmüştür. İOY'da yalıtım kalınlığı arttıkça bağıl nem ve su miktarlarının da arttığı izlenmiştir.

- DOY'da ortalama kesit sıcaklıklarındaki değişim DY'a göre daha az OY'a göre ise daha belirgindir. Bağıl nem değerlerinde daha az olan azalma, su içeriğinde daha belirgin durumdadır.

- İDOY'da yalıtım kalınlığının artmasıyla kesit sıcaklıklarındaki değişim miktarları çok küçüktür. Bağıl nem açısından farklarda önemsenecek büyüklükte değildir.

Yapı kabuğu kesitlerinde gerçekleşen sıcaklıklar ve bağıl nem açısından yalıtım kalınlığının değişimi en fazla dışarıdan yalıtımda etkili olmaktadır. Ancak bu etki ılıman nemli iklim bölgesi Edirne için 4cm.'e kadar anlamlı olduğu, 4 ve 6cm. arasında dikkate alınacak bir fark olmadığı görülmüştür.

Farklı yalıtım malzemesine göre değerlendirme yapıldığında sistemlere göre öncelikli malzeme seçimleri tablo olarak verilmiştir.

Yalıtım Sistemi	**1.**	**2.**	**3.**
İçerden Yalıtım	XPS	EPS	MW
Dışarıdan Yalıtım	EPS, XPS, MW		
Ortadan Yalıtım	MW	EPS, XPS	
İçerden ve Dışarıdan Yalıtım	XPS	EPS	MW
İçerden ve Ortadan Yalıtım	EPS, XPS	MW	
Dışarıdan ve Ortadan Yalıtım	XPS	EPS	MW
İçerden, Dışarıdan ve Ortadan Yalıtım	XPS	EPS	MW

olarak sıralanmaktadır.

- XPS kullanıldığında kesitte gerçekleşen bağıl nem değerleri ılıman iklimde DY'da EPS kullanıldığı duruma çok yakındır. Dolayısıyla XPS kullanımında ılıman iklim için İY da uygulanabilir hale gelmektedir.

- DY'da ise yalıtımın türünü değiştirmenin bir etkisi olmadığı görülmektedir.

- OY sisteminde bağıl nem değerleri üç yalıtım türünde de yüksek değerde izlenmekte ancak, en olumlu sonucu MW yalıtımlı kesit vermektedir.

- İDY'da yalıtımın iki eşit parçaya bölünerek uygulanması ancak XPS kullanımında DY'a yakın değerler vermektedir. 6cm. kalınlığın bölünerek kullanıldığı bu durumda, yalıtımın dışarıda değil de İOY kullanıldığında kesitte bağıl nem değerlerinin yükseldiği izlenmekte ve XPS'in de olumlu durumunun kalmadığı görülmektedir.

- Yalıtımın iki parça halinde DOY durumunda XPS, İDY durumuna benzer sonuçlar vermiştir.

- Yalıtımı üç eşit parça halinde kullanıldığı İDOY'da yine XPS kullanımı, DY ya da dış yüzeyde yalıtımın kullanıldığı iki parçalı kullanım durumuna benzer değerler vermektedir.

Dolayısıyla XPS 6 cm kalınlığında tek parça halinde içeride kullanıldığında ya da iki parça halinde içeride-dışarıda ve dışarıda-ortada ya da üç parça halinde içeride-dışarıda-ortada olumlu durumdadır. Kısaca parçalı kullanımda ancak bir parçanın dışarıda kullanıldığı seçeneklerde olumlu durumdadır.

Sonuçta Edirne iklim koşulları için;

- Dışarıdan yalıtımda yalıtımın türünün önemli olmadığı, ancak yalıtım malzemesinin μ değeri göz önünde bulundurularak seçim yapılması gerekliliği,

- İçeriden yalıtımda ise XPS'in kullanılabilir olduğu, ancak içeride kalın tek parça ya da parçalı kullanımda dışarıda bir parça kullanılması durumunda olumlu görülmüştür.

Tüm bu sonuçlar doğrultusunda bu tez çalışmasında incelenen yapı kabuğu kesitlerini ana gövde elemanını değiştirerek çoğaltmak mümkündür. Ayrıca duvar malzemesi olarak kullanılan betonarme yapı bileşeni yerine farklı malzeme seçenekleri ve farklı yönlere bakan duvar kuruluşları ile farklı sonuçlar elde edilebilecektir. Bundan sonraki çalışmalarda yapı elemanı boyutundan yola çıkılarak farklı yapı elemanlarında (duvar, çatı, döşeme vb.) ve yapının hacim olarak bütününü içeren simülasyonlarla desteklenebileceği öngörülmektedir. Bu anlamda bu tez çalışması ileriki çalışmalara veri oluşturacaktır. Ayrıca bu tez çalışmasında yapılan değerlendirme yoğuşma risklerinin fazla olduğu ısıtma dönemi için yapılmıştır. Aynı veriler doğrultusunda sıcak iklim bölgeleri için soğutma dönemini içeren çalışmalar da yapılabilecektir.

Bu tez çalışması; yapı kabuğunun uzun ömürlü olması, sağlıklı kalması ve kullanıcıya uygun konforlu bir yaşam ortamının sağlanmasının gerçekleştirilmesinde yarar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Akman, S., (2000), "Yapı Hasarları ve Onarım İlkeleri", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Yayını, İstanbul

Aksoy, U.T., (2002), "İklimsel Konfor Açısından Bina Yönlendirilmesi Ve Bina Biçimlendirilmesinin Isıtma Maliyetine Etkisi", Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ

Aksoy, U.T., (2008), "Sandviç ve Gazbeton Duvar Uygulamalarının Ortalama Isı Geçirgenlik Katsayısı Ve Isı Kaybı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi", Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 24 (1-2), s. 277-290

Akşit, F., (2005), "Türkiye'nin Farklı İklim Bölgelerinde Enerji Etkin Bina ve Yerleşme Birimi Tasarımı", Tasarım Dergisi, İstanbul, Sayı: 157, s: 124-126

Altun, C., (2000), "Yoğuşma Kontrolü İçin TS 825'te Önerilen Yöntemin Değerlendirilmesi", İzolasyon Dünyası, İstanbul, Sayı 24, s.8-18,

Altun, C., (1999), "Mevcut Binalarda Polistiren Köpük Levhalar ile Enerji Etkin Yenilenen Dış Duvarların Nem ile İlgili Performansı", Yapı Fiziği Kongresi, Fiziksel Çevre Denetimi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Altun, C., (1997), "Buhar Difüzyonunun Dış Duvarların Nem İle İlgili Performansına Etkilerinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalı, İstanbul

Anonim, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara

Anonim, (2004), TS EN ISO 13788, "Bina Bileşenlerinin Ve Bina Elemanlarının Nemli Ortamda Isıl Performansı – Kritik Yüzey Nemini ve Bina Bileşenlerinin İçindeki Yoğuşmayı Önlemek İçin İç Yüzey Sıcaklığı – Hesaplama Metotları

Anonim, (2007), "Condensation in Buildings", 16293: Environmental Engineering Science 1

Anonim, (2008), TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları", Türk Standartları Enstitüsü Ankara

Anonim, (2004), ISO/DIS 13786, ISO International Standard, "Thermal performance of building components-Dynamic thermal characteristics-Calculation methods"

Anonim, (2004), TS EN ISO 13788, "Bina bileşenlerinin ve bina elemanlarının nemli ortamda ısıl performansı – Kritik yüzey nemini ve bina bileşenlerinin içindeki yoğuşmayı önlemek için iç yüzey sıcaklığı – Hesaplama metotları", Türk Standartları Enstitüsü Ankara

Anonim, "Performance criteria: building and walling systems", http//www.agrement.co.za

Apay, A., Aydın, E., Yılmaz, P., (2005), "Depreme Dayanıklı Yapılarda Tünel Kalıp Sisteminin Kullanılması", Deprem Sempozyumu, Kocaeli

Asan, H., (2000), "Investigation Of Wall's Optimum Insulation Position From Maximum Time Lag and Minimum Decrement Factor Point Of View", Energy and Building, 32, p.197-2003

Asan, H., (1998), "Effects Of Wall's Insulation Thickness and Position On Time Lag And Decrement Factor", Energy and Building, 28, p.299-305

Atmaca, Ş.U., Kargıcı, S., (2006), "Konya'da Kış Aylarında Yapı Malzemelerinde Oluşan Buhar Geçişinin Örnekle İncelenmesi", Mühendis ve Makina Dergisi, Ankara, cilt 47, sayı 553, s.55-62

Avlar, E., (2005), "Yapılarda Su ve Nem Korunumu", Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul

Ayan, M., (1985), "Konut Alanları Tasarım İlkeleri", Batıkent Konut Üretim Kooperatifleri Birliği, Yayın No: 52, Araştırma: 6, Özgün Matbaacılık, Ankara, s: 51-70

Aydın, A.B., (2000), "İç Mekanda Kullanılabilecek Duvar Kaplama Malzemelerinin Akılcı Seçim Açısından Analizi Ve Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Bellia, L., Minichiello, F., (2003), "A simple evaluator of building envelope moisture condensation according to an European Standard", Building and Environment 38, p.457- 468

Bircan, M.M., (1999), "Yapı Malzemelerinde Buhar Difüzyonu Prosesinin İncelenmesi Ve Yoğuşma Hesabı İçin Bilgisayar Programı", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim dalı, İstanbul

Blom, P., Holos, S.B., 2008, "Moisture Content in Insulated basement walls", Div. of Building Technology / Department of Civil and Architectural Engineering / Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 34, p.100 44,

Bobenhausen, W., (1994), "Simplified Design of HVAC Sysytems", John Willey and Sons Inc., New York

Cammalleri, V., Lyon, E.G., (2003), "Condensation In The Building Envelope: Expectations And Realities", The Industrial Protective Coatings Conference and Exhibit, Ernest N. Morial Convention Center, New Orleans, LA, p 210 – 219.

Ching F.D.K., Adams, C., (çeviren) Tağmat, T. S., (2006), "Çizimlerle Bina yapım Rehberi", Yapı Endüstri Merkezi (YEM) yayınları, 119, İstanbul

Cihan, T., Sezer, F.Ş., Dilmaç, Ş., (2005), "Ülkemizdeki Çift Duvar Arası Yalıtım Uygulamalarında Betonarme Kirişlerin Oluşturduğu Isı Köprülerinin Değerlendirilmesi", Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Bursa, Cilt 10, Sayı 2

Cihan, T. (2004), "EPS Bloklu Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvarlı Binanın Isıl Performansı", Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı, Tekirdağ

Colombo, R., Landabaso, A., Sevilla, A., (1994), "Passive Solar Architecture for Mediterranean Area-Design Handbook", Institute for Systems Engineering and Informatics, Joint Research Centre Commission of the European Communities, Brussels, S.P.I. 94-02

Çalıkoğlu, E., (2010), "Enerji Verimliliği ve Isı Yalıtımı", İzolasyon Dünyası Dergisi, İstanbul, Sayı 83

Çiçek, A., (2002), "Yapı Düşey Kabuk Bileşenlerinin Performans Belirlenmesi Sürecinde Isı Ve Nem Geçişi Ölçümünde Kullanılabilecek Bir Yöntem Önerisi", Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul

Davidovic, D., Srebric, J., Burnett, E.F.P., (2006), "Modeling convective drying of ventilated wall chambers in building enclosures", International Journal of Thermal Sciences 45, p.180–189

Derbentli, T., Genceli O.F, (çeviren), 1997, "ASHRAE Temel El Kitabı (Fundamentals)"- Bölüm 8 Fizyolojik İlkeler ve Isıl Konfor, Tesisat Mühendisleri Derneği - ASHRAE TC 2.1 Physiology and Human Environment (hazırlayan), Teknik yayınlar 2, Ankara

Derbentli T., Genceli O.F., (çeviren), 1997, "ASHRAE Temel El Kitabı (Fundamentals)"- Bölüm 6 Psikometri, Tesisat Mühendisleri Derneği - ASHRAE TC 1.3 Heat Transfer and Fluid Flow, Teknik yayınlar 2, Ankara

Dilmaç, Ş., (2002), Yayınlanmamış Lisansüstü Ders Notları, Trakya Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Dilmaç, Ş., (2007), "Binalarda Isı Yalıtımının Gelişimi Ve TS 825 Standardı", Yapı Kimyasalları, Sayı 3, s.50-56

Dilmaç, Ş., (2007-a), "Kışa Girerken", Yapı Kimyasalları, Sayı 4, s.86-92.

D'Orazio, M., Palladini, M., Aquilanti, L., Clementi, F., (2009), "Experimental evaluation of the growth rate of mould on finishes for indoor housing environments: Effects of the 2002/91/EC directive", Building and Environment 44, p.1668–1674

Drchalova , J., Cerny, R., (2003), "A simple gravimetric method for determining the moisture diffusivity of building materials", Construction and Building Materials 17, p.223–228

Eichler, F., (1972), "Bauphysikalische Entwurslehre I", Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln

Ekinci, C.E., (2003), "Yalıtım Teknikleri", Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul

Engin, N., (2005), "Yapı İç Ortam Nemine Etki Eden Faktörlere Yönelik Bir Bilgisayar Programı-Ilıman-Nemli İklim Bölgesi Örneği", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Trabzon

Erbil, Y., (2003), "Tünel kalıp sistemi ile üretilen toplu konutlarda ısı yalıtımı ve sorunlarının incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Bursa

Erbil, Y., Akıncıtürk, N., (2006), "Tünel Kalıp Sistemiyle Üretilen Bir Toplu Konut Örneğinin Isısal Konfor Koşulları Açısından İncelenmesi", Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 11, Sayı 2

Eriç, M., (1994), Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, İstanbul

Erkmen, F.İ., (2005), "Sıcak İklim Bölgelerinde Yapıların Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması (Antalya-Diyarbakır Örneği)", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Ertaş, K., (2002), "Binalarda Buhar Difüzyonu Olayının İrdelenmesi", İzolasyon Dünyası Dergisi, İstanbul, Sayı 33, s.31-40

Ertaş, K., (2000), "Yapı Bileşenlerinde Buhar Difüzyonu Hesap Metodu", İzolasyon Dünyası Dergisi, İstanbul, Sayı 24, s.40-47

Fanger P.O., (1972), " Thermal Comfort", McGraw-Hill Book Company, 1972

Ferna´ndez, J.L., Porta-Ga´ndara, M.A., Chargoy, N., (2005), "Rapid on-site evaluation of thermal comfort through heat capacity in buildings", Energy and building V. 37, p.1205-1211

Ficker, T., (2003), "Non-Isothermal steady-State Diffusion Within Glaser's Condensation Model", International Journal of Heat and Mass Transfer 46, p.5175–5182

Gaur, R.C., Bansal, N.K., (2000), "Effect of moisture transfer across building components on room temperature", International Journal of Building and Environment 37, p.11-17

Gezer, H., (2005), "Dış Cephe Kaplamalarında Polimer Esaslı Malzemenin UV, Isı Ve Suyun Bileşik Etkisi Karşısında Yüzey Dayanıklılığının Araştırılması", Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Göçer, C., (2006), "Beton Esaslı Prefabrike İlköğretim Binalarında Isıtma Enerjisine Bağlı Enerji Kazanımı, Çevre Kirliliği Ve Isıtma Ekonomisi Kriterlerinin Değerlendirilmesi", Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Göksal, T., Özbalta, N., (2002), "Enerji Korunumunda Düşük Enerjili Bina Tasarımları", Mühendis ve Makine Dergisi, Ankara, sayı 506

Göksu, Ç., (1999), "Güneş Kent", Göksu Yayınları No.3, Ankara, s: 88-134

Gürsel, T., (1991), "İklimin Konut Tasarımına Etkileri", Trakya Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Edirne, s: 7-8

Hens, H.S.L.C., (2006), "The vapor diffusion resistance and air permeance of masonry and roofing systems", Building and Environment 41, p.745-755

Hien, W.N., Liping, W., Chandra, A.N., (2005), "Effects of double glazed facade on energy consumption, thermal comfort and condensation for a typical office building in Singapore", Energy and Buildings 37, p.563–572

Holm, Andreas, Künzel, Hartvig, M., (1999), "Combined Effect of Temperature and Humidity on the Detoration Process of İnsulation Materials in ETICS", Proceedings 5th Symposium "Building Physics in the Nordic Countries", Göteborg, p. 677-684.

İbrahim, S.M.A., (1987), "The Thermal Behavior of Thermally Insulated and Uninsulated Buildings", energy, vol.12, p.615-622

Janssen, H., Blocken, B., Carmeliet, J., (2007), "Conservative modelling of the moisture and heat transfer in building components under atmospheric excitation", International Journal of Heat and Mass Transfer v.50, p.1128–1140

Karagiozis, A., (2001), "Advanced Hygrothermal Models and Design Models", The Canadian conference on building energy simulation, June 13th - 14th, Ottawa, Canada

Karagiozis A., Salonvaara, M., (2001), "Hygrothermal system-performance of a whole building", Building and Environment, 36, p.779–787

Karagiozis, A., Künzel, H.M., Holm A., (2001), WUFI-ORNL/IBP - A North American Hygrothermal Model. Contribution to "Performance of Exterior Envelopes of Whole Buildings VIII", s.1-10 Clearwater Beach, Florida.

Karaman, A., (1995), "Urban Design Aspects of Turkish Towns", University of Maryland, School of Architecture, Studio Lectures, s.25-33

Karoglou M., Moropoulou, A., Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., (2007), "A powerful simulator for moisture transfer in buildings", 2007, Building and Environment 42, p.902–912

Kayhan M, (2007), "Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye", http://www.eyd.cevreorman.gov.tr/kureselisinma/kureseliklimdegisimiveturkiye.pdf

Kısa Ovalı, P., (2009), "Türkiye İklim Bölgeleri Bağlamında Ekolojik Tasarım Ölçütleri Sistematiğinin Oluşturulması (Kayaköy Yerleşmesinde Örneklenmesi)", Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne

Koca, Ö., (2006), "Sıcak-Kuru ve Sıcak-Nemli İklim Bölgelerinde Eneri Etkin Yerleşme ve Bina Tasarım İlkelerinin Belirlenmesine Yönelik Yaklaşım", İTÜ Fen Bil. Enst., Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s.10

Künzel, H.M., Holm, A., Zirkelbach, D., Karagiozis, A.N., (2005), "Simulation of indoor temperature and humidity conditions including hygrothermal interactions with the building envelope", Solar Energy 78, p.554–561

Künzel, H.M., Zirkelbach, D., Sedlbauer, K., (2003), Predicting Indoor Temperature and Humidity Conditions Including Hygrothermal Interactions with the Building Envelope. Proceedings of 1st International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture, Building Scientific Research Center (BSRC), King Mongkut's University Thonburi, Bangkok

Künzel, H.M., Schmidt, Th., Holm, A., (2002), Exterior Surface Temperature of Different Wall Constructions - Comparison of Numerical Simulation and Experiment. Proceedings 11th Symposium for Building Physics, TU Dresden, p. 441-449.

Künzel, Hartvig, M., (1998), "Effect of interior and exterior insulation on the hygrothermal behaviour of exposed walls", Materials and Structures, vol.31, p.99-103

Künzel, H.M., (1995), "Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components", PhD- thesis, Fraunhofer Institute of Building Physics

Kwiatkowski, J., Woloszyn, M., Roux, J.J., (2009), "Modelling of hysteresis influence on mass transfer in building materials", Building and Environment 44, p.633–642

Laouadi, A., (2004), "Development of a radiant heating and cooling model for building energy simulation software", Building and Environment 39, p.421 – 431

Leivo, V., Rantala, J., (2006), "Moisture behaviour of slab-on-ground structures in operating conditions: Steady-state analysis", Construction and Building Materials, 22 (4), p.526-531

Leivo, V., Rantala, J., (2005), "Moisture behaviour of a massive concrete slab with a low temperature floor heating system during the initial drying period", Construction and Building Materials 19, p.297–305

Lucas, F., Adelard, L., Gadre, F., Boyer, H., (2002), "Study of moisture in buildings for hot humid climates", Energy and Buildings 34, p.345–355

Moritz, K., (1965), "Richtig und Falsch, Bauverlag", GmbH, Berlin

Mukhopadhyaya, P., Kumaran, K., Rousseau, M., Tariku, F., Reenen, D., (2003), "Application of hygrothermal analyses to optimize exterior wall design", Research in Building Physics, Leuven, Belgium, p.417-426

Nussbaumer, T., Wakili, K.G., Tanner Ch., (2006), "Experimental and numerical investigation of the thermal performance of a protected vacuum insulation system applied to a concrete wall", Applied Energy 83, p.841–855

Ochs, F., Heidemann, W., Mu¨ller-Steinhagen, H., (2008), "Effective thermal conductivity of moistened insulation materials as a function of temperature", International Journal of Heat and Mass Transfer 51, p. 539–552

Oğulata, R.T., Yılmaz, T., Beğaki, H.R., (1992), "periyodik ısı yüklerine maruz binalarda konfor şartlarının incelenmesi", Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, cilt 7, sayı 2, s. 43-51

Olutimayin, S.O., Simonson, C.J., (2005), "Measuring and modeling vapor boundary layer growth during transient diffusion heat and moisture transfer in cellulose insulation", International Journal of Heat and Mass Transfer 48, p.3319–3330

Orhon, İ., Küçükdoğu, M. Ş., Ok, V., (1988), "Doğal İklimlendirme", Toplu Konut İşletmesi Proje Planlama Tasarım El Kitabı, TUBİTAK YAE, Yayın No: U.9, Ankara, s.1-22

Oustad, M., Gustavsen, A., Uvsløkk, S., (2005), "Calculation of Moisture and Heat Transfer in Compact Roofs and Comparison with Experimental Data", Proceedings of the 7th Symposium on Building Physics in the Nordic Countries, Reykjavik, June 13-15 2005, p.632-640.

Oxley, T.A., Gobert, E.G., (1994), "Dampness in Buildings", British Library Cataloguing in Publication Data

Özbalta, N., (2003),"Yalıtım ve Enerji Yönetimi", Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi, Eskişehir

Özel., M., Pıhtılı, K., (2005), "Bina Duvarlarına Uygulanan Yalıtımın Farklı Konumlarının Isı Kazanç ve Kayıplarına Olan Etkisinin Araştırılması", DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, İzmir, cilt 7, sayı 1, s.87-97

Özel., M., Pıhtılı, K., (2005), "Farklı Yönlere Bakan Duvarlarda Yalıtım Kalınlığının Faz Kayması ve Sönüm Oranına Olan Etkisinin Araştırılması", Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Elazığ, 17(2), s.287-298

Özel., M., Pıhtılı, K., (2005), "Bina Duvarlarındaki Yalıtımın Uygun Dağılımının Isı Kazanç ve Kayıpları Açısından Araştırılması", 15. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Trabzon

Özel, M., (2003), "Duvar Yüzeylerinde Periyodik Sıcaklık Değişimi Olan Binalarda Isı Kazanç Ve Kayıplarını Minimum Yapacak Yöntemlerin Araştırılması", Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim dalı, Elazığ

Özer, M., (1982), "Yapılarda Isı-Su Yalıtımları", Cilt 1, met-er matbaası, İstanbul

Özşahin, B., (2004), "EPS Bloklu Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvar Sistemi", Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı, Tekirdağ

Pehlevan A., Yaşar Y., Maçka S., (2011), "Higrotermal Performans Açısından Duvar Konstrüksiyonu Tasarımında Bilgisayar Modellerinin Kullanımı", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir

Pehlevan, A., (1986), "Türkiye'de Higrotermik Koşullar Açısından Dış Duvarlarda Yoğuşma-Buharlaşma-Adaptasyon Sürelerinin Belirlenmesi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul

Rode, C., Burch, D.M., (1995), "Empirical Validation Of A Lransient Computer Model For Combined Heat And Moisture Transfer", Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Building VI

Qin, M., Belarbi, R,, Ait-Mokhtar, A., Seigneurin, A., (2006),"An analytical method to calculate the coupled heat and moisture transfer in building materials", Heat and mass Transfer, 33, p.39-48

Salonvaara, M., Karagiozis, A., Holm, A., 2001, Stochastic Building Envelope Modeling - The Influence of Material Properties. Contribution to "Performance of Exterior Envelopes of Whole Buildings VIII", Clearwater Beach, Florida.

Sever, Ü., (2009), "Hafif Çelik Karkas Sistem Duvarlarında Isı- Buhar Geçişi Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Şen, A.O., (2006), Betonarme Karkas Yapılarda Kolon Ve Kirişlerdeki Isı Kayıplarının Önlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya

Şensoy, S., Demircan, M., Ulupınar Y., Balta, İ., (2005), "Türkiye İklimi, www.meteor.gov.tr/2005/genel/iklim/turkiye

Şerefhanoğlu, M., (1983), "Soğuk Hava Koşullarında Yapıların Dış Duvarlarının İç Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi ve Isısal Konfor Yönünden Değerlendirilmesi", Y.Ü.Basımevi, İstanbul

Teasdale-St-Hilaire, A., Derome, D., (2007), "Comparison of experimental and numerical results of wood-frame wall assemblies wetted by simulated wind-driven rain infiltration", Energy & Buildings (0378-7788), Vol.39, Iss.11; p.1131-1139

Tepe, H., (2006), "Bağıl Nemin Sertleşmiş Betonun Fiziksel Özelliklerine Olan Etkisinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ

Tezcan Y., (1970), "Sıcak yapı elemanlarının kondansasyon kontrolü hesaplarında kullanılacak dış sınır şartları ve periyotların belirlenmesi için yeni bir metod", Doktora Tezi, İTÜ

Topay, M., Yılmaz, B., (2004), "Biyoklimatik Konfora Sahip Alanların Belirlenmesinde CBS'den Yararlanma Olanakları, Muğla Örneği", http://cbs2004.fatih.edu.tr/download/file512.pdf

Turan, O., (1999), "μ faktörü (Buhar Difüzyon Direnç Katsayısı) Kalite Belirleyici Mi Yoksa Yarıma Sayısı Mı?", İzolasyon Dünyası Dergisi, İstanbul, Sayı 17, s.32-34

Ülgen, K., Göksal, T., Özbalta, N., (1999), "Bina Kabuğunu Oluşturan Opak Yapı Malzemelerinin Güneş Enerjisi Karşısındaki Davranışları", Yapı Fiziği Kongresi, Fiziksel Çevre Denetimi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Ülker, İ., (1994), Sağlık Turizmi Kaynaklar Planlama Tanıtım, TC Turizm Bakanlığı Yayını, Ankara

Vadim N., Andrzej L., (2006), "On modelling heat and moisture transfer in sandwich wall and slab structures", Journal of Civil Engineering and management, Vol XII, No 4, p.337–343

Vydra, V., (2007), "Degradation risk assessment of external envelopes: A practical engineering approach", Building and Environment 42, p.344–348

West, R.P., Holmes, N., (2005), "Predicting moisture movement during the drying of concrete floors using finite elements", Construction and Building Materials 19, p.674–681

Woloszyn, M., Rode, C., (2008), "Tools For Performance Simulation Of Heat, Air and Moisture Conditions of Whole Buildings", Build Simul 1: p.5–24

Wyrwal, J., Marynowicz, A., (2002), "Vapour condensation and moisture accumulation in porous building wall", Building and Environment 37, p.313–318

Yang, Y.C., Chang, W.J., (2006), "Simultaneous inverse estimation for boundary heat and moisture fluxes of a double-layer annular cylinder with interface resistance, Applied Mathematics and Computation 176, p.594–608

Yaşar, Y., (1989), "Paralel Yüzeyli Isı Köprüsü İçeren Yapı Elemanında Yüzey Sıcaklıklarının Hesaplanmasında Kullanılabilecek Bir Yöntem", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Trabzon

Yılmaz, R., (2006), "Betonarme Karkas Yapılarda Kolon Ve Kirişlerdeki Isı Kayıplarının Önlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yılmaz, Z., (2005), "Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji", VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir

Younsi, R., Kocaefe, D., Kocaefe, Y., (2006), "Three-dimensional simulation of heat and moisture transfer in wood", Applied Thermal Engineering 26, p.1274–1285

Yücel Dalkıran, M., (2008), "Ahşap İskelet Yapı Sisteminin Isı ve Buhar Geçişi Açısından Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Zeren, L., (1978), "Mimarlıkta Yapma Çevre Tasarımı ve Güneş Enerjisi", Güneş Enerjisi ve Çevre Dizaynı Ulusal Sempozyumu, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul

Zeren, L., ve diğerleri, (1987), "Türkiye'de Yeni Yerleşmeler ve Binalarda Enerji Tasarrufu Amacıyla Bir Mevzuat Modeli'ne İlişkin Çalışma", Araştırma Projesi, İTÜ,Uyg-Ar Merkezi, İstanbul

Zhang, L.Z., (2006), "Investigation of moisture transfer effectiveness through a hydrophilic polymer membrane with a field and laboratory emission cell", International Journal of Heat and Mass Transfer 49, p.1176–1184

Zorer Gedik, G., (2001), "Hazır Dış Duvar Elemanlarının Isısal Konfor Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi" Yalıtım Kongresi, Tmmob Makina Mühendisleri Odası Eskişehir

Zorer Gedik, G., (1999), "Soğuk İklim Bölgesinde yalıtımlı yapı kabuğu kesitlerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi, Erzurum örneği", Tesisat Mühendisliği Dergisi, cilt 1, sayı 51, s.43-47

Zorer Gedik, G., (2010), Yayınlanmamış Lisansüstü Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Fiziği Bilim Dalı

ÖZGEÇMİŞ



Filiz UMAROĞULLARI 1975 yılında İstanbul'da doğdu. 1992 yılında Bakırköy Lisesi'nden mezun oldu. 1992 yılında lisans eğitimine Trakya Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Mimarlık Bölümünde başladı ve 1997 yılında tamamladı. 1997 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 1 yıl özel bir kuruluşta çalıştıktan sonra 1998 yılında Trakya Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 2001 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2005 yılında aynı enstitünün doktora programına başladı. Halen T.Ü. Müh. Mim. Fak. Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalı'nda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Yabancı dili İngilizcedir. Evli ve bir çocuk annesidir.