T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜZEYDEN ISITMA SOĞUTMALI HAZIR DUVAR ELEMANININ ISISAL KONFOR PARAMETRELERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

BURCU PARLAKYILDIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI FİZİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
PROF. DR. GÜLAY ZORER GEDİK

İSTANBUL, 2017

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜZEYDEN ISITMA SOĞUTMALI HAZIR DUVAR ELEMANININ ISISAL KONFOR PARAMETRELERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Burcu PARLAKYILDIZ tarafından hazırlanan tez çalışması 08.03.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Gülay Zorer GEDİK

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Gülay Zorer GEDİK

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Neşe Yüğrük AKDAĞ

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Hatice Sözer

İstanbul Teknik Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Ülkemizde henüz kullanımı yaygın olmayan yüzeyden ısıtma soğutmalı hazır duvar elemanının mimaride yapı kabuğu elemanı olarak geliştirilmesi ve ısıl konfor parametrelerinin deneysel olarak incelenerek, sonuçları değerlendirilmesi bu tezin kapsamını oluşturmaktadır. Sistemin, farklı dış ortam ve vana giriş suyu sıcakları için, Testo 480 termal konfor ölçüm cihazıyla, ortamın PMV ve PPD değerleri elde edilerek konfor analizleri yapılmıştır.

Tez çalışmam süresince değerli zamanını ve bilgi birikimini benden esirgemeyen ve büyük emeği geçen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Gülay Zorer GEDİK'e teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım boyunca bana yardımcı olan sevgili eşim Tevfik Lider PARLAKYILDIZ, annem Hanife İBAŞ, babam Ahmet İBAŞ, ihtiyaç duyduğum her an yanımda olan sevgili kayınvalidem Necla PARLAKYILDIZ ve kayınpederim Ali İhsan PARLAKYILDIZ'a ve tez yazım sürecimde büyük sabır gösteren biricik kızım Bilge Ayza PARLAKYILDIZ ve canım oğlum Uras Batu PARLAKYILDIZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2017

Burcu PARLAKYILDIZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vi

KISALTMA LİSTESİ vii

ŞEKİL LİSTESİ viii

ÇİZELGE LİSTESİ x

ÖZET xi

ABSTRACT xiii

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 2
1.2 Tezin Amacı 8
1.3 Hipotez 9

BÖLÜM 2

ISISAL KONFOR PARAMETRELERİ 10

2.1 Isısal Konforu Etkileyen Parametreler 11
2.1.1 Kişisel Etmenler 11
2.1.1.1 Aktivite Düzeyi 12
2.1.1.2 Kıyafetlerin Isıl Direnci 12
2.1.2 Çevresel Etmenler 13
2.1.2.1 Havanın Sıcaklığı 15
2.1.2.2 Ortalama Işınımsal Sıcaklık 15
2.1.2.3 Havanın Nemi 16
2.1.2.4 Hava Akış Hızı 16
2.2 Fanger Isısal Konfor Modeli 16
2.3 Isısal Konforla İlgili Standartlar 19
2.4 Bölgesel Konforsuzluk 20
2.4.1 Hava Akımı 20

2.4.2 Işınım Sıcaklığı Asimetrisi 21
2.4.3 Düşey Hava Sıcaklığı Farkları 22
2.4.4 Konforsuz Döşeme Sıcaklığı 23

BÖLÜM 3

GÜNÜMÜZDE KULLANILAN HAZIR DUVAR ELEMANLARI VE YÜZEYDEN ISITMA-SOĞUTMALI HAZIR DUVAR ELEMANI 24

3.1 Hazır Duvar Elemanları 24
3.1.1 Malzeme Seçimi 25
3.1.1.1 Alçı Levhalar 25
3.1.1.2 Fibercement Levhalar 26
3.1.1.3 Çimentolu Yonga Levhalar (Betopan) 26
3.1.1.4 Expanded Polistiren Sert Köpük (EPS) 27
3.1.1.5 Taş Yünü 27
3.1.2 Hazır Duvar Elemanlarında Boyutlandırma 27
3.2 Yüzeyden Isıtma-Soğutmalı Hazır Duvar Panelinin Mimari Bir Öğe Olarak Geliştirilmesi 28
3.2.1 Genel Özellikleri 29
3.2.2 Panellerde Malzeme Seçimi ve Boyutlandırma 30
3.2.3 Yüzeyden Isıtma Soğutmalı Hazır Duvar Elemanı Tipleri 31
3.2.3.1 İç Duvar 31
3.2.3.2 Dış Duvar 33
3.2.4 Panel Bağlantı ve Birleşim Detayları 35
3.2.4.1 İç Duvar Panelleri Birleşim Detayı 35
3.2.4.2 İç Duvar Paneli Yapı İskeletine Bağlantı Detayı 36
3.2.4.3 Dış Duvar Panelleri Birleşim Detayı 37
3.2.4.4 Dış Duvar Paneli Yapı İskeletine Bağlantı Detayı 38
3.2.4.5 Panellerin Tavan ve Döşemeye Yardımcı Elemanlarla Montajı 39
3.2.4.6 Kapı ve Pencere Üstü Panellerin Bağlantısına İlişkin Detaylar 40

BÖLÜM 4

DENEYSEL ÇALIŞMA 42

4.1 Deneylerde Kullanılan Cihaz 41
4.2 Deneyin Yapıldığı Ortam 42
4.3 Deneyin Yapılışı 46
4.4 Ölçmelerin Değerlendirilmesi 47

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME 62

KAYNAKLAR 66

ÖZGEÇMİŞ 68

SİMGE LİSTESİ

s	Ayrı yüzey alanları
T	Her yüzeyin sıcaklığı
S	Toplam yüzey alanı
M	Metabolik oran [W/m2]
W	Etken mekanik güç [W/m2]
I_{cl}	Kıyafet izolasyonu [m2.K/W]
f_{cl}	Kıyafet yüzey alan faktörü
t_a	Hava sıcaklığı [ºC]
T_r	Ortalama radyan (yansıyan) sıcaklık [ºC]
v_{ar}	Bağıl hava hızı [m/s]
p_a	Su buharı kısmi basıncı [Pa]
h	Konvektif ısı transfer katsayısı [W/(m2.K)]
T_{cl}	Kıyafet yüzeyinin yarattığı sıcaklık [ºC]
T_{al}	Yerel hava sıcaklığı, (°C)
V_{al}	Yerel hava hızı, m/s,
Tu	Türbülans yoğunluğu
ΔT_{pr}	Radyant sıcaklık asimetrisi

KISALTMA LİSTESİ

B	Buharlaşma yoluyla kaybedilen ısı
DR	Hava akımı oranı
EPS	Expanded Polistren Sert Köpük
I	Işınım yoluyla kazanılan ya da kaybedilen ısı
İ	İletim yoluyla kazanılan ya da kaybedilen ısı
M	Metabolik faaliyetler sonucu açığa çıkan enerji
OIS	Ortalama ışınımsal sıcaklık
PD	Memnuniyetsizlik oranı
PMV	Tahmini ortalama oy (Predicted Mean Vote)
PPD	Tahmini konforsuzluk yüzdesi (Predicted Percentage of Dissatisfied)
S	Solunum yoluyla kaybedilen ısı
T	Taşınım yoluyla kazanılan ya da kaybedilen ısı

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 PMV değerine bağlı olarak PPD değeri 18
Şekil 2.2 Ortalama hava hızından kaynaklanan konforsuzluk durumu 21
Şekil 2.3 Radyant asimetriden kaynaklanan konforsuzluk durumu 21
Şekil 2.4 Baş ile ayak bileği arasındaki sıcaklık farkına göre memnuniyetsizlik yüzdesi..... 23
Şekil 2.5 Zemin yüzey sıcaklığına göre memnuniyetsizlik yüzdeleri 23
Şekil 3.1 İç duvar paneli kesit 29
Şekil 3.2 120x280(300)x9 cm'lik İç Duvar Paneli 32
Şekil 3.3 Tamamlayıcı iç duvar paneli..... 33
Şekil 3.4 120x280(300)x12 cm'lik Dış Duvar Paneli 34
Şekil 3.5 140x90x12 cm'lik Dış Duvar Pencere Altı Paneli 35
Şekil 3.6 İç Duvar Panel Detayı 36
Şekil 3.7 Tavan ve Döşeme Bağlantı Detayı..... 36
Şekil 3.8 Dış Duvar Panelleri Birleşim Detayı..... 37
Şekil 3.9 Döşeme Bağlantı Detayı..... 37
Şekil 3.10 Tavan ve Döşeme Bağlantı Detayı 38
Şekil 3.11 Panellerin tavana, döşemeye ve birbirine bağlantısı..... 39
Şekil 3.12 Duvar paneli-pencere detayına ilişkin detaylar..... 40
Şekil 4.1 Testo 480 ölçüm cihazı..... 41
Şekil 4.2 Probları bağlanmış ve çalışır durumda cihazın fotoğrafları 42
Şekil 4.3 Test odasının Kesiti..... 43
Şekil 4.4 Test odasının planı 43
Şekil 4.5 Test Odasına Ait 3B Modeller 44
Şekil 4.6 Kullanılan panelin teknik resmi..... 45
Şekil 4.7 Test odası ölçüm noktaları 47
Şekil 4.8 A noktası, -3°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri..... 48
Şekil 4.9 A noktası, 5°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri..... 48
Şekil 4.10 B noktası, -3°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri..... 49
Şekil 4 11 B noktası, 5°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri 49
Şekil 4.12 C noktası, -3°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri..... 50
Şekil 4.13 C noktası, 5°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri..... 50
Şekil 4.14 D noktası, -3°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri..... 51
Şekil 4.15 D noktası, 5°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri..... 51
Şekil 4.16 E noktası, -3°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri..... 52

Şekil 4.17 E noktası, 5°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri 52
Şekil 4.18 E noktası, -3°C dış ortam sıcaklığı, 32°C vana giriş suyu sıcaklığında, sıcaklık-ortalama ışınımsal sıcaklık değişimi (60cm) 53
Şekil 4.19 E noktası,5°C dış ortam sıcaklığı, 32°C vana giriş suyu sıcaklığında, sıcaklık-ortalama ışınımsal sıcaklık değişimi (60cm) 53
Şekil 4.20 A noktası, -3°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri 54
Şekil 4.21 A noktası, 5°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri 54
Şekil 4.22 B noktası, -3°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri 55
Şekil 4.23 B noktası, 5°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri 55
Şekil 4.24 C noktası, -3°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri 56
Şekil 4.25 C noktası, 5°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri 56
Şekil 4.26 D noktası, -3°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri 57
Şekil 4.27 D noktası, 5°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri 57
Şekil 4.28 E noktası, -3°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri 58
Şekil 4.29 E noktası, 5°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV değerleri 58
Şekil 4.30 E noktası, -3°C dış ortam sıcaklığı, 32°C vana giriş suyu sıcaklığında, sıcaklık-ortalama ışınımsal sıcaklık değişimi (60cm) 59
Şekil 4.31 E noktası, 5°C dış ortam sıcaklığı, 32°C vana giriş suyu sıcaklığında, sıcaklık-ortalama ışınımsal sıcaklık değişimi (60cm) 59

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Isıl duyarlılık indeksi 17
Çizelge 2.2 Farklı PMV değerleri için bireysel ısıl his oylarının dağılımı 17
Çizelge 4.1 Test odası duvarlarının ısıl geçirgenlik katsayıları 44
Çizelge 4.2 Dış ortam sıcaklıklarına göre ısısal konfor aralığı ve rejime girme süreleri (32°C vana giriş suyu sıcaklığı) 60
Çizelge 4.3 Dış ortam sıcaklıklarına göre ısısal konfor aralığı ve rejime girme süreleri (40°C vana giriş suyu sıcaklığı) 61

ÖZET

YÜZEYDEN ISITMA SOĞUTMALI HAZIR DUVAR ELEMANININ ISISAL KONFOR PARAMETRELERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Burcu PARLAKYILDIZ

Yapı Fiziği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülay Zorer GEDİK

Yapılarda giderek artan enerji ihtiyacı ve ülkemizdeki enerji ihtiyacının büyük bir kısmının sürdürülemeyen enerji kaynaklarından karşılanıyor oluşu özellikle konutlarda, enerji tüketimini azaltacak daha verimli sistemler geliştirmeyi gerektirmektedir. Türkiye'de harcanan enerjinin yüzde 26'sı konutlarda tüketilmektedir. Konutlarda tüketilen bu enerjinin ise büyük bir kısmını ise ısıtma ve soğutma sistemleri oluşturmaktadır. Bu nedenle, yapı kabuğunda alınacak çeşitli önlemlerin yanı sıra, daha verimli ve ısıl konfor koşullarını sağlayan ısıtma sistemlerine yönelmek, yapılarda enerji yükünü azaltmak açısından önemlidir.

Tez içeriğinde; birinci bölümde; literatür taraması yapılarak, bu alanda yapılan çalışmalar incelenmiş ve elde edilen veriler doğrultusunda tezin amacı, kapsamı ve hipoteze yönelik bilgilere yer verilmiştir.

İkinci bölümde; ısısal konfor parametrelerine ilişkin bilgilerin yanı sıra, ısısal konfor koşullarının belirlenmesine yönelik standartlar ve hesaplama yöntemleri verilmiştir.

Üçüncü bölümde; ülkemizde kullanılan hazır duvar ürünleri ve üretim sürecinde kullanılan malzemeler ile hazır duvar ürünlerinde boyutlandırma parametreleri incelenerek, bir hazır duvar elemanı olan yüzeyden ısıtma soğutmalı hibrid sistemin, mimaride bir yapı kabuğu elemanı olarak tasarımı; malzeme seçimi birleşim detayları ve boyutlandırmasına ilişkin çalışmalar yapılmıştır.

Dördüncü bölümde; deneyin yapıldığı ortam, kullanılan cihazlar ve deney düzeneğine ilişkin detaylı bilgiler anlatılmış, deneylerden elde edilen verilere yer verilmiştir.

Bu çalışmada, Beylikdüzü, Kıraç'ta Mir AR-GE tarafından SAN-TEZ proje kapsamında hazırlanan koşullandırılabilen deney odasında, ülkemiz için çok yeni bir sistem olan yüzeyden ısıtma soğutma sistemli modüler hibrit duvar yapısına ait performans ve konfor analizleri yapılmıştır.

Deneyde, üç farklı dış ortam sıcaklığı (-3°C, 0°C, 5°C) ve her bir sıcaklık için üç farklı vana giriş suyu sıcaklığı (32°C, 35°C, 40°C) için oda içerisinde belirlenen 5 noktadan, 0,2m, 0.6m ve 1,0m yükseklikleri için her 15 dakikada bir alınan ortalama ışınımsal sıcaklık, hava akış hızı, sıcaklık ve nem değerleri ölçülerek toplam 9 farklı durum için konfor analizi yapılmıştır. Yüzeyden ısıtma sisteminin performansı, çalışmaya başladığı andan rejime girdiği duruma kadar olan süreçte elde edilen konfor koşulları üzerinden değerlendirilmiştir.

Beşinci bölümde ise deneylerin sonuçları incelenerek, sistemin performansı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Duvardan ısıtma, Enerji etkin bina, Hazır duvar, Isısal konfor, Radyant panel sistem

ABSTRACT

THERMAL COMFORT ANALYSIS OF READY WALL ELEMENT WITH SURFACE HEATING AND COOLING SYSTEM

Burcu PARLAKYILDIZ

Department of Architecture

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Gülay Zorer GEDİK

Increasing energy needs on the planet and the fact that a large part of our country's energy needs are met by unsustainable energy sources, especially in residential buildings, requires more efficient systems to reduce energy consumption. %26 of the energy consumption is consumed in the houses. Most of the energy consumption in the houses constitutes the heating and cooling systems. For this reason, in addition to the various measures to be taken in the building envelope, it is important to focus on heating systems that provide more efficient and thermal comfort conditions, in order to reduce the energy load on the structures.

In the thesis content; in the first chapter; Literature studies were conducted and the studies conducted in this area were examined and the purpose, scope and hypothesis information of the thesis were given in the direction of the obtained data.

In the second chapter; Information on thermal comfort parameters and standards and calculation methods for determining thermal comfort conditions are given.

In the third chapter; dimensioning parameters of materials used in ready-made wall products used in our country and ready-made wall products are examined. In the direction of the obtained data the design of ready wall element with surface heating and cooling system as a building shell in the architecture, material selection, connection details and dimensioning studies have been proposed.

In the fourth chapter; the test room where the experiment was conducted was introduced. Detailed information about the devices used in the experiment and the

experimental setup are explained and the results obtained from the experiments are given.

In this study, performance and comfort analyzes of a modular hybrid wall structure with surface heating and cooling system, which is a very new system for our country, were made in the conditioned room prepared by MİR-ARGE for 0462.STZ.2013-2 numbered SAN-TEZ project in Beylikdüzü, Kıraç.

The experiment was carried out for three different outdoor temperature (-3°C, 0°C, 5°C) and three different valve inlet water temperatures (32°C, 35°C, 40°C). The average radiative temperature, air flow rate, temperature and humidity values taken every 15 minutes from the height of 0,2m, 0.6m and 1,0m on 5 points. Total of 9 different situations were analyzed for comfort. The performance of the heating system from the surface was evaluated based on the comfort conditions obtained during the period from the start of the operation to the time of entering the regime.

In the fifth section, the performance of the system is evaluated by examining the results of the experiments.

Keywords: Wall heating, Energy efficient building, Ready wall element, Thermal comfort, Radiant panel system

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dünyada enerji kaynaklarının azalıyor oluşu ve yapılarda ihtiyaç duyulan enerji miktarının artması; yapılarda enerji korunumunu arttırırken fiziksel konfor koşullarını sağlayacak sistemler geliştirmeyi zorunlu kılmaktadır. Yapılarda enerji korunumu, yapı kabuğunda alınacak çeşitli önlemlerin yanı sıra enerji tüketimini en az düzeyde tutacak sistemlerin seçimi ile mümkündür.

Günümüzde inşaat sektöründe hızlı inşa edilebilen, ısıl konfor koşullarını sağlayabilecek sistemler tercih edilmektedir. Ülkemizde prefabrik sistemler uzun süredir kullanılıyor olmasına rağmen, tez kapsamında incelenen yüzeyden ısıtma soğutmalı hibrid hazır duvar elemanı hakkında detaylı çalışmalar mevcut değildir. Ülkemiz için çok yeni bir sistem olan bu hazır duvar elemanının mimaride yapı kabuğu elemanı olarak geliştirilmesi ve ısıl performansının kış koşulları için standartlar [2], [3] ve bu konuda yapılan çalışmalar [4] dahilinde belirlenmiş bilgiler doğrultusunda deneysel olarak incelenmesi ve değerlendirilmesi bu tezin içeriğini oluşturmaktadır.

Bu sistemde; tez çalışması kapsamında örneklenen iç duvarlar iki alçıpan levha arasında EPS dolgu şeklindedir. Kullanım alanına göre bir ya da her iki yüzeydeki alçıpan levhaların içerisine gömülmüş olan plastik borulardan düşük sıcaklıkta su geçirilerek, geniş bir yüzeyden ışınım yoluyla ısıtma sağlanır. Dış duvarlarda ise katmanlar içten dışa; alçı levha, EPS, alçı levha, EPS ve Fibercement levha şeklinde seçilmiştir. Dış duvar elemanında ısıtma iç yüzeydeki alçı levha içerisine gömülü borulardan geçen sıcak su ile sağlanmaktadır. Yapı içerisinde tüm yüzeylerden ısıtmaya ihtiyaç duyulmayacağından ısıtma sistemi olmayan yardımcı duvar elemanları da mevcuttur. Paneller tavan ve döşemeye metal profiller yardımıyla, birbirine ise geçmeli olarak bağlanmaktadır.

Bu hazır duvar elemanının bağlantı kolaylığı, yapıların inşa süresini kısaltacağı gibi, fazladan kalıp ve yalıtım maliyetinin olmaması, tuğla ve gazbeton duvarlarda kullanılan dolgu harcı, kaba ve ince sıva gibi gereksinimlerinin olmaması ve ısıtma sistemini üzerinde bulundurması gibi özellikleri nedeniyle tercih edilebilecek bir sistem olması beklenmektedir.

1.1 Literatür Özeti

Literatürde ısıl konfor, hazır dış duvar elemanları ve bina enerji simülasyonlarına yönelik pek çok çalışma mevcuttur.

Gedik çalışmasında [5] hazır beton duvar elemanlar sınıflandırılarak, ısısal konfor açısından incelemiştir. 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.

Yücedağ tez çalışmasında [6] yalıtımlı beton sandviç panel sistemi incelemiş ve Türkiye iklim koşulları üzerinde uygulanabilirliği TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Yönetmeliği'ne göre "konut ölçeğinde" değerlendirmiştir. Bursa ilinde, seçilen örnek konut üzerinde 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.

Cihan yüksek lisans tezinde [7] EPS-Bloklu, çelik donatılı beton taşıyıcı duvarların yaz ve kış dönemlerine ait ısıl performansını, geleneksel yapım sistemleriyle karşılaştırmıştır. Bu duvarın yapım sistemi şu şekildedir; EPS-Blokların arasında kalan boşluğa çelik donatılar yerleştirilerek beton doldurulur. Böylece EPS blok hem kalıp, hem de yalıtım malzemesi görevi görür. Hesaplamalar için, örnek bina olarak; kat yüksekliği 3m olan, 3 kat ve çatıdan oluşan bir ikiz villa kullanılmıştır. EPS-Bloklu çelik donatılı taşıyıcı duvardan oluşan sistem, eş kalınlıkta olan yalıtım ve beton elemanlarından oluşan;

dışarıdan yalıtım, içeriden yalıtım, çift duvar arası yalıtım sistemleriyle 1. 2. 3. 4. DG bölgelerine göre hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda, kış döneminde, 4 bölge için de en iyi sonucu Dışarıdan Yalıtım (DY) uygulamasının verdiği, Çift Duvar Arası Yalıtım (ÇDY) uygulamasının 3. ve 4. DG bölgeleri için yetersiz olduğu, EPS-Blokların 3. ve 4. DG bölgeleri için iyi sonuç vermesine karşın 1. ve 2. bölgeler için diğer uygulamaların altında kaldığı görülmüştür. Yaz dönemine ait detaylı bir hesaplama yapılmamasına rağmen, yalnızca kesit ölçeğinde, ısı tutma kapasiteleri göz önünde bulundurularak yapılan değerlendirmede, olumludan olumsuza şöyle sıralanmıştır; DY, ÇDY-EPS, İY. Bu durumda EPS-bloklu çelik donatılı beton taşıyıcılı duvar sisteminin, dışarıdan yalıtıma alternatif oluşturamadığı ancak inşa hızı, uygulama kolaylığı, fayda/maliyet açısından da incelemek gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Göçer ve Işık makalelerinde [8], eğitim yapılarının hızlı ve kolay inşa edilmesi zorunluluğu nedeniyle, prefabrike sistemlerin eğitim yapıları için uygun olduğunu belirtmektedir. Yapı kabuğunun büyük bir kısmını oluşturan dış duvarların betonarme prefabrike sistemlerle oluşturması durumunda olası sistemlerin duvar tiplerinin problem noktalarının enerji tüketim verilerine bağlı olarak kirletici emisyonların değerlendirilmesi bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Bu çalışmada kullanılacak paneller, genel gruplar ve bu gruplara bağlı alt gruplar olarak ele alınmıştır. Genel gruplar ve alt grupları; cephe düzeni (yatay etki, düşey etki, yatay-düşey etki, düz etki), panel genişliği (geniş-max7.20m-, orta, dar), taşıyıcılık(kendini taşıyan, taşınan, taşıyıcı) şeklindedir. Bu seçenekler doğrultusunda örnek bir bina için, toplam enerji ve doğalgaz tüketimi, ısı köprüsünün olmadığı ideal durum, derzlerde ısı köprüsünün olduğu durum, panellerde ısı köprüsünün olduğu durumlarda hesaplanmıştır. Bu sonuçlara bağlı olarak da yıllık kirletici emisyonları hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda, cephe düzenine, panel genişliğine, ve taşıyıcılığa bağlı olarak oluşturulan seçeneklerin, kirletici emisyonlarının değerlendirilmesinde, bina taşıyıcı sistem elemanlarının tamamen örtüldüğü, ön konumlu, derzlerde ve panellerde ısı yalıtımının kesintisiz olduğu cephe sistemi, ısıtma enerjisi tüketimi en az olduğundan, kirletici emisyon değerleri en düşük sistem olmuştur.

Ervan makalesinde [9], betonarme ile üretilecek panel elemanlarda sekiz farklı bini tipinin uygulanabilirliğini denetlemiştir. Bu sistemler, üretilebilme, yalıtılabilme, aks

sistemine uygunluk, montaj-demontaj uygunluğu, kenetlenebilme ve kenetleme elemanı takılabilme durumlarına göre “yargısal ölçme” yolu ile (1-5 arası rakamlarla puanlanarak) değer düzeyleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda en uygun olan sonucun %71 ile dar-geniş açılı, düz yüzey temaslı bini tipi olduğu, ancak onun da yalıtma ve kenetlenme özellikleri olmadığı görülmüştür. Kademeli ve dişli bini tiplerinden altısı ise %50-60 aralığında kalırken, doğrusal geçmeli bini tipinin %16 uygunlukta olduğu belirlenmiştir.

Gür ve Aygün çalışmalarında [10], yapı kabuğunda ve yapılarda esnekliğin önem kazanması sonucu, değişen yapı kabukları için konfor koşullarını belirlemeye yönelik bir tasarım destek sistemi geliştirilmeyi amaçlamıştır. Öncelikle yapı kabuğunun değişkenlik-esneklik kriteri belirlenir. Hava geçirgenliği, ışık geçirgenliği, enerji kazanımı, değişkenlik, kontrol vb. daha sonra bu değişkenlik kriterlerinin, bileşenin fiziksel değişim ya da bir başka elemanın yerine geçmesi durumlarından hangisi olacağı belirlenir. Bu değişiklikler, bir tablo üzerinde göreceli olarak 0, 1, 2, 3, 4 şeklinde puanlanır. 0 en konforsuz koşulu gösterirken 4 en iyi durumu göstermektedir.Bu yöntem ile yapı kabuğunda meydana gelebilecek potansiyel değişikliklerin kullanıcı konforunu belirlemek açısından, tasarımcıya bir öngörüsü oluşturulmaktadır.

Kaynaklı vd. çalışmalarında [11], İstanbul için 10 yıllık hava verilerini kullanarak, güneş ışınımı ve yapının yönlendiği cephelere göre optimum ısı yalıtım kalınlıkları belirlemiştir. Yönlere göre güneşin geliş açıları ve bu açılara göre güneş ışınımı bulunarak güneş hava sıcaklığı belirlenmiştir. Böylece güneşin yönlere göre ısıtma ihtiyacına etkisi belirlenmiştir. Bina kabuğunun U değeri ve binanın toplam ısıtma ihtiyacına göre ısı yalıtım kalınlıkları değerlendirilmiş ve ısı yalıtım kalınlığı arttıkça ısı kaybının azaldığı ancak yalıtım maliyetinin arttığı görülmüştür. yapım ve kullanım maliyeti dikkate alınarak bu ikisinin minimum olduğu durumlara göre optimum yalıtım kalınlıkları belirlenmiştir. Buna göre yatay yüzey için 6.1cm, doğu-batı yönleri için yaklaşık 4,8cm, kuzey için 5.2cm, güney için 4.3cm olarak belirlenmiştir.

Bostancıoğlu çalışmasında [12], 5 katlı, her katında 4 daire(100m²) bulunan, kat yüksekliği 2,70m olan bir konut binasının, “TS 825 Isı Yalıtım Hesabı” programı ile, çatı ve duvarlarda kullanılabilecek malzeme seçenekleri ile oluşturulan farklı bina alternatiflerine ait yıllık ısıtma enerjisi ve yapım maliyetlerini hesaplayarak optimum

değerleri araştırmıştır. Çalışma sonucunda tuğla duvarda hem XPS hem de EPS için optimum yalıtım kalınlığı 5cm olarak belirlenmiş, yalıtım kalınlığını daha da arttırmanın, yakıt tasarrufundaki artışa oranla yapım maliyetlerinde daha hızlı bir artışa neden olduğu görülmüştür. yapının yüksekliği arttıkça yapı yüzeyinin artması nedeniyle, duvardan yapılan yalıtımın çatıya oranla daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Çalıkıran yüksek lisans tezinde[13], duvardan ısıtmada kullanılan bir sulu radyant panelin ısı transfer özellikleri incelenmiş ve kanatlı yüzey görevi gören alüminyum folyonun farklı kalınlıkları için (0.1, 0.3, 0.5, 0,7mm) farklı boru aralıklarına (5 – 10 – 15 – 20 cm) ve farklı su giriş sıcaklıklarına göre (30 – 35 – 40 derece) ANSYS FLUENT programında hesaplamalar yapılarak optimum değerler araştırılmıştır. Folyo kalınlığının maliyete etkisi ve ısı kazanımı açısından karşılaştırma yapılarak, folyo kalınlığının artmasının panel ısı transferi üzerinde boru aralıkları arttıkça daha etkili olduğunu ve folyo kalınlığı arttıkça panel yüzeyinde sıcaklık dağılımının daha üniform bir hal aldığı görülmüştür. Fakat buna karşın maliyet analizine göre folyo kalınlığının artırılmasının getirdiği maliyet artışının ısı akısındaki artıştan daha yüksek olduğu görülmüştür.

Atılgan ve Ekici makalesinde [14], Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde bulunan, güneş enerjisi destekli döşemeden ve radyatörden ısıtılabilen bir ofisin Fanger yöntemi kullanılarak döşemeden ve radyatörden ısıtılma durumlarının kıyaslamasını yapmıştır. Çalışılan ortamda güneş enerjisine destek olarak elektrikli ek ısıtıcı da kullanılmıştır. Çalışma alanı 55x55cm'lik hücrelere bölünmüş,her hücre için yerden 0.2m, 0.6m ve 1.0 m yüksekliklerine ait hava sıcaklığı ve ortalama ışıma sıcaklıkları döşemeden ısıtma ve radyatör seçenekleri için ayrı ayrı ölçülmüş bu ölçümlerden elde edilen veriler doğrultusunda PMV ve PPD değerlerine ulaşılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda döşemeden ısıtmanın daha homojen bir ısıl konfor ortamı sağladığı, radyatörden ısıtmada ise radyatöre yakın kısımlarda PMV değerlerinin daha yüksek çıktığı görülmüştür.

Ekici çalışmasında [15], güneş enerjisi kullanılarak, radyatör ve döşemeden ısıtma sistemlerinin ısıl konfor açısından karşılaştırılmasını yapmıştır. Deneysel çalışmada, güneş enerjisi desteği ile, radyatör ve döşemeden ısıtılan bir ortamın Fanger yöntemi ile konfor analizi yapılmıştır. Çalışma alanı Gazi Üniversitesi Mimarlık-Mühendislik

Fakültesi 2. Katıdır. Ölçümleri, sadece radyatör açıkken, hem döşemeden ısıtma, hem radyatör açıkken ayrı ayrı yapılmıştır. Yapılan çalışmada, ortamın sıcaklığını, nemini, yüzey sıcaklıklarını, ışıma sıcaklıklarını ölçmek amacıyla çeşitli cihazlar kullanılmıştır. Bu ölçümlerden bazıları Dali_08 adlı programda toplanarak çeşitli uzaklıklar için ışıma sıcaklıklarının belirlenmesi sağlanmıştır. PLW Recorder nem ile ilgili bilgilerin toplandığı programdır. Cowfort Beta 1.0 ise, Can Ekici tarafından yazılmış olup, nemin, aktivite seviyesinin, giysi ısıl değerlerinin ve her yükseklik için sıcaklık ışıma sıcaklığı, hava hızı değerlerinin girilmesiyle PMV, PPD ve giysi yüzey sıcaklıklarını hesaplamaktadır. Aralık, Ocak ve Şubat aylarında belirli günler için elde edilen veriler 3 durum için dış ortam sıcaklıkları ve kişilerin giysi değerlerine göre hesaplanmış ve grafikler halinde gösterilmiştir. 0.2 m , 0.6 m , 1.0 m için ortalama PMV ve PPD değerleri belirtilmiştir. Tüm bu ayrıntılı veriler sonucunda radyatörün açık olduğu durumlarda radyatöre yakın yerlerde PMV değeri yüksek çıkarken, yalnızca döşemeden ısıtma durumunda daha homojen bir ısıl konfor çevresi yarattığı görülmüştür. Bu çalışma bizim sistemimiz ile benzer bir düzenek üzerinden yürütülmüştür.

Abdülkarem yüksek lisans tezinde [16], Ankara'da 630x370 cm boyutlarındaki bir odanın güneş enerjisi ile döşemeden ısıtılması durumunda Fanger yöntemi ile konfor analizini yapmıştır. Çalışma alanı 55x55cm'lik alanlara bölünmüş, bu alanların her birinin ortasından, 0,2m, 0,6m, 1,0m için hava hızı, nem, sıcaklık ve ışıma sıcaklığı değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümler Labview programı ile dijital dataya dönüştürülmüş, FORTRAN dilinde bir bilgisayar programı yapılarak, giysi değerleri ve aktivite düzeyine göre PMVve PPD değerlerine ulaşılır. Yerden ısıtmada -12°C dış hava sıcaklığı için 50°C giriş suyu sıcaklığı alınmıştır. Hava hızının her hücre için 0,1m/s'nin altında olduğu görülmüştür. Sonuç olarak döşemeden ısıtmanın homojen bir ısı dağılımını sağladığı PMV değerlerinin sıfıra yaklaştığı ve sıfıra en yakın değerlerin ince giysi olduğu durumda sağlandığı görülmüştür.

Başkal yüksek lisans tezinde [17], toprak kaynaklı ısı pompasının duvardan ısıtma ve soğutmalı durumunun etkinliğini değerlendirmektedir. Duvardan ısıtma ve soğutmalı dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası sistemini oluşturan alt sistemlerin toprak altı devresi, ısı pompası ve cihazı, duvar panellerini ayrı ayrı kütle ve enerji analizleri yapılmıştır. Uygulama YTÜ Davutpaşa kampüsünde kurulmuş olan, Yıldız yenilenebilir

enerji evinde yapılmıştır. Yapı 2 katlı, 46 m2 taban alanına sahip 2 katta toplam 4 oda ve giriş holünden oluşmuş olup makine dairesi olarak tasarlanan oda hariç diğer 3 odanın duvarlarına ısıtma/soğutma akışkanının dolaştığı serpantinler yerleştirilmiş ve üzeri sıvanmıştır. Test odasında yapılan ölçümler sonucu, ısıtma döneminde, odaya yayılan enerji 1,041kw olarak hesaplanarak; ihtiyacı karşıladığı görülmüştür. Bunun için harcanan enerjinin yalnızca %25'i elektrik enerjisidir. Soğutmada ise; %18,5'inin elektrik enerjisi olarak kullanılırken, elde edilen 0,593 kw değeri test odası için hesaplanan değeri karşılamamaktadır. Ancak test odasının gerçek ısı kazanç değeri hesaplandığında bulunan değerin test odasının yükünü karşıladığı görülmüştür.

Adana vd. çalışmalarında [18], University of Cordoba ' daki test odasında havalandırma ile birlikte ve bağımsız çalıştığı şartlar için tavandan ve yerden radyant sistemlerdeki termal konforu incelemişlerdir. Test odasını bir çalışma ofisi olarak tasarlamış ve test odası içerisine termal manken ile 4 bilgisayar koymuşlardır. Testler sonucunda birleşik radyant sistemlerin sadece hava sistemlerine göre daha düşük PPD değerlerine ulaşılmıştır. Ayrıca birleşik tavandan radyant sistemde birleşik yerden sisteme göre daha düşük PPD değerleri görülmüştür.

Nagano ve Mochida çalışmalarında [19], uzanma pozisyonundaki deneklerle tavandan radyant soğutma sistemlerini toplam 28 deney yaparak incelemişlerdir. Edindikleri sonuçlar hastane odaları ve yatak odalarının tasarımı konusunda önem teşkil etmektedir.

Myhren ve Holmberg [20], ısıl konfor ve enerji tüketimini incelemek amacıyla 4.8m x 2.4m x 2.7m boyutlarında bir oda modeli üzerinde sayısal ve bu sayısal analizi doğrulamak için deneysel çalışma yapmışlardır. Deneysel çalışmada dış hava sıcaklığı İsveç koşullarına göre Aralık-Mart arası dönem ortalaması olan -5°C alınmıştır. Odanın ısıtılması yüksek sıcaklık (YS, 90-70°C) ve orta sıcaklıkta (OS, 55-35°C) ısıtma ünitesi olarak radyatör, çok düşük sıcaklıkta (35-25°C) ısıtma ünitesi olarak ise duvardan ve yerden radyant paneller kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada ele alınan oda bir ofis ortamı olarak düşünülmüş ve taze hava ihtiyacının karşılanmasına yönelik olarak pencere etrafına doğrudan dış hava beslemesi yapan havalandırma menfezleri yerleştirilmiştir.

Miriel vd. [21], tavandan soğutma uygulamasında kullanılan radyant panellerin enerji performanslarının incelenmesi ile ilgili Fransa'da iki kış ve bir yaz mevsimi boyunca deneysel çalışma gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak iyi yalıtılmış binalarda tavana yerleştirilmiş sulu radyant panellerin ısıtma ve soğutmada kullanılabileceği görülmüştür. Radyant panellerinin kapasitesi sınırlı olduğundan şartlandırılacak mahalin ısıtma ve soğutma yükü düşük olmalıdır. Çalışmanın yürütüldüğü Fransa şartları, yoğuşmayı önlemek için panel yüzey sıcaklığının minimum 17°C'de tutulmak zorunda olması nedeniyle karasal bölgelere göre radyant soğutma uygulaması için daha az uygundur.

Örkmez yüksek lisans tezinde [22], üretilen tek ve çift kabuk cephe sistemleri için ısıl konfor koşullarına ilişkin değerlendirme parametreleri belirlenmiştir. Üretilen seçenekler bilgisayar ile benzetim yöntemine tabi tutularak, iç ortam ısıl konfor düzeyinin belirlenmesinde kullanılacak parametrelere ilişkin değerler hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar tek ve çift kabuk cephe sistem bileşenlerinin iç ortam ısıl konfor düzeyine olan etkilerinin karşılaştırılmasına yönelik olarak değerlendirilmiştir.

Literatür taraması göstermektedir ki, hazır duvar elemanlarının performans ve uygulamasına yönelik, ısısal konfor koşullarının incelenmesi ve enerjinin etkin kullanılması üzerine literatürde pek çok çalışma vardır. Yüzeyden ısıtma soğutmalı paneller üzerine de bazı çalışmalar olmasına rağmen yüzeyden ısıtma soğutmalı hazır duvar elemanının performansına yönelik çalışmalar yoktur. Bu nedenle üzerinde çalışılmaya değer bir sistemdir.

1.2 Tezin Amacı

Ülkemizde kullanılan ısıtma sistemleri genellikle küçük yüzey alanından (radyatör, soba vs.) yüksek sıcaklıkla ısıtma şeklindedir. Bu durum kişilerin bir yüzeylerinin fazla ısınmasına neden olduğundan, ortam konfor koşulları açısından tercih edilmeyen bir durumdur. Ancak yüzeyden ısıtma sistemlerinde daha düşük sıcaklıklarla ısıtmanın yapılması enerji tüketimini azaltacağı gibi, ortamın konfor koşullarını daha iyi sağlaması beklenmektedir.

Yeni bir sistem olan yüzeyden ısıtma-soğutmalı hibrid hazır duvar sistem ise düşük sıcaklıkla ortamın daha homojen bir şekilde ısıtılmasını sağlamaktadır. Düşük sıcaklıkla

çalışan bir sistem olması ısı pompası, güneş enerjili su ısıtma sistemleri gibi sürdürülebilir enerji kaynaklarından yararlanma olanağını arttıracağından, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltması, fosil yakıt kullanılması durumunda ise enerji tasarrufu sağlaması beklenmektedir. Ancak literatürde bu sistemin ısısal performansı ve enerji tüketimine yönelik çalışmalar bulunmamaktadır.

Bu çalışma kapsamında yüzeyden ısıtma soğutmalı hazır duvar sisteminin yapı kabuğu olarak geliştirilmesi, ısısal konfor performansına yönelik deneysel analizler yapılması ve sistemin olumlu ve olumsuz yanlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Hazır duvar radyant panel sisteminin daha düşük sıcaklıkla, ışınım yoluyla homojen bir ısıl ortam sağlayacağı ve dolayısıyla, ısısal konfor koşulları açısından yüksek performans sağlayacağı öngörülmektedir.

BÖLÜM 2

ISISAL KONFOR PARAMETRELERİ

Tasarımcılar açısından günümüzde, zamanının çoğunluğunu yapma çevrede geçiren kullanıcılara, içinde bulunduğu ortamın konfor koşullarını sağlamak büyük önem taşımaktadır. Kişinin, kendisini içinde bulunduğu ortamda konforda hissetmesi, iç ortam hava kalitesi, koku, gürültü düzeyi, havanın ısıl değerleri gibi pek çok parametreye bağlıdır. Ancak yapılan çalışmalar ve oluşturulan standartlarda, ortam konfor koşullarını belirlenmesinde, daha çok ısıl konfor parametreleri dikkate alınmaktadır.

Isısal konfor, genel anlamıyla kişinin, bulunduğu ortamda hissettiği ısıl memnuniyet durumudur. Bu durum, kişiden kişiye değişen ve psikolojik ve fizyolojik pek çok etmenden etkilenen sağlanması güç bir durumdur. Kişilerin yaş, cinsiyet, metabolizma, etkinlik durumu, kıyafet tercihleri gibi farklılıkları nedeniyle herkesi tatmin edecek bir ısıl çevrenin belirlenmesi mümkün değildir. Bu nedenle ısısal konfor ortamını sağlamayı amaçlayan standartlarca hacim içerisinde yaşayanların bir kısmı daima bulundukları ortamdan tatmin olmamış olarak kabul edilir ve belli bir yüzdedeki insan grubu için kabul edilebilir olduğu öngörülen bir ortam tanımlanabilir. ISO 7730 standardında uygun konfor şartlarının, kapalı hacim içerisinde yaşayanların yüzde sekseni, ASHRAE Standart 55-92'de ise yüzde doksanı tarafından kabul edildiği öngörüsüyle belirlendiği belirtilmektedir.

2.1 Isısal Konforu Etkileyen Parametreler

Isısal konforu etkileyen parametreler; çevresel ve kişisel parametreler ile bunların dışında ölçülmesi ve değerlendirilmesi güç diğer parametrelerdir [2], [3].

Kişisel etmenler;

- Kişilerin aktivite düzeyi,
- Giysilerin ısı yalıtım değerleridir.

Çevresel etmenler ise;

- Havanın sıcaklığı,
- Ortalama ışınımsal sıcaklık (OIS),
- Havanın nemi,
- Hava akış hızıdır.

Bu parametrelerin dışında değerlendirmeye alınması güç parametreler de vardır, bunlar; Ulusal coğrafik konum, yaş, cinsiyet, vücut yapısı, etnik yapı, menstrual döngü, tüketilen yiyecek cinsi, kalp ritmi, ısıl değerde değişiklikler, ortamda kullanılan renkler, kullanıcı sayısı, hava basıncı şeklindedir [2].

Isı öğesini, diğer fiziki ortam öğelerinden ayıran çok önemli bir etmen, insan vücudunun da etkinlik düzeyine göre sürekli ısı üretmesidir. İnsan vücudu çevresiyle sürekli bir enerji alış verişi halindedir. Kişinin kendisini konforda hissetmesi için vücut ısı girdisi ve çıktısının dengede olması gerekir.

2.1.1 Kişisel Etmenler

İnsan vücudu dışarıdan aldığı besin ve oksijen ile enerji üreterek durmadan çalışan bir sistemdir. İnsan vücudunun ürettiği ve tükettiği enerji miktarı, kişinin yaş, cinsiyet, aktivite düzeyi gibi pek çok parametreden etkilenmektedir.

Bu ısı üretimi, bazal metabolizma ve kassal metabolizma olarak ikiye ayrılır. Bazal metabolizma; istem dışı, herhangi bir hareketin olmadığı dinlenme durumunda kan dolaşımı, solunum, salgılar, hücre etkinlikleri vb. sonucu her an üretilen ısıdır. Bazal metabolik hız olarak adlandırılır.

Metabolik hız yaşlı insanlarda düşük olur, erkelerde ise kadınlara oranla biraz yüksektir. Ortalama bir erkek (30 yaş, 70 kg ve 1.73m. boy, vücut yüzey alanı 1.8 m2) için 84W'dır. Yani vücut yiyeceklerin kimyasal enerjisini (kişi aç ise vücut yağını) 84 J/s hızla ısıya çevirir ve sonra çevreye yayar.

Kassal metabolizma ise etkinlik (çalışma) düzeyine bağlı olarak kasların ürettiği ısıdır. Etkinlik düzeyine bağlı olarak metabolik hız artar, etkin bir spor yapan kişinin bazal metabolik hızının on katını aşabilir. Ortalama bir erkek kitap okurken, ders dinlerken 108 W kadar bir hızla ısı üretir. Ortalama bir erkeğin maksimum metabolik hızı 20 yaşında 1250 W, 70 yaşında 730 W dolaylarındadır [23].

2.1.1.1 Aktivite Düzeyi

Aktivite düzeyi, insan vücudunun alınan yiyecekleri yakarak birim zamanda ürettiği ve metabolizma düzeyi olarak adlandırılan enerji miktarını etkileyen bir değişkendir. Metabolizma düzeyi insanın yaptığı eylem türü ile yani aktivite seviyesi ile doğrudan ilişkilidir. Fanger'in yaptığı çalışmalar sonucunda W/m2 olarak verilen bu değişken, bazı kaynaklarda met birimi ile de ifade edilmektedir. Farklı eylem türlerine göre aktivite seviyelerinin aldığı değerler değişkenlik gösterir. Isısal konfor insanın çevresiyle yaptığı ısı alışverişi miktarının bir fonksiyonu olduğuna göre, aktivite düzeyi ısısal konforu etkileyen önemli değişkenlerden birisidir. Oturma ve dinlenme durumları için kabul edilen metabolik faaliyet değeri 1 mettir (1 met = 58.15 W/m^2) [24].

2.1.1.2 Kıyafetlerin Isıl Direnci

Giysilerin farklı yalıtım değerlerine sahip olması nedeniyle, farklı giysi türleri için insanların çevresiyle olan ısı transferi farklılık gösterir. Bu nedenle ısısal konfor koşullarının belirlenmesinde aktivite düzeyinin olduğu gibi giysi türlerinin yani giysilerin ısı yalıtım değerlerinin bilinmesi gerekir. Giysilerin ısı yalıtım direnci genellikle clo birimi ile ifade edilmektedir. Kıyafetlerin izolasyon değerleri, kış için 1 clo kabul edilirken, yaz koşulları için 0,5 clo kabul edilmektedir (1 clo = 0.155 $W/m^2 \cdot K$) [2].

2.1.2 Çevresel Etmenler

İnsanlar içerisinde bulundukları ortamla sürekli bir etkileşim halindedir. İnsanların fizyolojik olarak ısısal konforda olabilmesi için vücut iç sıcaklığının 36.8 °C yaklaşık 37°C ve değişmez olması gereklidir. Vücut yüzeyini örten derinin ortalama sıcaklığının 31-34°C olması konforu oluşturur [2]. İnsan vücudu değişen çevre koşullarına ve metabolik faaliyetlerde meydana gelen değişimlere karşı, vücut iç ısısını dengeleyen düzenleyici bir sisteme sahiptir. Kişinin kendini konforda hissetmesi ve konfor koşullarının devamlılığının sağlanabilmesi için vücut ısı girdi ve çıktıları arasında bir denge olmalıdır. Doğada enerji sürekli bir dönüşüm halindedir, bu dönüşüm esnasında enerji, çok olan yerden az olana doğru bir akış halindedir. İnsan vücudu da onu saran hava ve ortam ile ısı alışverişi yapar. Bu ısı dönüşümü şu yollarla gerçekleşir;

- Işınım (Radyasyon)
- Taşınım (Konveksiyon)
- İletim (Kondüksiyon)
- Buharlaşma (Faz değişimi)

Işınım (Radyasyon): Işınım, boşlukta elektromanyetik dalgalarla ısının hareketi olarak tanımlanabilir. Her cisim kendi üst yüzey moleküllerinde bulunan titreşim nedeniyle bir yönde kalıcı bir ısı enerjisi yayar. Çok yüksek sıcaklıkta yayılan kısa dalga boylu ışınlar, çok düşük enerji seviyesi olan termik ışın ve ısı oluşumuna neden olur. Bu olay ışının dalga boyu ile birlikte cismin üst yüzey sıcaklığına da bağlıdır. Güneş ışınlarının bize ulaşması tipik bir radyasyon örneğidir. Ayrıca, bir yapı elemanının iç yüzeyi ile onu saran iç ortam havası arasındaki sıcaklık farkı fazla ise, sıcaklığı yüksek olan maddeden düşük olan maddeye doğru radyasyon yoluyla ısı akışı gerçekleşir ve bu da yapı elemanında soğuma veya sıcaklık artışıyla sonuçlanabilir [25].

Taşınım (Konveksiyon): Sıvı ve hava gibi akışkan ortamlarda, ısının moleküllerle taşınması olayına taşınım denir. Sıcak yüzeyle temas halindeki hava ısınarak yükselir ve ortamda bir hava devinimi meydana gelir. Bu yer değiştirme esnasında, ısınmış olan moleküller daha soğuk bir yüzeyle karşılaştığında bu yüzeylere ısı verir. Moleküllerin sıcak yüzeylerden aldığı ısıyı farkı yüzeylere taşımasına taşınım denir.

İletim (Kondüksiyon): Maddelerde taneciklerin ısınarak titreşiminin artması sonucunda yakınında bulunan tanecikleri de etkileyerek titreşiminin artmasına neden olmasına iletim denir. İletim genellikle taneciklerinin yakın olması nedeniyle katı maddelerde meydana gelir.

Buharlaşma (Faz değişimi) ve Solunum: Maddenin fiziksel olarak hal değiştirmesi durumunda, ısı enerjisi açığa çıkarmasıdır. Deri yüzeyinden terleme ile ısı kaybedilmesi, bu enerji dönüşüm yoluna örnek gösterilebilir. Bulunulan ortamın soğuk olması durumunda solunum yoluyla ısı kaybı yaşanır.

İnsan vücudu bu enerji dönüşüm yollarıyla ısı kazanır ya da kaybeder. Bulunulan ortamın konforlu hissedilmesi için ısı girdileri ve ısı çıktılarının eşit olması gerekir.

(ısı girdileri) $+ M + İ + T + I = - İ - T - I - B - S$ (ısı çıktıları) (2.1)

M: Metabolik faaliyetler sonucu açığa çıkan enerji

İ: İletim yoluyla kazanılan ya da kaybedilen ısı

T: Taşınım yoluyla kazanılan ya da kaybedilen ısı

I: Işınım yoluyla kazanılan ya da kaybedilen ısı

B: Buharlaşma yoluyla kaybedilen ısı

S: Solunum yoluyla kaybedilen ısı

Vücut bulunduğu çevre ile ne kadar kolay enerji dengesini kurabiliyorsa, yani fizyolojik denetim mekanizmaları ne kadar az devreye giriyorsa, bulunduğu ortamı o denli konforlu hisseder. Dış hava koşullarını bir başka deyişle iklimi oluşturan öğeler;

- Havanın sıcaklığı,
- Ortalama ışınımsal sıcaklık,
- Havanın nemi

•Hava akış hızı

kişinin yapı kabuğu ile olan ısı alış-verişinde önemli rol oynar.

2.1.2.1 Havanın Sıcaklığı

Havanın sıcaklığı, kuru termometre ile ölçülen sıcaklık değeridir. İnsanın çevresiyle olan ısı alışverişini etkileyen önemli bir değişkendir. İnsan vücudu diğer tüm cisimlerde olduğu gibi kendisini saran hava ile sıcaklık değeri eşitleninceye kadar ısı alışverişinde bulunur. Kişilerin farklı dış hava sıcaklıklarında kendilerini konforlu hissetmeleri mümkündür. Bu nedenle konfor koşullarını belirlemede havanın sıcaklığı tek ölçüt olarak ele alınmaz.

2.1.2.2 Ortalama Işınımsal Sıcaklık

İçinde bulunduğumuz yapı kabuğu yüzey sıcaklıkları birbirinden farklı olan öğelerden oluşur. Tavan, döşeme, duvarlar, cam yüzeyler oldukça farklı yüzey sıcaklıklarına sahip olabilir. Kişi içinde bulunduğu ortamda, kendisini saran yapı kabuğuyla ışınım yoluyla ısı alışverişi halindedir. Bu yüzeylerin çok sıcak ya da çok soğuk olması insanlarda konforsuzluk hissi yaratır. Bu nedenle insanı çevreleyen yapı kabuğunu oluşturan yüzeylerin sıcaklıklarının birbirine yakın olması gerekir.

Ortalama ışınımsal sıcaklık, insan ve onu saran yapı kabuğu arasında ışınım (radyasyon) yoluyla oluşan ısı transferini belirlemek üzere çevre yüzeylerin sıcaklıklarının birleşik etkisini ifade eden bir sıcaklıktır [2].

Ortalama ışınımsal sıcaklığın (OIS) belirlenebilmesi için, her bir yüzeyin alanının o yüzeyin sıcaklığı ile çarpımının, toplam yüzey alanına bölünmesiyle elde edilir.

$$OIS = \sum s.t / S \quad (2.2)$$

s:ayrı yüzey alanları

t : her yüzeyin sıcaklığı

S: toplam yüzey alanı

Bu formülden elde edilen ortalama ışınımsal sıcaklık, tek bir değer vermektedir, aynı ortamda farklı noktalarda bulunan kişiler için ışınım sıcaklıkları farklılık gösterebilir.

Belli bir noktanın ortalama ışınım sıcaklığının belirlenmesi için o noktanın yüzeylere olan açısal uzaklıklarını da içeren detaylı formüller kullanılmalıdır.

2.1.2.3 Havanın Nemi

Havada bulunan nem miktarı, insanın cildinden terleme ile ısı kaybetmesini etkileyen önemli bir değişkendir. Havadaki nem miktarı fazla olduğunda, havanın neme doygunluğunun artması nedeniyle buharlaşma olayı yavaşlar, bu nedenle vücut yüzeyinden terleme yoluyla ısı kaybetmek güçleşir. Hava sıcaklıklarının eşit olduğu iki ortamda, nem oranı ortamda bulunan kişilerin hissettikleri konfor durumlarında farklılık yaratabilir. Hava sıcaklığı yüksek, nem oranı düşük olan kuru sıcak iklimlerde kişiler daha konforlu hissedebilirken, hava sıcaklığı düşük olmasına rağmen nem oranı yüksek olan iklim koşullarında konforda hissetmek güçleşebilir.

Bağıl nem; hava içerisinde bulunan su buharı basıncının, aynı sıcaklık ve aynı koşullar altında havada bulunabilen maksimum su buharı basıncına oranıdır. Ortam konfor koşullarının belirlenmesinde bağıl nem değerleri hesaba katılır.

2.1.2.4 Hava Akış Hızı

Hava akış hızı, havanın devinim hareketidir. Bir ortamda hava deviniminin hızlı ya da yavaş olması durumları kişilerde konforsuzluk hissi yaratabilir. Hava akış hızını yavaş olduğu yani 0,1m/sn'den az olması durumu kişilerde havasızlık hissi yaratırken, 1,5m/sn'den fazla olan hava akımları kişilerde rahatsızlık hissine sebep olur. Hoşa giden hava akımları havanın nemi ve sıcaklığına bağlıdır.

2.2 Fanger Isısal Konfor Modeli

P. O. Fanger tarafından 1966-1970 yıllarında ısısal konfor durumunu belirlemek amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Fanger ısısal konfor modelinde, aktivite hızı, giysilerin ısı yalıtım değerleri, hava sıcaklığı, ortalama radyant sıcaklık, hava hızı ve havanın nem değerlerini konfor şartlarını belirlemede kullanmaktadır.

Fanger, oluşturduğu "tahmini ortalama oy" PMV (predicted mean vote) modelinde, kişinin bulunduğu ortamdaki konfor durumunu belirlemek amacıyla, -3 ile +3 arasında değişen değerlerde 7 adımlı bir değerlendirme metodu oluşturmuştur. Bu metoda göre ideal durum "0" iken, -3 ya da +3'e doğru gidildikçe üşüme veya sıcaklama durumları belirtilmektedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Isıl duyarlılık indeksi [4]

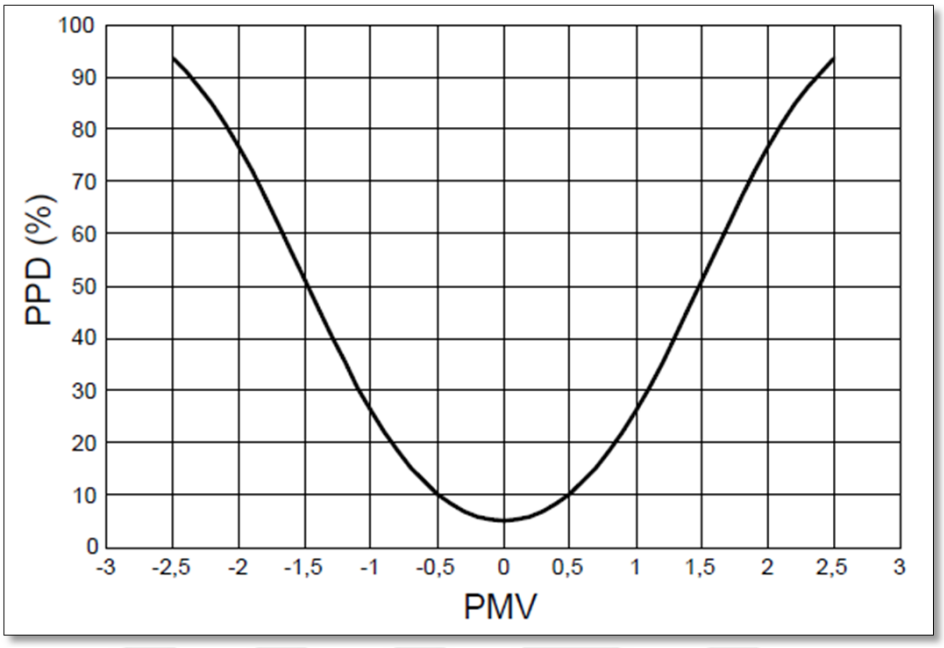
-3	**-2**	**-1**	**0**	**1**	**2**	**3**
Soğuk	Serin	Hafif serin	Nötr	Hafif Sıcak	Sıcak	Çok sıcak

Çizelge 2.2 Farklı PMV değerleri için bireysel ısıl his oylarının dağılımı [4]

PMV	PPD (%)	Oylayan kişilerin oranları (%)		
		0	-1,0,+1	-2,-1,0,+1,+2
+2	75	5	25	70
+1	25	30	75	95
+0.5	10	55	90	98
0	5	60	95	100
-0.5	10	55	90	98
-1	25	30	75	95
-2	75	5	25	70

Fanger, 1300 kişi üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre ortamda konforsuz hisseden kişilerin yüzde olarak belirlenmesini önermiştir. Grafik olarak belirlenebilen bu değeri, PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) "tahmini konforsuzluk yüzdesi olarak değerlendirmiştir (Çizelge 2.2). PMV ve PPD arasındaki ilişki Şekil 2.1'de yer alan grafikle açıklanmıştır. grafikte de görüldüğü gibi PMV ve PPD arasındaki ilişkiyi gösteren

eğri hiçbir zaman %5'in altına düşmemektedir. Bu durum, bir ortamda %100 memnuniyetin sağlanamayacağını göstermektedir.



Şekil 2.1 PMV değerine bağlı olarak PPD değeri [5]

PMV ve PPD değerleri, çevresel ve kişisel değişkenlerden yola çıkarak ısıl konforu belirlemede kullanılabilecek matematiksel bir denklemdir. Bu tanımlamanın denklemi aşağıdaki gibidir (3):

$$PMV = \left(0.303 \cdot e^{-0{,}036 \cdot M} + 0.028\right) \begin{bmatrix} (M-W) - 3.05 \cdot 10^{-3} \cdot \{5733 - 6.99 \cdot (M-W) - p_a\} \\ -0.42 \cdot \{(M-W) - 58.15\} - 1.7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) \\ -0.0014M\,(34 - T_a) - 3.96 \cdot 10^{-8}\, f_{cl} \left\{(T_{cl}+273)^4 - (T_r+273)^4\right\} \\ - f_{cl} \cdot h \cdot (T_{cl} - T_a) \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

$$T_{cl} = 35.7 - 0.028 \cdot (M-W) - I_{cl} \cdot \begin{bmatrix} 3.96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot \left\{(T_{cl}+273)^4 - (T_r+273)^4\right\} \\ + f_{cl} \cdot h \cdot (T_{cl} - T_a) \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

$$h = \begin{Bmatrix} 2.38 \cdot |T_{cl} - T_a|^{0.25} \Leftarrow 2.38 \cdot |T_{cl} - T_a|^{0.25} > 12.1 \cdot \sqrt{V_{ar}} \\ 12.1 \cdot \sqrt{V_{ar}} \Leftarrow 2.38 \cdot |T_{cl} - T_a|^{0.25} < 12.1 \cdot \sqrt{V_{ar}} \end{Bmatrix} \quad (2.5)$$

$$f_{cl} = \begin{Bmatrix} 1 + 1.29 \cdot I_{cl} \Leftarrow I_{cl} \le 0.078 m^2 \cdot K/W \\ 1.05 + 0.645 \cdot I_{cl} \Leftarrow I_{cl} > 0.078 m^2 \cdot K/W \end{Bmatrix} \quad (2.6)$$

Formülde:

M: Metabolik oran [W/m2]

W: Etken mekanik güç [W/m2]

Icl: Kıyafet izolasyonu [m2.K/W]

fcl: Kıyafet yüzey alan faktörü

ta: Hava sıcaklığı [ºC]

tr: Ortalama radyan (yansıyan) sıcaklık [ºC]

var: Bağıl hava hızı [m/s]

pa: Su buharı kısmi basıncı [Pa]

h: Konvektif ısı transfer katsayısı [W/(m2.K)]

tcl: Kıyafet yüzeyinin yarattığı sıcaklık [ºC]

1 metabolik birim = 1 met = 58,2 W/m2; 1 kıyafet birim = 1 clo = 0,155 m2.ºC/W

Hesaplanan PMV değerinden, aşağıdaki denklem kullanılarak PPD değeri bulunur.

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0.03353 \cdot PMV^4 - 0.2179 \cdot PMV^2) \quad (2.7)$$

2.3 Isıl Konforla İlgili Standartlar

Yapı tasarımı sürecinde, insanlara içinde bulundukları ortamda eylemlerini daha verimli sürdürebilecekleri yapısal konfor koşullarını sağlayan, sistemlerin kullanılması esas alınmaktadır. Bir ortamda tüm kullanıcıların konforda hissetmesi mümkün değildir. Ancak kullanıcıların çoğunluğu için konfor koşullarını sağlayan şartları belirlemek amacıyla çeşitli standartlar oluşturulmuştur. İç ortam ısıl konfor düzeyinin belirlenmesinde dünyaca kabul görmüş başlıca iki standart; ASHRAE 55 2010 [2] ve ISO 7730 [3] Standartlarıdır. Bu standartlar ısısal konfor için kabul edilebilir aralıkları vermektedir.

ASHRAE 55 ve ISO 7730 Standartları, PMV ve PPD indisleri ile lokal ısıl konfor kriterlerini esas alarak oluşturulmuşlardır.

2.4 Bölgesel Konforsuzluk

Bölgesel konforsuzluk, kişinin bulunduğu ortamda vücudunun bazı bölümlerinde ısıl olarak konforsuz hissetmesi durumudur. Vücudun bazı bölümlerinin fazla ısınması ya da soğuması durumunda bölgesel konforsuzluk hissi oluşur. Bu durum ısıl olarak konforlu varsayılan ortamlarda da meydana gelebilir. Bölgesel konforsuzluk ortam sıcaklığının değişmesine bağlı değildir. Genel olarak 4 şekilde gruplandırılır;

- Hava akımından kaynaklanan konforsuzluk hissi
- Işınım sıcaklığı asimetrisi
- Düşey hava sıcaklığı farkları
- Konforsuz döşeme sıcaklığı [3]

2.4.1 Hava Akımı

Hava akımı, hava hareketi nedeniyle vücuttan fazla ısı kaybedilmesi sonucu bölgesel olarak hissedilen soğuma hissidir. Açık olan pencerenin yakınında duran kişinin hava akımından etkilenmesi bu duruma örnektir. Hava akım oranı (DR) şu formülle belirlenir [3]:

$$DR = (34 - T_{al}) \cdot (V_{al} - 0.05)^{0.62} \cdot (0.37 \cdot V_{al} \cdot Tu + 3.14) \quad (2.8)$$

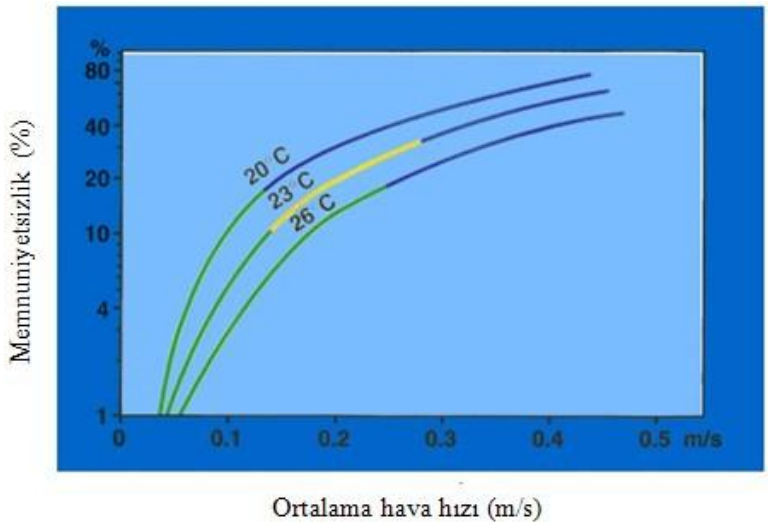
T_{al} : Yerel hava sıcaklığı, (°C), 20-60 (°C)

V_{al} : Yerel hava hızı, m/s, < 0.5 m/s

Tu : Türbülans yoğunluğu, %, %10-60

(2.8) eşitliğinde $V_{al} < 0.05$ m/s için $V_{al} = 0.05$ m/s ve DR > %100 için DR > %100 kullanılır.

Hava akımı hissi hava sıcaklığına bağlıdır ve düşük hava sıcaklığında yüksek oranda memnuniyetsizlik meydana gelmektedir. Şekil 2.2'de değişik hava sıcaklık değerlerinde hava hızının memnuniyetsizlik oranıyla değişimi görülmektedir.

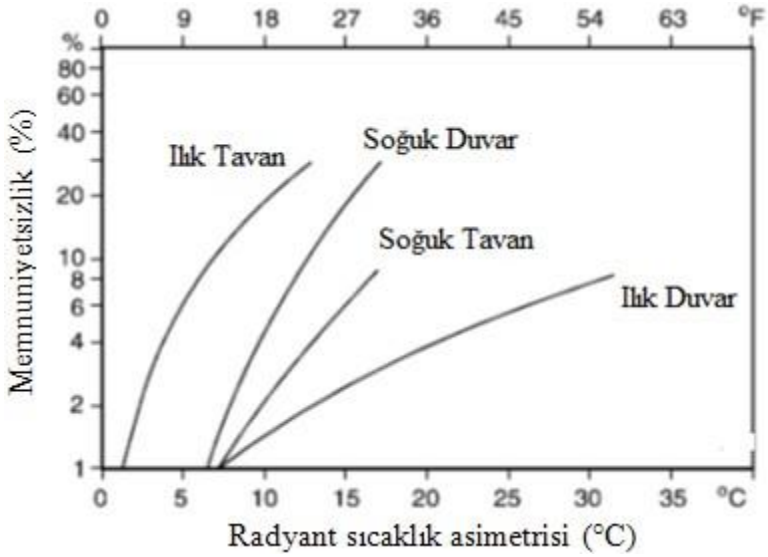


Şekil 2.2 Ortalama hava hızından kaynaklanan konforsuzluk durumu [1]

2.4.2 Işınım Sıcaklığı Asimetrisi

Işınım yoluyla vücudun bir bölümünde meydana gelen ısınma ve soğuma hissinden kaynaklanan konforsuzluk durumudur. Örneğin soğuk bir günde yanan bir ateşin karşısında durulduğunda vücudun ön yüzü ısınırken arkası soğuk kalmaya devam eder.

Işınım sıcaklığı asimetrisi, yatay ve düşeyde oluşan sıcaklık farklarını, yatayda ılık ve soğuk tavan için, düşeyde soğuk ve ılık duvar için farklı denklemlerle belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 2.3'te ılık tavan, soğuk duvar, soğuk tavan, ılık duvardan dolayı meydana gelen radyant sıcaklık asimetrisine bağlı olarak konforsuzluk oranının değişimi görülmektedir.



Şekil 2.3 Radyant asimetriden kaynaklanan konforsuzluk durumu [3], [4]

Standartlarca farklı ışınım sıcaklığı asimetrisi durumları için memnuniyetsizlik oranlarını belirlemek amacıyla çeşitli denklemler oluşturulmuştur [4].

a)Ilık Tavan

$$PD = \frac{100}{1+\exp(2.84-0.174\cdot\Delta T_{pr})} - 5.5 \Leftarrow \Delta T_{pr} < 23°C \quad (2.9)$$

b)Soğuk Duvar

$$PD = \frac{100}{1+\exp(6.61-0.345\cdot\Delta T_{pr})} \Leftarrow \Delta T_{pr} < 15°C \quad (2.10)$$

c)Soğuk Tavan

$$PD = \frac{100}{1+\exp(9.93-0.5\cdot\Delta T_{pr})} \Leftarrow \Delta T_{pr} < 15°C \quad (2.11)$$

d)Ilık Duvar

$$PD = \frac{100}{1+\exp(3.72-0.052\cdot\Delta T_{pr})} - 3.5 \Leftarrow \Delta T_{pr} < 35°C \quad (2.12)$$

ΔT_{pr} : Radyant sıcaklık asimetrisi

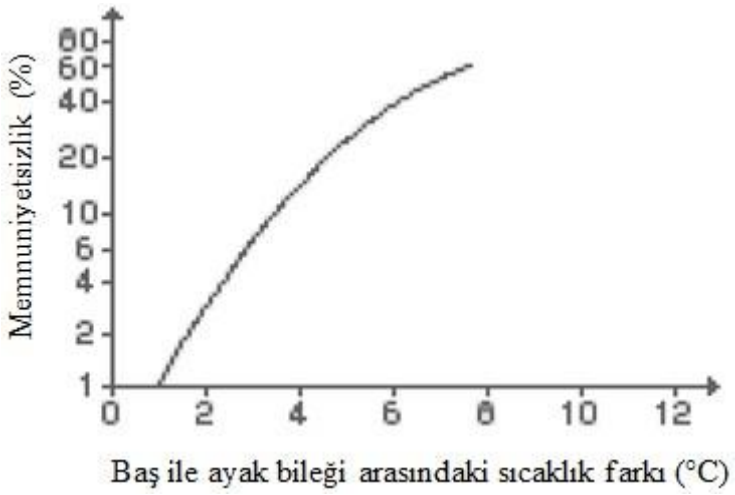
2.4.3 Düşey Hava Sıcaklığı Farkları

Düşey hava sıcaklığı farkı, kişinin ayak bileği ile başı arasında yüksek sıcaklık farkı olması durumudur. Ayak bileği ve baş arasındaki sıcaklık farkının 3°C'yi geçmesi konforsuzluk hissi yaratır. Fark arttıkça rahatsızlık hissi de artmaktadır. Düşey hava sıcaklığı farkı için memnuniyetsizlik oranı (PD) Aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır [3].

$$PD = \frac{100}{1+\exp(5.76-0.856\cdot\Delta T_{av})} \Leftarrow \Delta T_{av} < 8°C \quad (2.13)$$

ΔT_{av}: Ayak bileği ile baş arasındaki sıcaklık farkı

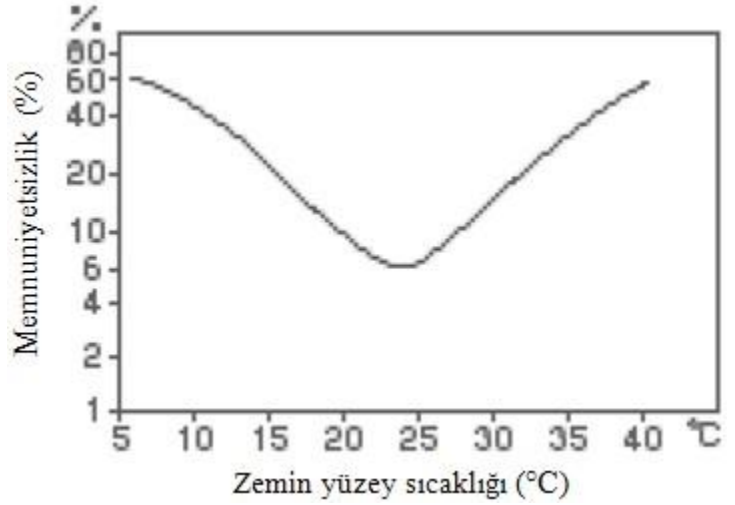
Şekil 2.4'te baş ile ayak bileği arasındaki sıcaklık farkına bağlı olarak memnuniyetsizlik yüzdelerinin değişim grafiği verilmiştir [3].



Şekil 2.4 Baş ile ayak bileği arasındaki sıcaklık farkına göre memnuniyetsizlik yüzdesi [1]

2.4.4 Konforsuz Döşeme Sıcaklığı

Döşeme sıcaklığının çok düşük ya da çok yüksek olması durumunda ortaya çıkan konforsuzluk hissidir. Şekil 2.5'te zemin yüzey sıcaklığına bağlı olarak memnuniyetsizlik oranının değişimi gösterilmektedir. Grafikte de görüldüğü gibi memnuniyetsizlik durumunun en az olduğu durum 22-26°C sıcaklıklarıdır. ISO 7730 standardına göre zemin yüzey sıcaklığı 19-29°C arasında olmalıdır.



Şekil 2.5 Zemin yüzey sıcaklığına göre memnuniyetsizlik yüzdeleri [1]

BÖLÜM 3

GÜNÜMÜZDE KULLANILAN HAZIR DUVAR ELEMANLARI VE YÜZEYDEN ISITMA-SOĞUTMALI HAZIR DUVAR ELEMANI

3.1 Hazır Duvar Elemanları

Günümüzde hız kazanan inşaat sektörü, yapılarda daha hızlı ve kolay monte edilebilen ve enerji etkinliği yüksek olan ürünlerin önem kazanmasına neden olmaktadır. Fabrika ortamında çeşitli ebatlarda üretilen hazır duvar elemanları, taşıyıcı sistemi tamamlanan yapıların duvarlarını hızlı ve kolay bir şekilde inşa etmeyi sağlayan ürünlerdir.

Yapılarda kullanılan tuğla, gazbeton ve bims gibi yapı malzemeleri küçük boyutlu olmaları ve her bir birleşim yerinde harç uygulanması nedeniyle imalat süresini uzatırken ağırlıklarının hazır duvar elemanlarına göre fazla olması yapılara fazladan yük bindirmektedir.

Hazır duvar sistemleri, yapılarda iç ve dış duvarların montajı esnasında harçlı bir birleşime ihtiyaç duymamasından dolayı kuru duvar sistemleri olarak da adlandırılır. Sistem montajı, çelik karkas üzerine vidalama, dişli olarak geçmeli veya yardımcı profiller gibi çeşitli şekillerde sağlanmaktadır.

Genellikle belirli boyutlarda modüler olarak üretilen hazır duvar elemanları, şantiye ortamında kesilerek boyutlandırmaya olanak tanır.

3.1.1 Malzeme Seçimi

Hazır duvarlarda kullanılan malzemeler, hazır duvar elemanının kullanım yerlerine ve yapıdan beklenen performansa göre farklılık göstermektedir. Hazır duvarlarda kullanılan malzemelerin başlıcaları; dış katmanda, alçı levha, fibercement levha, çimentolu yonga (betopan) levha ve ahşap esaslı levha, dolgu malzemesi olarak EPS ve taş yünüdür.

3.1.1.1 Alçı Levhalar

Alçı levhalar alçının iki dayanıklı karton levha arasına dökülerek dondurulması sureti ile üretilir. Üretilen levha kalınlıkları uygulama yerine göre 6-18 mm arasındadır. Farklı kalınlıktaki bu levhalar, 120 ya da 125 cm eninde ve isteğe göre 200 - 450 cm gibi uzunluklarda üretilirler. Alçı levhaların kısa kenarları uygulama yerine göre; küt, pahlı, yarım yuvarlak ya da pahlı yarım yuvarlak biçimde olabilir.

6 mm kalınlıktaki alçı levhalar kolay bükülebilir olmaları sayesinde dekoratif elemanların yapılmasında, 7.5 ve 9.5 mm kalınlıktakiler görece hafif olmaları nedeni ile asma tavanlarda, daha kalın olanları ise bölme duvarları yapımı ve diğer özel uygulamalarda kullanılırlar.

Piyasada kullanım alanına göre farklı tiplerde alçıpan bulunmaktadır. Başlıcaları şunlardır;

Standart alçı levha: Dayanıklı iki karton levha arasına alçı dökülerek üretilir. Nefes alan hafif bir bir malzeme olduğundan nemi dengeleyerek sağlıklı bir ortam oluşturur. Hazır duvar sistemlerinde yalıtımla birlikte kullanılması konforlu bir ortam oluşturmaya yardımcı olur.

Suya dayanıklı alçı levha: Yapım özellikleri standart levha ile aynı olmasına rağmen, yapım aşamasında alçı karışımına özel kimyasallar katılarak ya da kullanılan karton malzeme yerine farklı tipte şilteler seçilerek, nem tutma özelliğinin azaltıldığı levhalardır.

Yangına dayanıklı alçı levha: Yapım özellikleri standart levha ile aynı olmasına rağmen, yapım aşamasında alçı karışımına özel kimyasallar katılarak ve kullanılan karton malzeme yerine yangın dayanımı yüksek olan şilteler seçilerek, alev alma özelliğinin azaltıldığı levhalardır.

Yangına ve suya dayanıklı alçı levha: Suya dayanımlı ve yangına dayanımlı alçı levhaların özelliklerini bir arada içerir.

Bunların dışında akustik özellikli, kolay şekil alabilen paneller gibi çeşitleri mevcuttur.

3.1.1.2 Fibercement Levhalar

Fibercement levhalar, yapıların her türlü iç ve dış yüzeyinde kullanılan sertleştirilmiş, düz veya desenli yüzey görünümüne sahip çimento esaslı malzemelerdir. Selüloz elyafı, kuarz kumu ve çimento ile hazırlanan ham maddenin özel bir makinede levhalar haline getirilmesi ile oluşturulur.

Fibercement levhalar yangın dayanımı yüksek A1 sınıfı malzemelerdir. İklim koşullarına ve ultraviyole ışınlara dayanıklı olması sebebiyle dış cephe malzemesi olarak tercih edilen ürünlerdir. Su ve tuzlu sudan etkilenmeyen bir malzemedir. Atmosfer koşullarına bağlı olarak gaz emisyonları yoktur.

Düz, ahşap desenli, fugalı, taş desenli gibi çeşitli tipleri mevcuttur. Bu nedenle dış cephede çeşitli tasarımlara olanak sağlamaktadır. Ancak nem ve yangın dayanımı yüksek olduğu için iç duvarlarda da tercih edilmektedir.

3.1.1.3 Çimentolu Yonga Levhalar (Betopan)

Çimentolu yonga levhalar, ahşap, çimento ve çeşitli kimyasal katkı maddelerinin karışımından üretilmekte; hafif, elastik, işlenebilir, suya ve rutubete dayanıklı, yanmaya, çürümeye karşı dirençli bir yapı malzemesidir. Yangın sınıfı B'dir.

Suya ve iklim koşullarına dayanıklı olması nedeniyle genellikle dış cephe malzemesi olarak tercih edilmektedir ancak iç duvarlarda da kullanımı mevcuttur.

Ülkemizde dış cephe kaplaması olarak çok yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Düz, fugalı, ahşap ve taş desenli gibi pek çok desen ve ebatlarda levha çeşitleri mevcuttur.

3.1.1.4 Expanded Polistiren Sert Köpük (EPS)

Yapılarda ısı ve ses yalıtımında kullanılan EPS, petrol bazlı bir malzemedir. Yapısındaki polistiren tanecikler pentan gazı ile şişirilerek gözenekli bir yapı oluşur. Daha sonra yapısındaki pentan gazı hava ile yer değiştirir ve bünyesinde hapsolan hava malzemeye ısı yalıtım özelliği kazandırır.

EPS'nin ısı iletim katsayısı (λ), yoğunluğuna bağlı olarak 0.032 W/mK ile 0.040 W/mK arasında değişiklik göstermektedir. Yangın sınıfı B1'dir yani ateş kaynağından uzaklaştırıldığında kendiliğinden sönme özelliği vardır.

3.1.1.5 Taş Yünü

Taş yünü, çeşitli volkanik kayaçlardan elde edilen, bakalit, diyabaz, dolomit gibi taşların çok yüksek sıcaklıklarda ergitilerek püskürtüldükten sonra bazalt ile karıştırılıp özel işlemlerden geçirilmesiyle elde edilen esnek bir elyaf türüdür. Yapılarda ısı ve ses yalıtım malzemesi olarak kullanılır. Isı iletim katsayısı (λ), 0.035 W/mK ile 0.040 W/mK arasında değişiklik göstermektedir.

Taş yünü TS EN 13501-1 standardına göre A1 sınıfı yanmaz malzeme olarak sınıflandırılır.

3.1.2 Hazır Duvar Elemanlarında Boyutlandırma

Hazır duvar ürünleri hızlı ve kolay montaj ve şantiye ortamında hata payını en aza indirmek amacıyla modüler olarak üretilir. Hazır duvar ürünlerinde tercih edilen boyutları öğrenmek amacıyla, ülkemizde öne çıkmış hazır duvar ürünleri incelenmiştir.

Yapılan araştırmalar sonucu, panel genişliği; 60 cm, 120 cm ve 125 cm yatay duvarlarda ise 300 cm olarak kabul edilirken, panel yüksekliği; yatay duvarlarda 60 cm olmak üzere 250, 280, 300 ve 320 cm boyutlarında üretildiği görülmüştür. Bu hazır panel boyutlarının uygun olmadığı projeler için özel üretimler çoğu firma için mevcuttur. Daha küçük boyutlar için paneller şantiye sahasında istenilen ölçülerde kesilerek ihtiyaca uygun hale getirilebilmektedir.

Hazır duvar ürünlerinde duvar kalınlığı, kullanım alanına göre farklılık göstermektedir. İç ve dış duvarların kalınlıkları, farklı malzeme kullanımı ve farklı katmanların bulunmasına bağlı olarak değişiklik gösterir. Hazır duvar ürünleri kullanım alanına göre 6cm'den 20cm 'ye kadar çeşitli kalınlıklarda üretilmektedir.

Hazır duvar paneli tipleri;

Standart panel; firma tarafından kabul edilen ölçülerde modüler olarak üretilen panel tipidir. Yapılarda en çok kullanılan panel tipidir.

Standart başlangıç paneli; standart paneller ile kolon bağlantısını sağlayan panel tipidir. Boyutları firmalara göre farklılık göstermektedir.

Kapı lentosu: 80-90-100 cm en, projeye özgü yükseklik ve proje kalınlığı ebatlarında kapı üst kısımları için üretilen panellerdir.

Kapı Başlangıç Paneli: 15 cm en, proje boyu ve proje kalınlığı ebatlarında üretilen panellerdir. Kapı kasasının montajı için kullanılmaktadır.

Pencere Alt-Üst Lentoları: Proje bazında değerlendirilmektedir.

3.2 Yüzeyden Isıtma-Soğutmalı Hazır Duvar Panelinin Mimari Bir Öğe Olarak Geliştirilmesi

Günümüzde, yapım maliyetlerini azaltarak hızlı, kolay ve seri üretim sağlamanın yanı sıra, enerji tüketimini azaltan ve insanların içinde bulunduğu yapılı çevrede kendilerini konforlu hissetmelerini sağlayan sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Yeni bir sistem olan yüzeyden ısıtma soğutmalı hazır duvar elemanının kış şartlarında performansı bu tez kapsamında incelenerek ısıtma durumu için ısısal konfor koşulları denetlenmiştir.

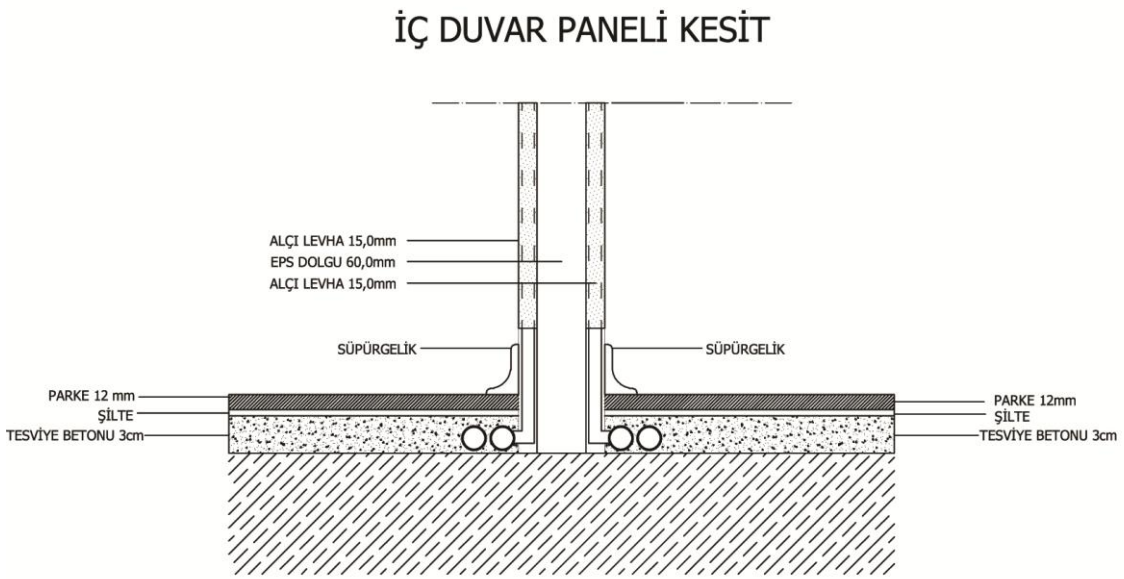
0462.STZ.2013-2 numaralı San-Tez projesi kapsamında geliştirilen ve bu tez çalışmasının ısısal konfor deneyleri için kullanılan duvar kesitlerinin ön tasarım çalışmalarının ortaya koyduğu veriler doğrultusunda boyutlandırma, duvar ürününün sınıflandırması, kesit biçimlenişi ve montaj - uygulama detayları sistematik bir biçimde

aşağıda verilmiştir.(1)

3.2.1 Genel Özellikleri

Ülkemizde hazır duvar elemanlarının üretimi ve çeşitleri çok olmasına rağmen, prefabrik ürünler henüz tuğla ya da gazbeton kullanımı kadar yaygın değildir. Prefabrik sistemler, önceden fabrika ortamında üretimi tamamlanarak inşa esnasında kolay ve hızlı monte edilebilen sistemlerdir. Yüzeyden ısıtma soğutmalı hazır duvar panelleri, üretiminin fabrika ortamında tamamlandığı, hızlı ve kolay montaj özellikleriyle prefabrik bir sistemdir. Taşıyıcı olmayan paneller, hafiftir, binaya fazladan yük bindirmez.

Ürünün yüzeyden ısıtma ve soğutmalı paneller ve tamamlayıcı paneller olmak üzere iki çeşidi mevcuttur. 0462.STZ.2013-2 numaralı San-Tez projesinde her iki tip duvar elemanı için de iç ve dış duvarlar için farklı kesitlerde paneller önerilmiştir. İç duvarlarda paneller 1,5 cm'lik iki alçıpan levha arasında 6cm'lik EPS katmanlarından oluşur (Şekil 3.1). İç duvar kalınlığı 9 cm'dir. Yüzeyden ısıtma ve soğutmalı iç duvar panellerinde, kullanım alanına göre bir ya da her iki yüzeyden ısıtma sağlanabilir. Isıtma alçıpan levha içerisine gömülmüş olan plastik boruların içinden geçirilen sıcak su ile sağlanır.



Şekil 3.1 İç duvar paneli kesit [1]

Dış duvarlarda katmanlar içten dışa; 1,5 cm alçı levha, 6cm EPS dolgu, 1,25 cm alçı levha, 2 cm EPS dolgu ve 1,25 cm'lik fibercement levhadan oluşur. Dış duvar kalınlığı 12 cm'dir. Isıtma ve soğutmalı dış duvar panellerinde ısıtma, iç yüzeyde bulunan 1,5 cm'lik alçı levha içerisine gömülmüş olan plastik borulardan geçirilen sıcak su ile sağlanır.

Paneller içerisinde kaydırılan EPS dolgu ile dişli bir sistem oluşturulmuştur. Bu sayede paneller birbirine geçmeli, tavan ve döşemeye ise yardımcı L profiller ile bağlanır. Panellerin kolon bağlantısı ise kolona vidalanacak olan U profil ile yapılır.

Sistemin çalışma prensibi şu şekildedir; sıcak suyu getiren ve panellerde dolaştıktan sonra çıkan suyu toplayan ana iletim boruları, parke altından ısıtıcı borulara iletilir. Ana iletim boruları, paneller üzerinde bulunan 10x10cm'lik montaj ve bakım kapaklarından panel içerisindeki borulara bağlanır. Paneller direkt olarak birbirine bağlanabileceği gibi (seri bağlama), her bir panel ayrı ayrı ana iletim borularına bağlanabilir (paralel bağlama). Panellerin seri ya da paralel bağlanmasına kullanım alanında duyulan ihtiyaca göre karar verilir.

3.2.2 Panellerde Malzeme Seçimi ve Boyutlandırma

Yüzeyden ısıtma soğutmalı hazır duvar panellerinin geliştirilmesi sürecinde mevcut hazır duvar ürünleri ve İstanbul İmar Yönetmeliği'nin önerdiği oda ölçüleri ve yükseklik verileri üzerinden boyutlandırma ve malzeme seçimleri yapılmıştır.

Panellerde iç yüzeylerde alçı levha, hafif ve yangına dayanıklı oluşu, iyi ses yalıtımı sağlaması ve kolay şekil alabilmesi özellikleriyle tercih edilmiştir.

Panel içerisinde yalıtım ve dolgu malzemesi kullanılan EPS, Çevre şartlarına dayanıklı olması, su emme değerinin çok düşük olması, iyi darbe emme özelliği, bakteri üremesine karşı dirençli olması ve geri dönüştürülebilir olması ve kullanım kolaylığı sağlaması özellikleriyle tercih edilmiştir.

Dış duvar yüzeylerinde kullanılması öngörülen edilen fibercement levha ise su ve yangın direnci, çevre koşullarına dayanıklı olması ve çeşitli desenlerde üretilerek yapı cephelerinde mimari çeşitliliğe olanak sağlaması nedeniyle tercih edilmiştir.

İç duvarlarda alçı levhalar ve EPS dolgu birbirine yapıştırma yöntemi ile bağlanır. EPS dolgu alçı levhalar arasında yatay yönde kaydırılarak, panellerin bir tarafının girintili, bir tarafının çıkıntılı olması sağlanır. Panellerin çıkıntılı olan uçları EPS'nin kırılma ihtimaline karşı U profillerle güçlendirilmiştir (Şekil 3.6).

Dış duvarlarda ise alçı levha ve EPS dolgu vidalanarak, fibercement levha ise yapıştırma yöntemiyle bağlanır.

Panellerde boyutlandırmada sistemin modüler olması amacıyla çeşitli durumlar araştırılmış, panel genişlikleri için 60 ve 120 cm, yükseklik olarak ise İstanbul İmar Yönetmeliğinde önerilen ve konutlarda en çok uygulanan 2.80 ve 3.00 m yükseklikler tercih edilmiştir. İnşa esnasında oluşabilecek hata payını en aza indirmek amacıyla bu panellerin dışında, pencere altı, kapı üstü gibi alanlarda kullanılmak amacıyla özel boyutlarda paneller önerilmiştir. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan 140x140 cm'lik pencere modeli için, 140x90 cm'lik ve bunun dışında 60 ve 120 cm genişliklerinde pencere altı ısıtıcı paneller ile, kapı ve fransız balkon penceresi üzeri için özel boyutlarda tamamlayıcı paneller önerilmiştir.

Panellerin montajı; başlangıç paneli ilk yüzeye bağlandıktan sonra, girintili olan yan yüzeyinin iç kısmına yerleştirilen L profiller yardımıyla tavana ve döşemeye vidalanarak sağlanır. Sonraki panel başlangıç paneline geçmeli olarak bağlanarak, tavana ve döşemeye yardımcı L profillerle vidalanır. Sonraki her bir panel için aynı sistem uygulanır. Panellerin köşe dönüşlerinde tamamlayıcı köşe panelleri kullanılır.

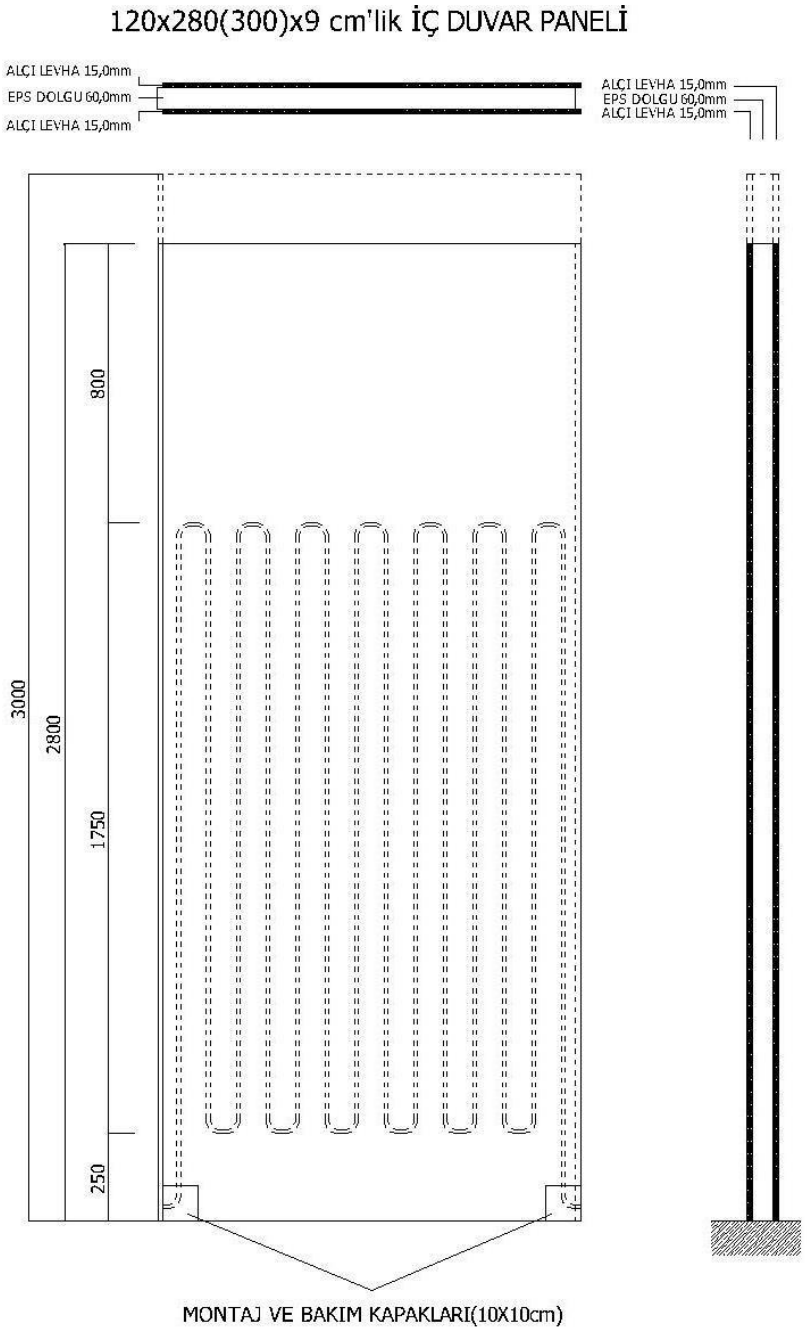
3.2.3 Yüzeyden Isıtma Soğutmalı Hazır Duvar Elemanı Tipleri

0462.STZ.2013 numaralı San-Tez projesinde önerilen ve bu tez çalışmasının deneylerinin yapıldığı test odasında kullanılan hibrid hazır duvar paneli tipleri aşağıda verilmiştir.

3.2.3.1 İç Duvar

A. Isıtma ve Soğutmalı Standart İç Duvar Paneli

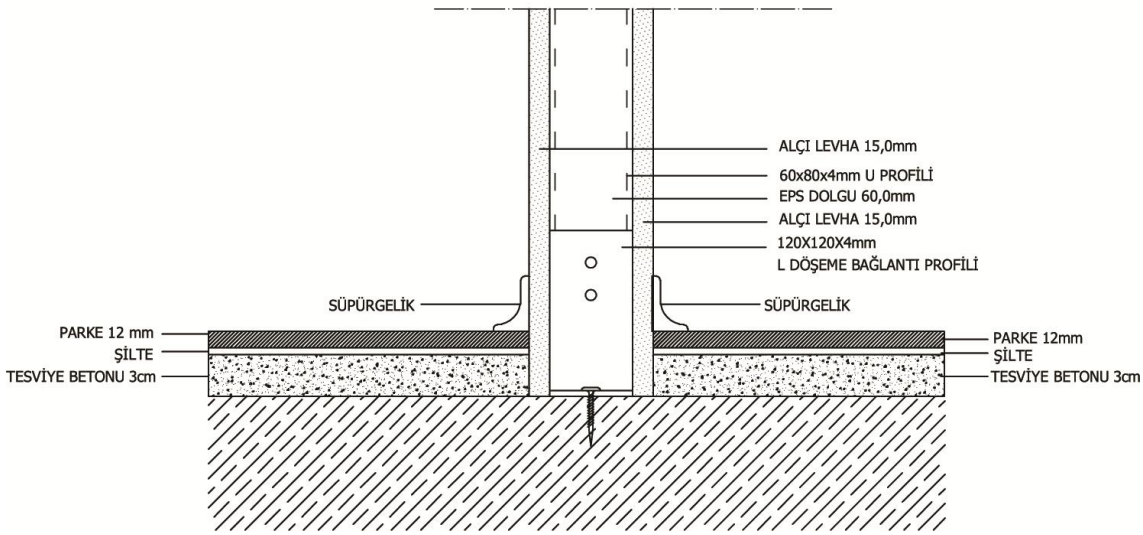
Isıtma ve soğutma sistemli standart iç duvar panellerinde 1.5 cm'lik iki alçı levha arasında 6 cm EPS dolgu vardır (Şekil 3.2). Panel kalınlığı 9cm'dir.



Şekil 3.2 120x280(300)x9 cm'lik İç Duvar Paneli [1]

B. Tamamlayıcı iç duvar paneli,

Isıtma ve soğutma boru sisteminin olmadığı panel tipidir. Normal iç duvarlarda 1.5 cm'lik iki alçı levha arasında 6 cm EPS dolgu vardır (Şekil 3.2). Panel kalınlığı 9cm'dir.



Şekil 3.3 Tamamlayıcı iç duvar paneli [1]

3.2.3.2 Dış Duvar

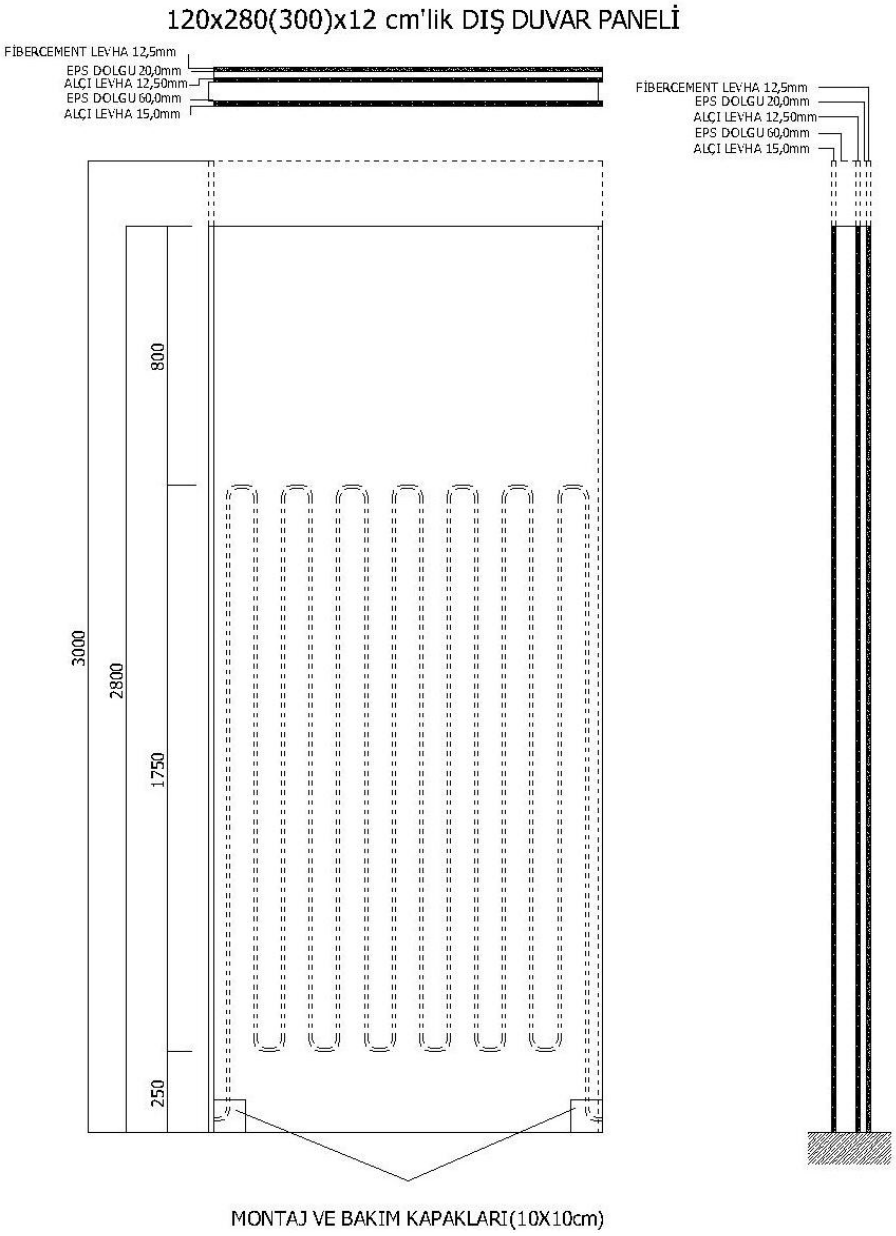
Dış duvar panelleri;

- Isıtma ve soğutmalı standart dış duvar paneli,
- Tamamlayıcı dış duvar paneli, olmak üzere iki ana grupta önerilmektedir.

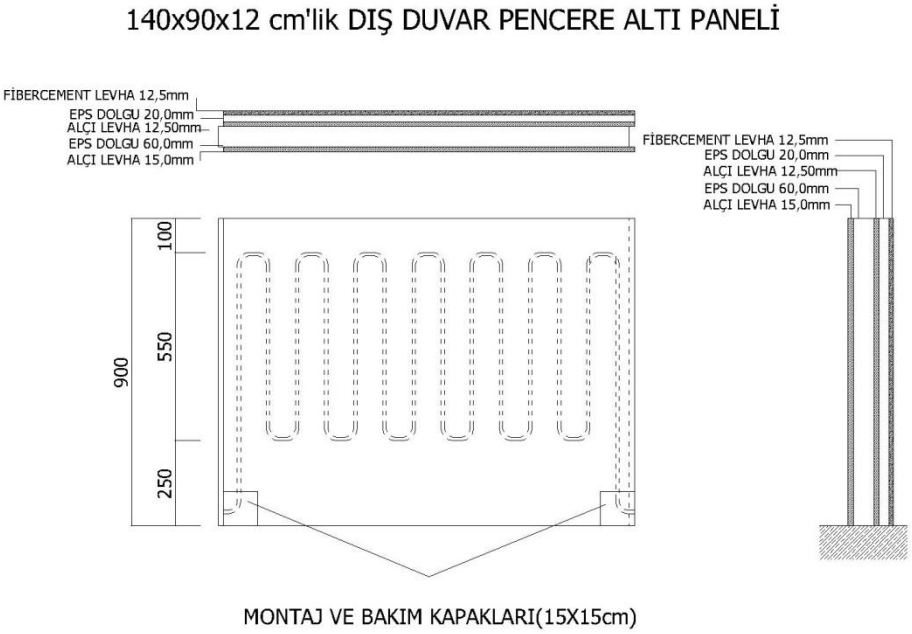
Standart dış duvar panellerinde iç yüzeyde 1.5 ve 1.25 cm kalınlığında alçı levhalar ile 1,25 cm fibercement levha arasında iki parça halinde toplamda 8 cm kalınlığında EPS bulunmaktadır (Şekil 3.4). Duvarın toplam kalınlığı yaklaşık 12 cm' dir. Bir başka seçenekte ise dış yüzeyde betopan levha kullanılmıştır. Yalıtım kalınlığı iklim bölgesine göre değişecektir.

A. Isıtma ve Soğutmalı Standart Dış Duvar Paneli

Bu grupta 60 ve 120 cm genişliğinde, 2.80 ve 3.00 m uzunluğunda, iki ayrı iç tavan yüksekliklerinde kullanılmak üzere paneller önerilmektedir.



Şekil 3.4 120x280(300)x12 cm'lik Dış Duvar Paneli [1]



Şekil 3.5 140x90x12 cm'lik Dış Duvar Pencere Altı Paneli [1]

B. Tamamlayıcı Dış Duvar Paneli

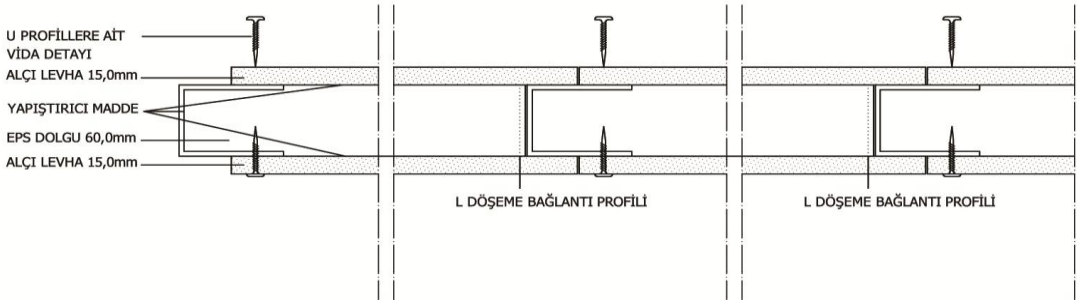
Isıtma ve soğutma boru sisteminin olmadığı dış panel tipidir. Standart dış duvar panellerinde olduğu gibi, iç yüzeyde 1.5cm kalınlığında alçı levha ile 1,25 cm fibercement levha arasında toplamda 8cm kalınlığında EPS bulunmaktadır. Standart panel detayında kalınlık yaklaşık 12 cm'dir. Yalıtım kalınlığı iklim bölgesine göre değişecektir.

3.2.4 Panel Bağlantı ve Birleşim Detayları

3.2.4.1 İç Duvar Panelleri Birleşim Detayı

Duvar panelleri birleşim detayı; panellerin içindeki yalıtım katmanı panel içerisinde kaydırılarak dişli bir panel sistemi oluşturulmuştur. Bu dişli sistem birbirine geçmeli olarak bağlanır. Paneller üretim aşamasında, montaj ve taşıma esnasında zarar görmesini engellemek, ve montajı kolaylaştırmak amacıyla çıkıntılı olan tarafına U profil uygulanır. Panellerin montaj uygulaması şu şekilde olur; kolon bağlantısı için U profil duvara vidalanır, başlangıç paneli bu profile geçme ile bağlanır, panelin dişi olan tarafına L tavan ve döşeme bağlantı profilleri yerleştirilerek tavana ve döşemeye

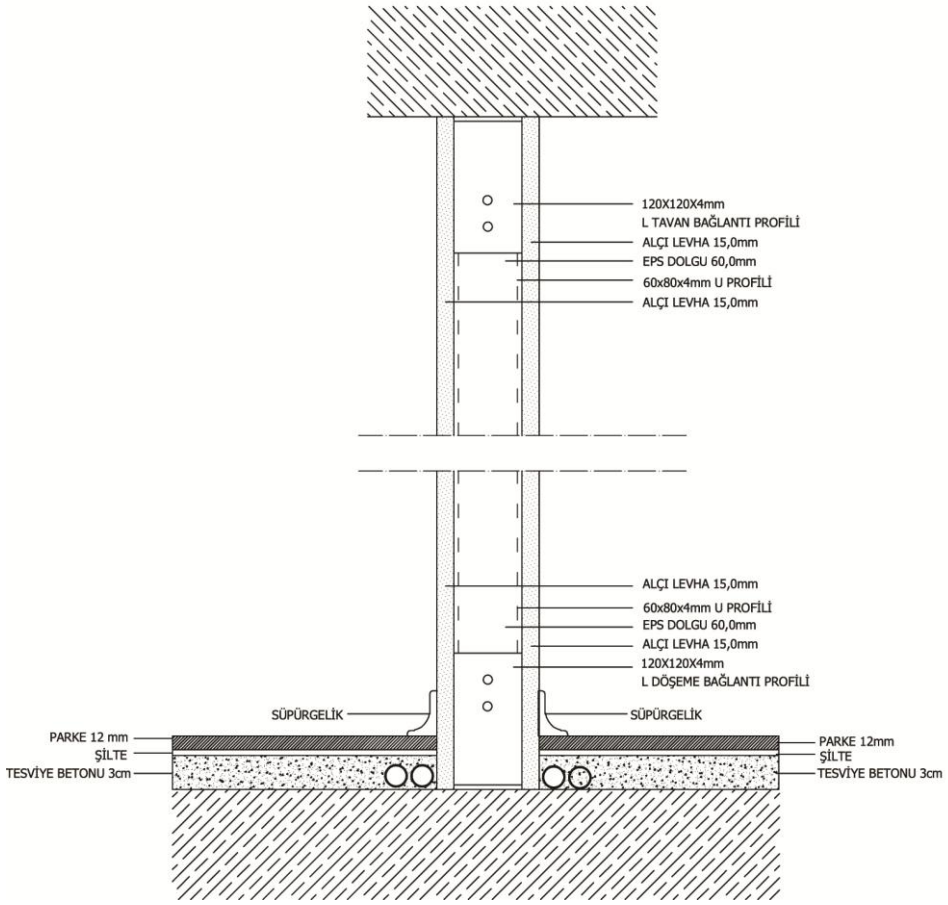
vidalanır, diğer panelin U profil olan tarafı başlangıç profiline geçme ile bağlanır ve bağlanacak her bir profilin girintili kısmından L profillerle sabitlenir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 İç Duvar Panel Detayı [1]

3.2.4.2 İç Duvar Paneli Yapı İskeletine Bağlantı Detayı

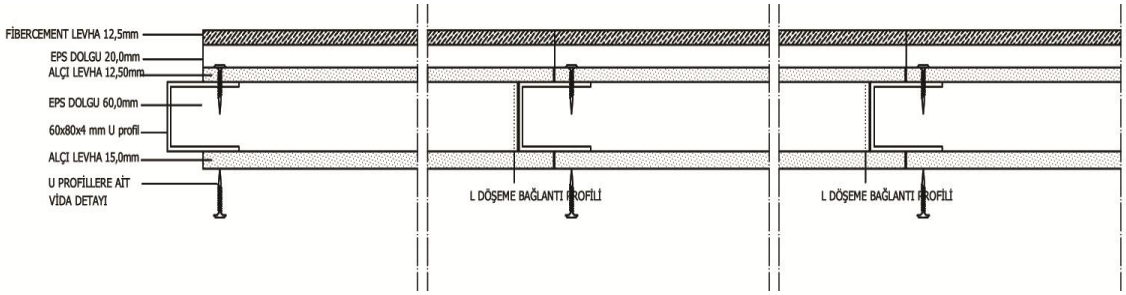
2,5x2,5x0.3 cm L profiller tavan ve döşemeye vidalanır. Duvar paneli yerleştirildikten sonra üstteki son profil ile duvar paneli sabitlenir (Şekil 3.7).



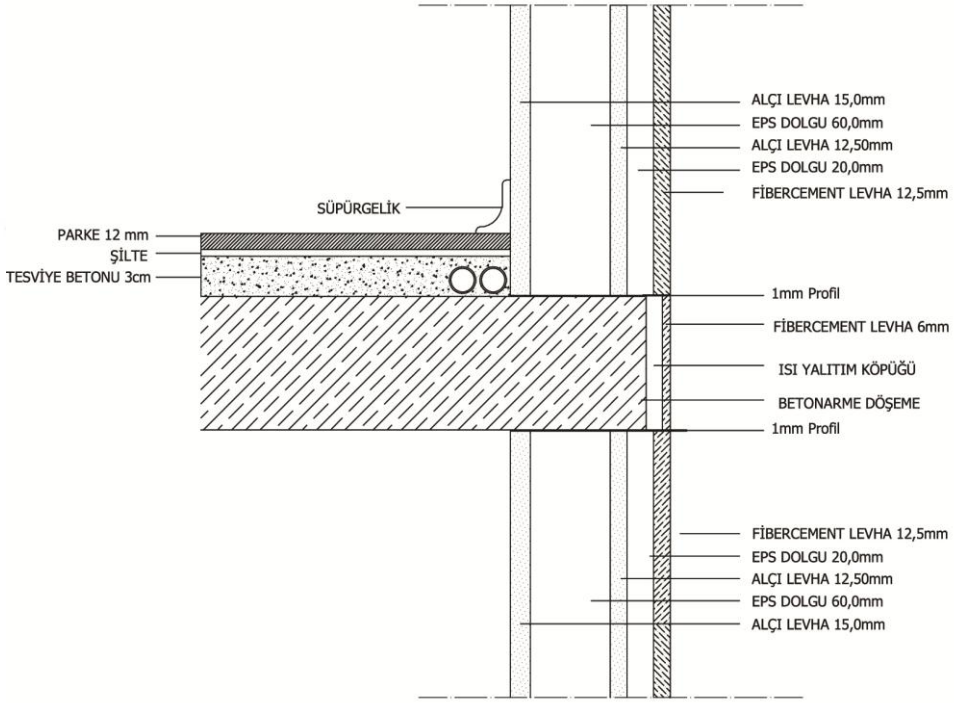
Şekil 3.7 Tavan ve Döşeme Bağlantı Detayı [1]

3.2.4.3 Dış Duvar Panelleri Birleşim Detayı

Dış duvar panelinde birleşim detayları iç duvar paneli ile benzer şekilde, içerisinde bulunan 6cm kalınlığındaki EPS dolgunun kaydırılması ile elde edilen dişli sistemle sağlanır (Şekil 3.8). Tavana ve döşemeye montajı aynıdır.



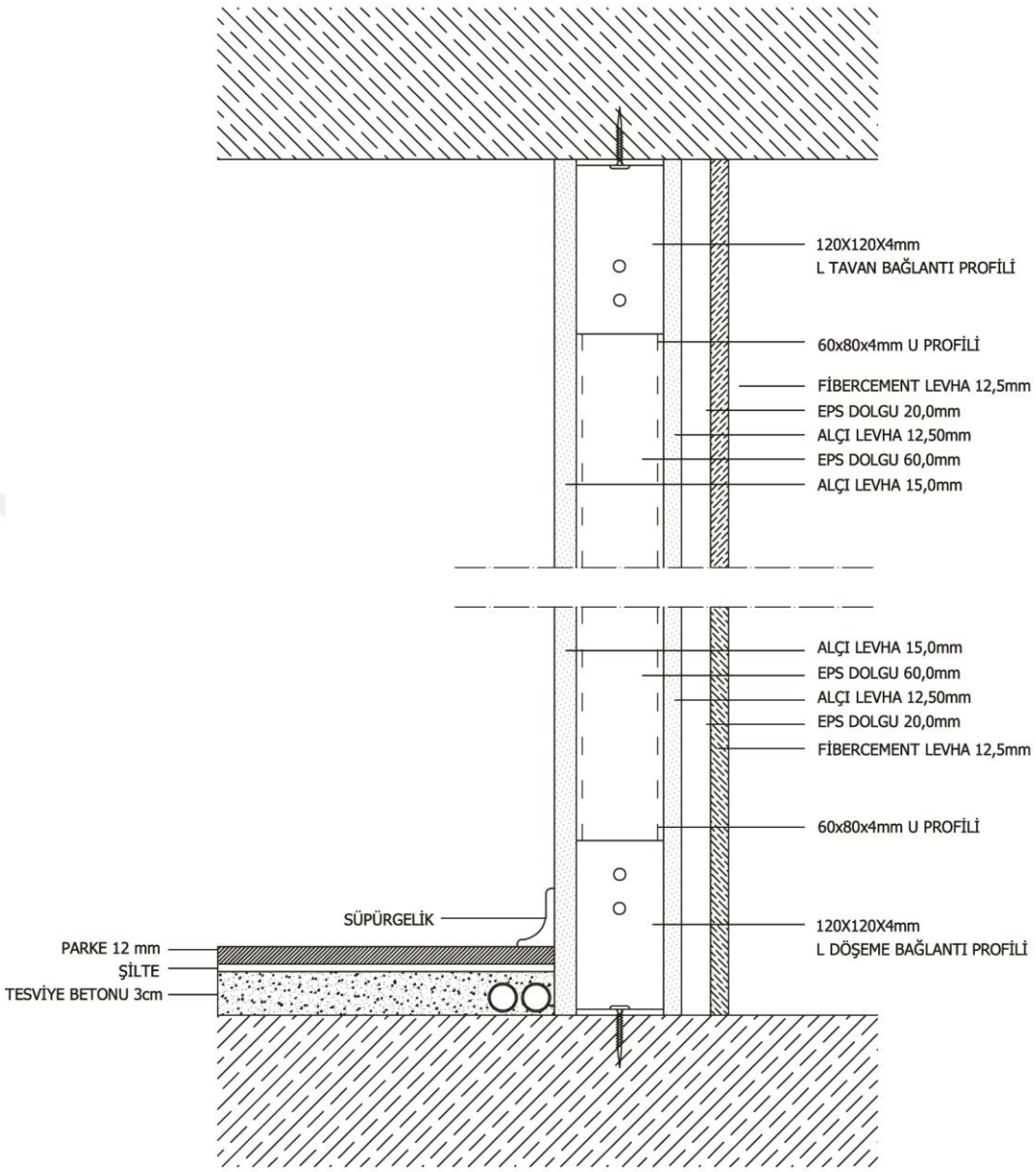
Şekil 3.8 Dış Duvar Panelleri Birleşim Detayı [1]



Şekil 3.9 Döşeme Bağlantı Detayı [1]

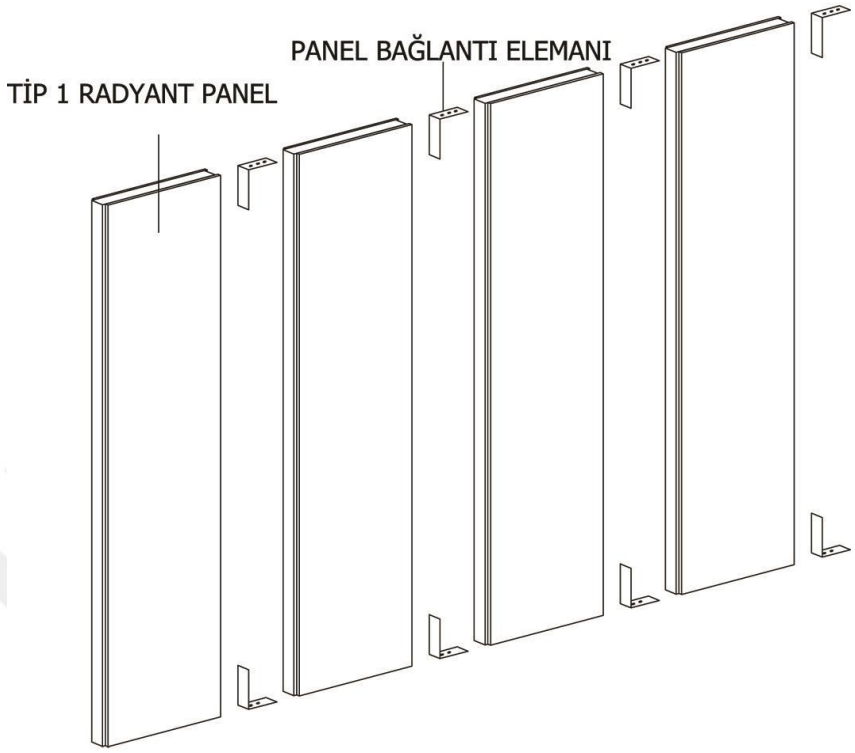
Dış cephe paneli uygulamasında fibercement levha döşemeden konsol yapacak şekilde 1mm profil üzerine yerleştirilir (Şekil 3.9). Arada kalan boşluk ısı yalıtım köpüğü üzerine 6mm fibercement levha kaplaması şeklinde kapatılır.

3.2.4.4 Dış Duvar Paneli Yapı İskeletine Bağlantı Detayı



Şekil 3.10 Tavan ve Döşeme Bağlantı Detayı [1]

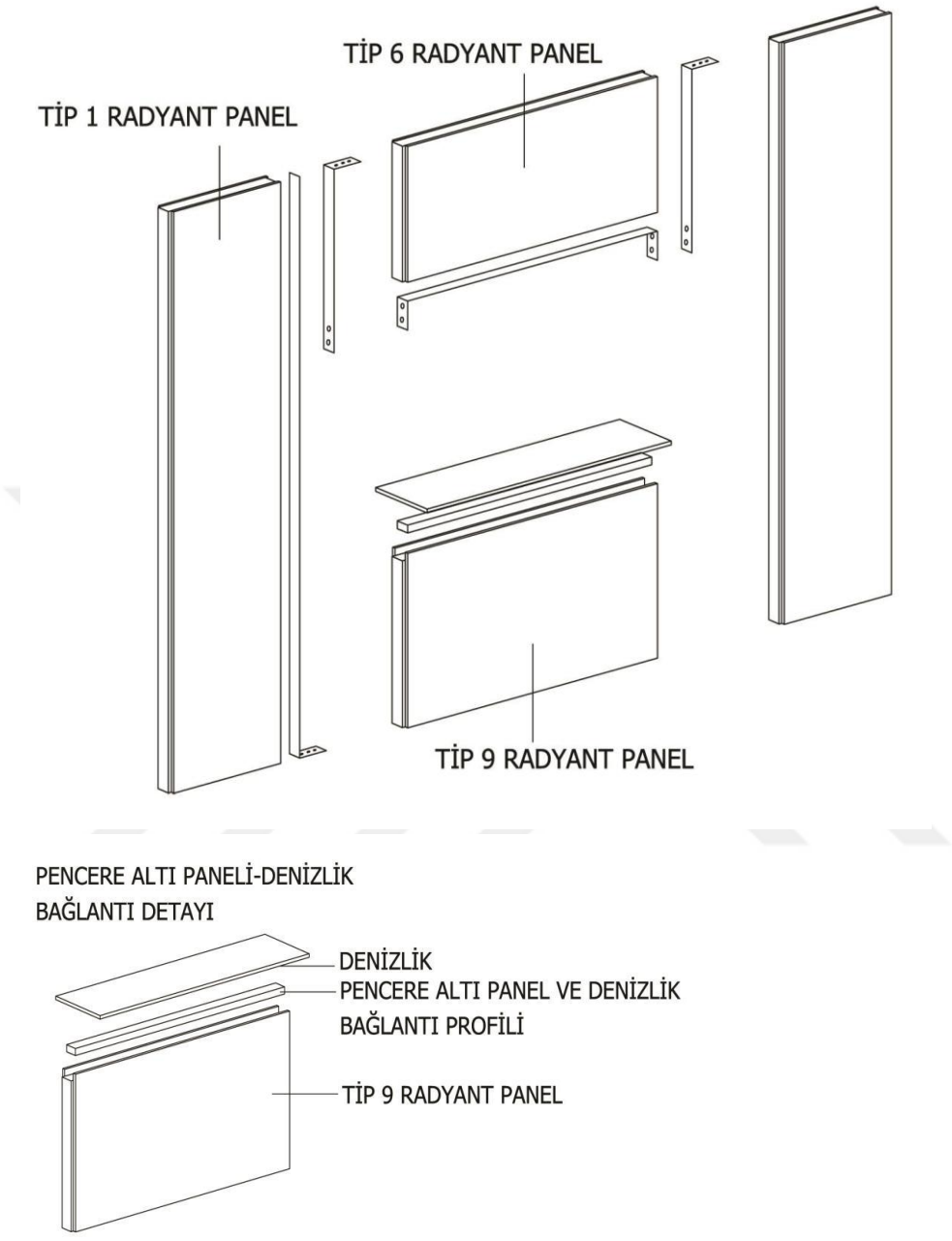
3.2.4.5 Panellerin Tavan ve Döşemeye Yardımcı Elemanlarla Montajı



Şekil 3.11 Panellerin tavana, döşemeye ve birbirine bağlantısı [1]

Panellerin tavana, döşemeye ve birbirine bağlantısı Şekil 3.11'de görülen L profiller tavana ve döşemeye vidalanarak sağlanmaktadır.

3.2.4.6 Kapı ve Pencere Üstü Panellerin Bağlantısına İlişkin Detaylar



Şekil 3.12 Duvar paneli-pencere detayına ilişkin detaylar [1]

Pencere altı, kapı üstü gibi kısımlar modüler olarak tasarlanan ölçülerin dışında olduğundan, bu kısımlar için özel boyutlarda paneller önerilmiştir. Şekil 3.12'de pencere altı ve üstü panellerinin birleşim detayları yer almaktadır. Pencere üstü panelinin ağırlığının pencereye bindirilmemesi için panel altından yan profillere bağlanan özel bir sistem önerilmiştir. Alt panelde ise panel içerisine gömülü olan profil yardımıyla denizlik bağlantısı yapılmıştır.

BÖLÜM 4

DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1 Deneylerde Kullanılan Cihaz

Testo 480 iklimlendirme ile ilgili parametrelerin ölçülmesi, havalandırma ve klima sistemlerinin değerlendirme ölçümleri ve ortam konfor analizlerinin yapılmasında kullanılan bir cihazdır. Cihaz, hava akış hızı, nem, basınç, sıcaklık ve ortalama ışınımsal sıcaklık değerlerini farklı problar yardımıyla ölçerek, ortamın ısısal konfor değerlendirmesinde baz alınan PMV ve PPD ölçümlerini otomatik olarak vermektedir.

Cihazın ana gövdesinde, ekran (1), menüde gezinmeyi ve genel ayarların yapılmasını sağlayan kontrol düğmeleri (3), USB ve SD kart girişleri (2,4) ve manyetik tutucu (5) bulunmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Testo 480 ölçüm cihazı

Cihazın alt ve üst kısmında farklı probların bağlanmasına olanak tanıyan prob girişleri ve basınç probu bulunmaktadır. Deneyler sırasında cihazda; nem probu ortalama ışınımsal sıcaklık ölçüm probu ve hava akış hızı ölçüm probu takılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.2'de probları bağlanmış ve çalışır durumda cihazın fotoğrafları yer almaktadır.

PMV ve PPD değerlerinin ölçümü için gerekli veriler ilgili problardan alınmış, sıcaklık değeri nem probundan alınmıştır. Ölçme değerlerini belirlemek için gerekli olan kişisel etmenler, istirahat halinde ve kışlık giyinmiş bir insan için düşünülmüş ve kıyafet değeri 1 clo, aktivite düzeyi ise 1 met olarak sabitlenmiştir.

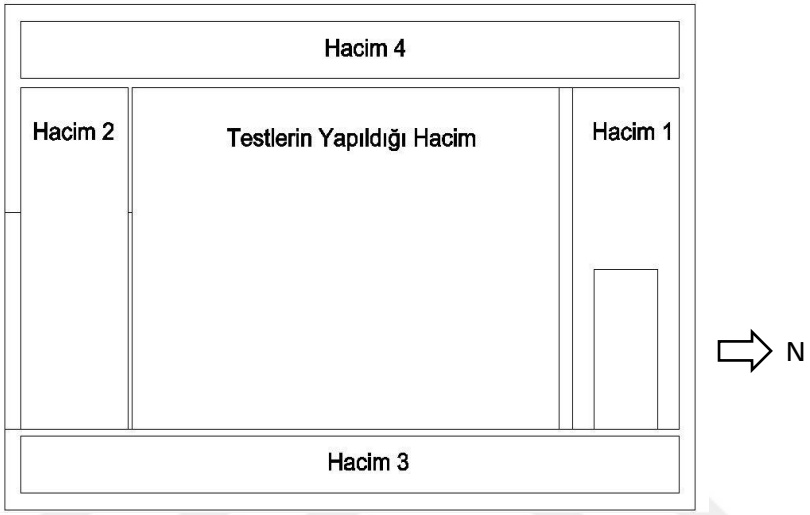


Şekil 4.2 Probları bağlanmış ve çalışır durumda cihazın fotoğrafları

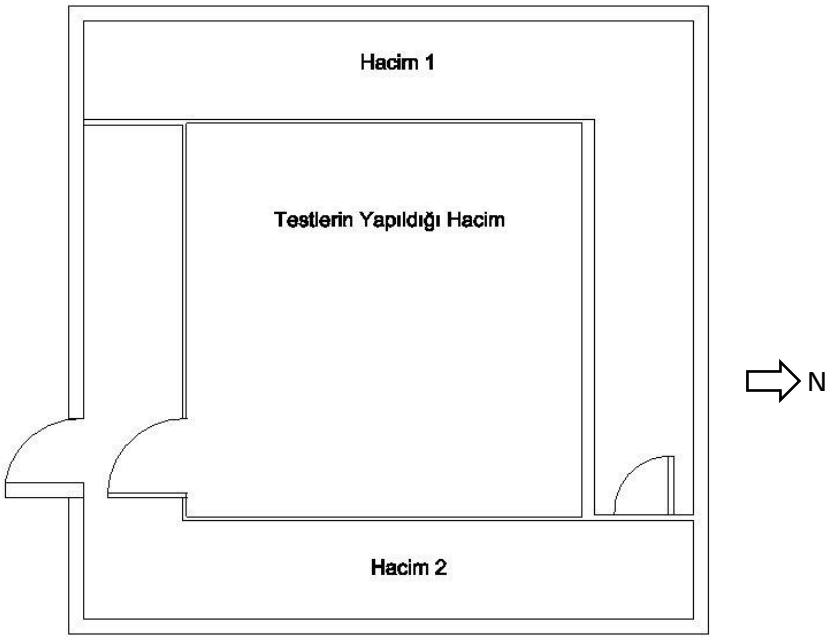
4.2 Deneyin Yapıldığı Ortam

Deneyler, 0462.STZ.2013-2 numaralı SAN-TEZ Proje kapsamında hazırlanan İstanbul, Beylikdüzü, Kıraç'ta, Mir ArGe binasında bulunan test odasında yapılmıştır. Test odası, deneylerin yapıldığı hacim ve farklı iklim koşullarının sağlanabildiği 4 çevre hacimden oluşmaktadır. Bu hacimler; dış ortam iklim koşullarının sağlanabildiği hacim 1, komşu

iç mekan koşullarının sağlandığı hacim 2, tavan hacmi olan hacim 3 ve zemin hacmi olan hacim 4 şeklindedir (Şekil 4.3). Bu hacimler bir çok farklı mekanın ve farklı iklim koşullarının modellenmesine imkan tanımaktadır. Hacim 1, hacim 3 ve hacim 4 klima sistemleri sayesinde istenilen dış ortam iklim koşullarını sağlayabilecek niteliktedir. Hacim 2 ise yine klimalar iç mekan koşullarını sağlayabilmektedir. Deneyler esnasında hacim 1 ve hacim 4, dış ortam olarak, hacim 2 ve hacim 3 iç mekan olarak koşullandırılmıştır.



Şekil 4.3 Test Odasının Kesiti

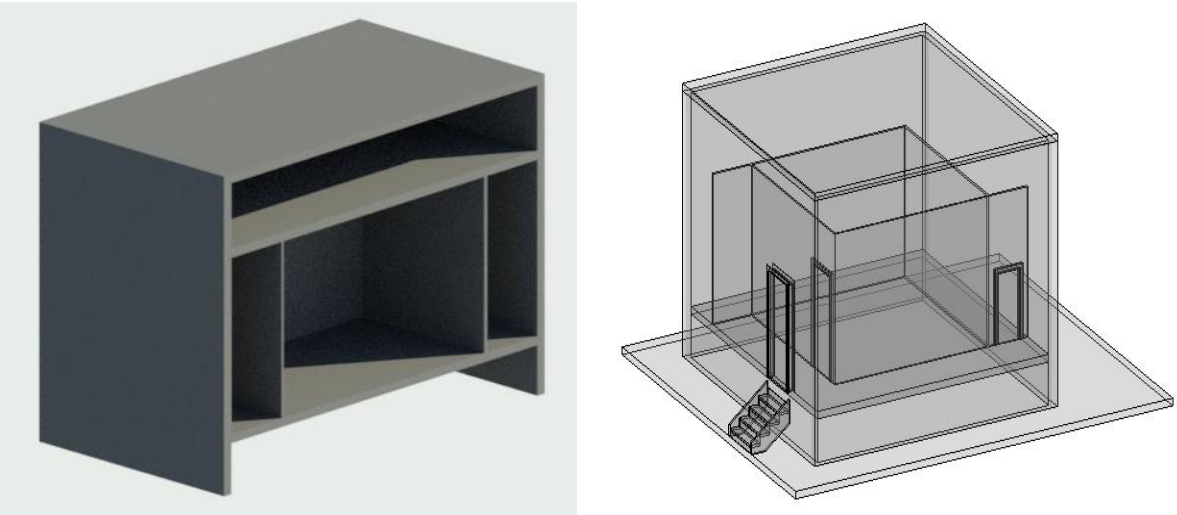


Şekil 4.4 Test Odasının Planı

Oda hacmi 4 x 4 x 3 m ölçülerinde olup test odası diğer hacimlerle birlikte 8 x 6.4 x 5.5 ölçülerindedir. Test odasının duvar yapıları projeye özgü olarak modüler panellerden oluşmaktadır. İmal edilen test odasının duvar elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı, ortalama bir binanın U değerine karşılık gelecek bir değer seçilmiştir. Bu değer belirlenirken; TS 825 [2] standardına göre; Türkiye'deki ısıtma-soğutma bölgeleri için duvarın sahip olması gereken ısı geçirgenlik katsayıları dikkate alınmıştır. Bu verilere göre; test odasının U değerleri çizelge 4.1 'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Test odası duvarlarının ısıl geçirgenlik katsayıları [1]

Duvar	**U değeri (W/m^2K)**
Dış duvar	0.4
İç duvar	0.8
Tavan	0.3
Taban	0.4

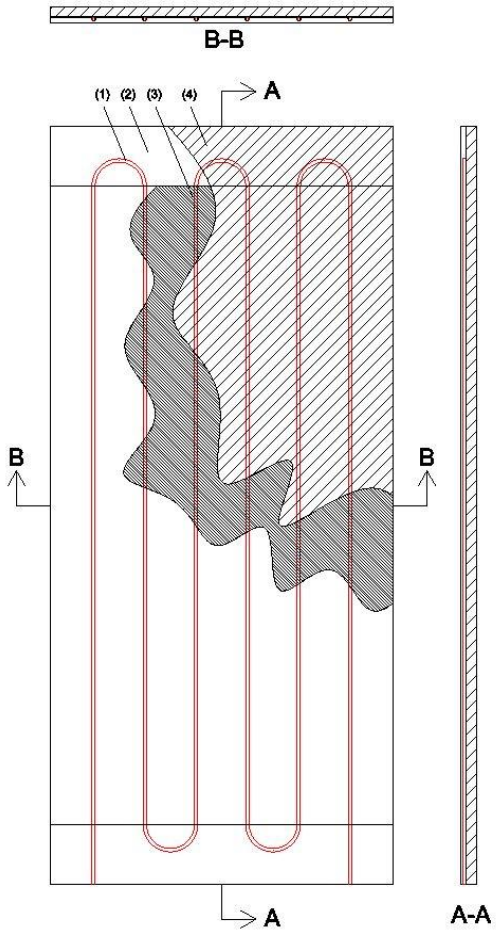


Şekil 4.5 Test Odasına Ait 3B Modeller [1]

Test odasının yan yüzeyleri; panellerin montajı ile oluşturulduktan sonra test odasının tavan yüzeyine ait paneller, panel yüzeyi oluşturan panellerin üzerine monte edilmiştir.

Yan yüzeyin panellerine, tavan panellerinin oturacağı yüzeyde, montaj kolaylığı açısından konstrüktif bir detay oluşturulmuştur. Yan yüzeye ait panellerin, tavan panellerinin oturacağı yerlerinde, panelin eni boyunca belirli kalınlıkta bir hacim alınmış ve tavan panellerinin oturacağı yüzeyde boşluk oluşturulmuştur. Karşılıklı iki yan yüzey panelinin boşluklarına, tavan paneli oturtulmuştur. Tavan panelinin anlatıldığı gibi montajının ardından, gerek sızdırmazlık gerek dayanım açısından taban panelleri, yan yüzey panelleri ve tavan panellerinin kesiştiği noktalara köpük sıkılmıştır.

Aradaki farkı gidermek ve test odasında hibrit duvar paneline yakın bir ısıl geçirgenlik değeri elde etmek amacıyla test odasının mevcut duvarına 15 mm alçı levhalar içerisine boruları döşenen ve arkasında 3 cm kalınlığında EPS olan duvar panelleri monte edilmiştir [1].



1	Ø10.1x1.1 mm pex-b boru
2	600x2500x15 mm alçı levha
3	Yapıştırıcı
4	600x2500x30 mm EPS

Şekil 4.6 Kullanılan panelin teknik resmi [1]

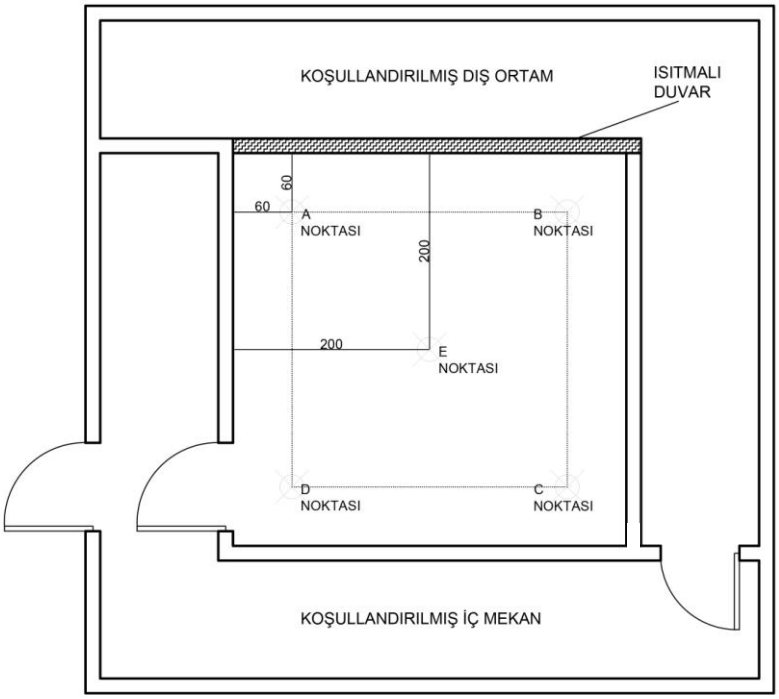
4.3 Deneyin Yapılışı

Ilıman iklim koşulları için, İstanbul örneği üzerinden yapılan çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün resmi sitesinden alınan verilere göre İstanbul'da 1950-2015 yılları arasında ölçülen, en soğuk aylar olan Ocak-Şubat ayları için ortalama en düşük sıcaklık 3,1 °C, ortalama en yüksek sıcaklık 9°C, ortalama sıcaklık ise 5,7 °C olarak belirtilmiştir [26]. Deneylerde kullanılan dış ortam sıcaklıkları, 0462.STZ.2013-2 numaralı SAN-TEZ Proje kapsamında hazırlanan diğer tezlerle uyumluluk göstermesi açısından -3°C, 0°C, 5°C olarak belirlenmiştir. Deneyler sırasında, koşullandırılmış iç ortam ve taban sıcaklığı 20°C olarak, tavan hacmi ise dış ortam sıcaklığına bağlı olarak ayarlanmıştır. Ortam içerisinde ölçüm alınan noktalar 4x4x3 m olan oda içerisinde duvarlardan 60 cm çekilerek oluşturulan hattın köşe noktaları ve odanın orta noktası olarak alınmıştır (Şekil 4.7). Test odasında, iki duvarda yüzeyden ısıtma sistemi olmasına rağmen, gerek hacmin küçük olması, gerekse hacimde saydam alanların bulunmaması sebebiyle tek yüzeyden ısıtma yapılması tercih edilmiştir.

Ölçümün nasıl yapılacağına ilişkin sistematiğin belirlenmesi için deney öncesinde deneme ölçümleri yapılmıştır. Deneylerde, yüzeyden ısıtma - soğutmalı hazır duvar sisteminin, dış ortam sıcaklığının -3°C, 0°C, 5°C olduğu ve sisteme gönderilen suyun vana giriş sıcaklığının 32°C, 35°C ve 40°C olduğu toplam 9 durum için oda içerisinde belirlenen 5 noktadan, 0,3 , 0,6 ve 1m için sıcaklık, ortalama ışınımsal sıcaklık, nem ve hava akış hızı değerleri ölçülerek PMV ve PPD verilerine ulaşılarak, performans analizlerinin yapılması amaçlanmıştır.

Ölçümler, Mayıs 2016'da, 4 günde ikişer ölçüm, bir günde ise tek bir ölçüm yapılarak toplam 5 günde tamamlanmıştır. Ölçümlere, iç ve dış ortamlar istenilen derecelere kadar soğutularak başlanmıştır.Daha sonra, tüm kapılar kapatılarak, sistem içerisine sıcak su gönderildiği anda A noktasından ölçüme başlayıp, yaklaşık 10 dakika sonunda 5 noktanın ölçümleri alınmıştır. A noktasından bir önceki alınan ölçümden 15 dakika sonra tekrar A noktasından başlanarak her 15 dakikada bir ölçüm yapılmıştır. Deney, oda sıcaklığı rejime girdiği anda (sabitlendiğinde) durdurulmuştur. Deneyler süresince,

test odasında yalnızca bir kişi bulunmuştur ve test odasının kapıları asla açılmamıştır, aksi durumlarda deneye yeniden başlanmıştır. Bir kişi ise test odasının dışında bulunan kontrol panelinin başında durmuş, gerek sıcak su gönderme işleminin başlatılması gerekse ısıtma ve soğutma sistemlerinde meydana gelebilecek aksiliklerin anında fark edilebilmesi için daimi olarak verileri izlemiştir.

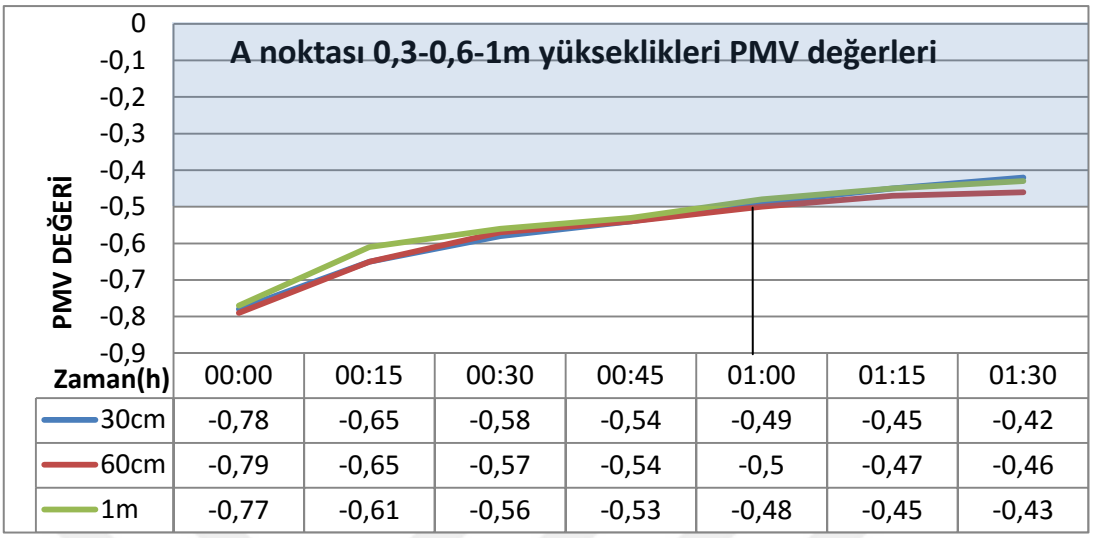


Şekil 2.7 Test odası ölçüm noktaları

4.4 Ölçmelerin Değerlendirilmesi

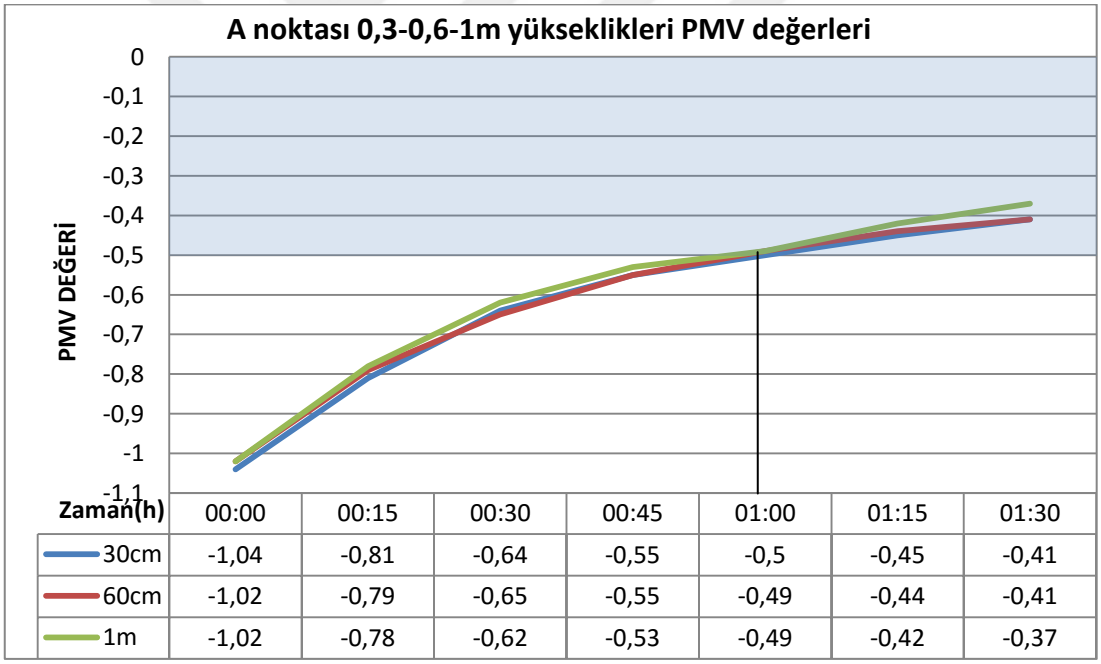
Dış ortam sıcaklığının (DOS) -3°C, 0°C, 5°C olduğu, vana giriş suyu sıcaklığının (VGS) 32°C, 35°C, 40°C durumlar için oda içerisinde 5 farklı noktadan, üç farklı yükseklikten alınan ölçüm sonuçları arasındaki farkları daha net bir şekilde ortaya koyabilmek açısından, tez içeriğinde her bir noktanın, 32°C ve 40°C vana giriş suyu sıcaklıklarına ait -3°C ve 5°C dış ortam sıcaklığı değerleri karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Her bir noktaya ait PMV değerleri ile yalnızca E noktasına ait sıcaklık ve ortalama ışınımsal sıcaklık (OIS) grafikleri değerlendirilmiştir. Diğer tüm noktalarda ölçülen değerler birbirine çok yakın olduğu için gerek test odasının orta noktası olması, gerekse son ölçüm yapılan nokta olması nedeniyle E noktasına ait ölçüm sonuçlarına yer verilmiştir.

- Vana giriş suyu sıcaklığının 32°C olduğu, koşullandırılmış dış ortam sıcaklığının -3°C ve 5°C olduğu durumlar için elde edilen verilerin karşılaştırılması:



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30
30cm	-0,78	-0,65	-0,58	-0,54	-0,49	-0,45	-0,42
60cm	-0,79	-0,65	-0,57	-0,54	-0,5	-0,47	-0,46
1m	-0,77	-0,61	-0,56	-0,53	-0,48	-0,45	-0,43

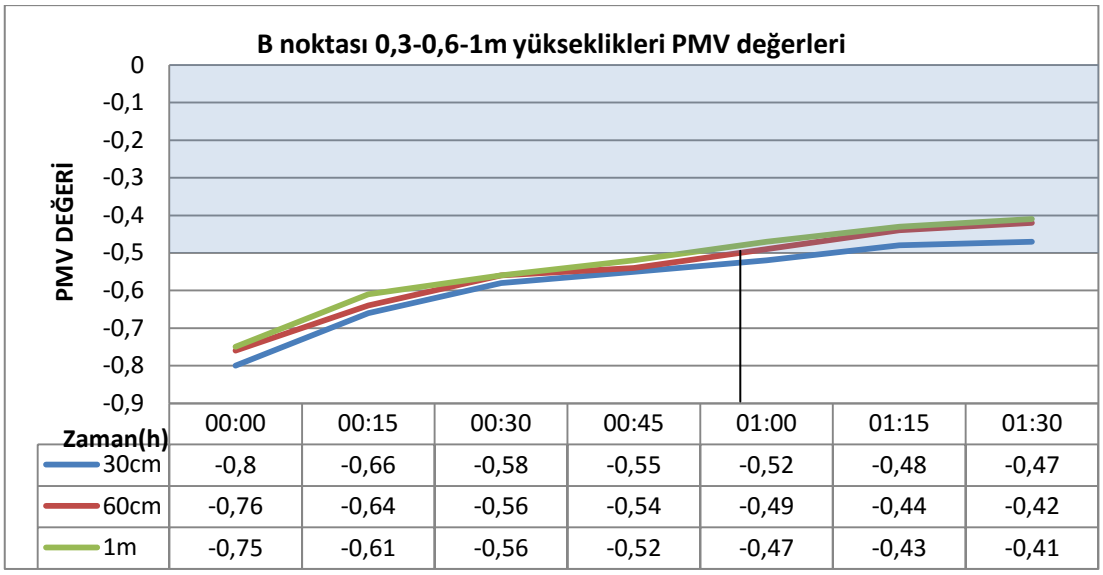
Şekil 4.8 A noktası, -3°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30
30cm	-1,04	-0,81	-0,64	-0,55	-0,5	-0,45	-0,41
60cm	-1,02	-0,79	-0,65	-0,55	-0,49	-0,44	-0,41
1m	-1,02	-0,78	-0,62	-0,53	-0,49	-0,42	-0,37

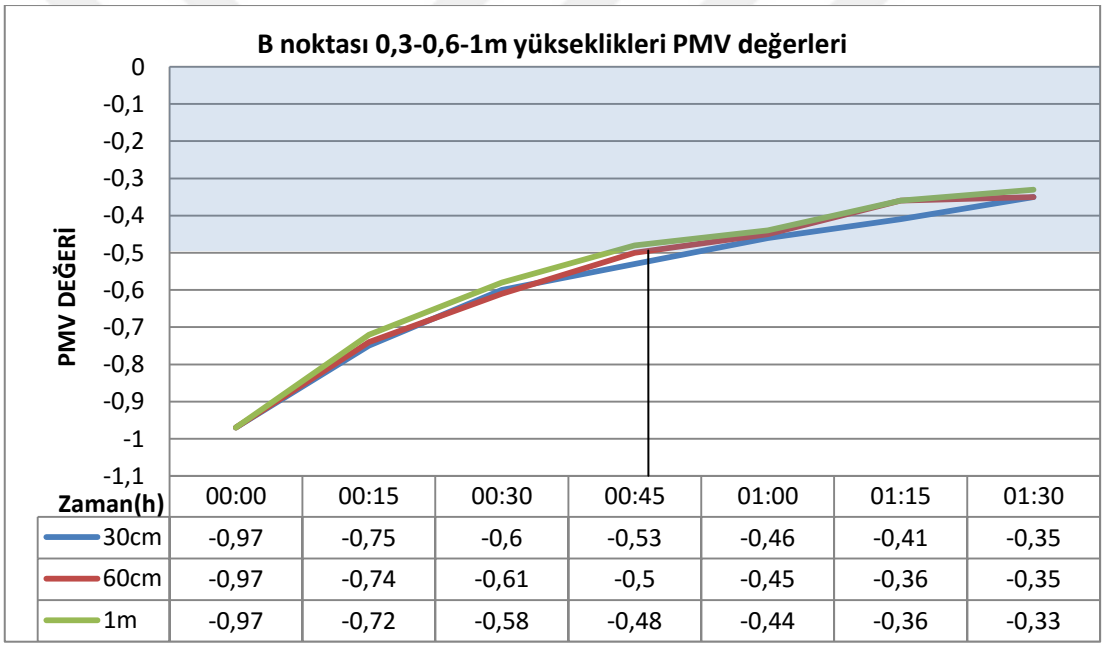
Şekil 4.9 A noktası, 5°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri

A noktasında vana giriş suyu sıcaklığı 32°C iken, dış ortam sıcaklığının -3°C ve 5°C olduğu durumlar karşılaştırıldığında, her iki durumda da sistem 58. dakikadan sonra konfor aralığına girmiş olmasına rağmen, PMV değerlerinde meydana gelen değişikliklere bakıldığında sırasıyla 0,3 ve 0,5 birimlik farklar olduğu görülmektedir. Dolayısıyla dış ortam sıcaklığının 5°C olduğu durumda, PMV ölçeğinde değerlerin nötr (0) durumuna daha yakın olduğu izlenmiştir.



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30
30cm	-0,8	-0,66	-0,58	-0,55	-0,52	-0,48	-0,47
60cm	-0,76	-0,64	-0,56	-0,54	-0,49	-0,44	-0,42
1m	-0,75	-0,61	-0,56	-0,52	-0,47	-0,43	-0,41

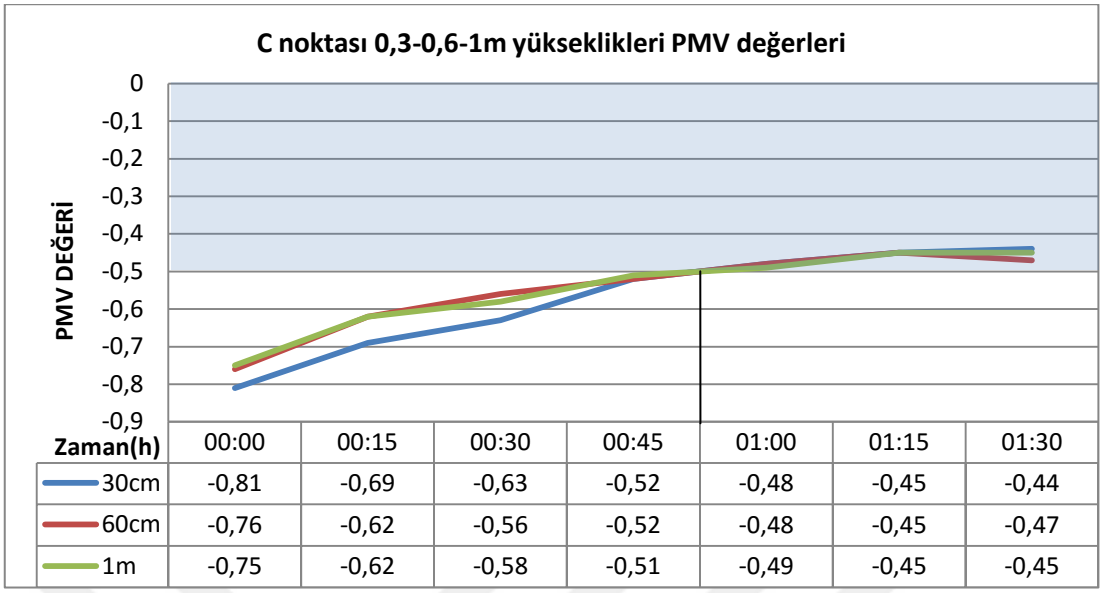
Şekil 4.10 B noktası, -3°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30
30cm	-0,97	-0,75	-0,6	-0,53	-0,46	-0,41	-0,35
60cm	-0,97	-0,74	-0,61	-0,5	-0,45	-0,36	-0,35
1m	-0,97	-0,72	-0,58	-0,48	-0,44	-0,36	-0,33

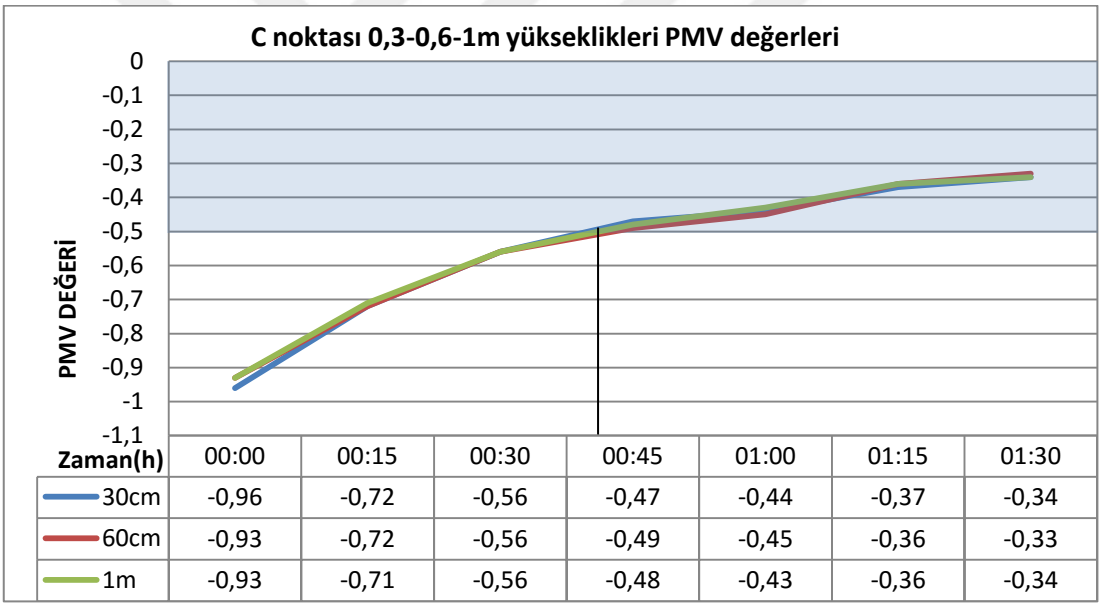
Şekil 4.11 B noktası, 5°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri

B noktasında dış ortam sıcaklığının -3 °C olduğu durumda sistem 55. dakikada 21,2°C'den, 5°C olduğu durumda ise 47. dakikada 21,1°C'den itibaren konfor aralığına girmiştir. B noktası ana ısıtıcı boruların geçtiği nokta olduğu için daha fazla ısınmaktadır bu nedenle, bu noktada farklı yüksekliklerdeki PMV değerleri arasındaki farklar diğer noktalara göre daha fazladır. Ayrıca dış ortam sıcaklığı 5°C iken, PMV değeri daha erken konfor aralığına girmektedir.



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30
30cm	-0,81	-0,69	-0,63	-0,52	-0,48	-0,45	-0,44
60cm	-0,76	-0,62	-0,56	-0,52	-0,48	-0,45	-0,47
1m	-0,75	-0,62	-0,58	-0,51	-0,49	-0,45	-0,45

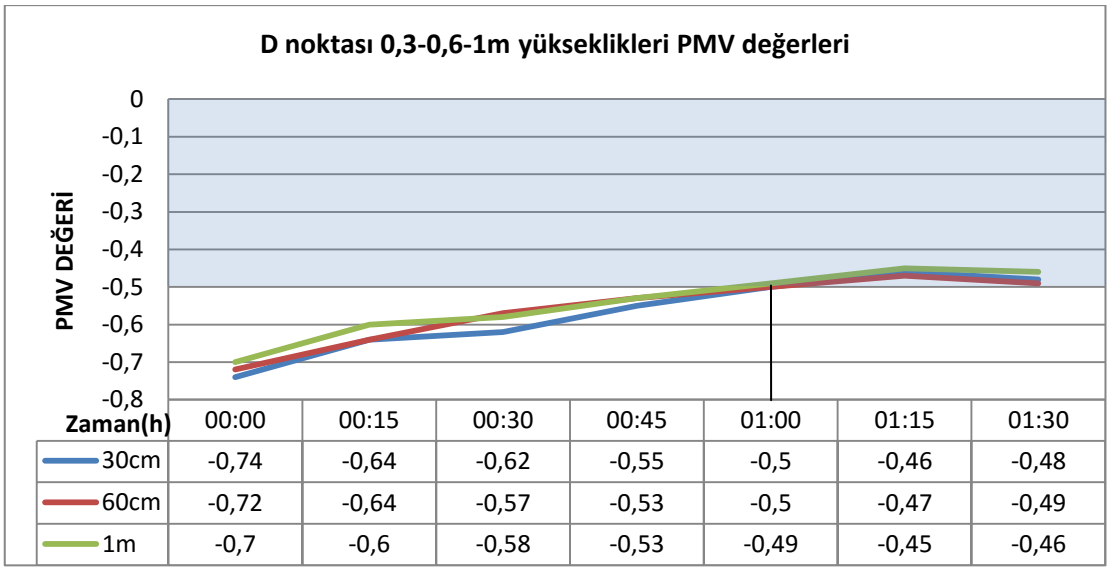
Şekil 4.12 C noktası, -3°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30
30cm	-0,96	-0,72	-0,56	-0,47	-0,44	-0,37	-0,34
60cm	-0,93	-0,72	-0,56	-0,49	-0,45	-0,36	-0,33
1m	-0,93	-0,71	-0,56	-0,48	-0,43	-0,36	-0,34

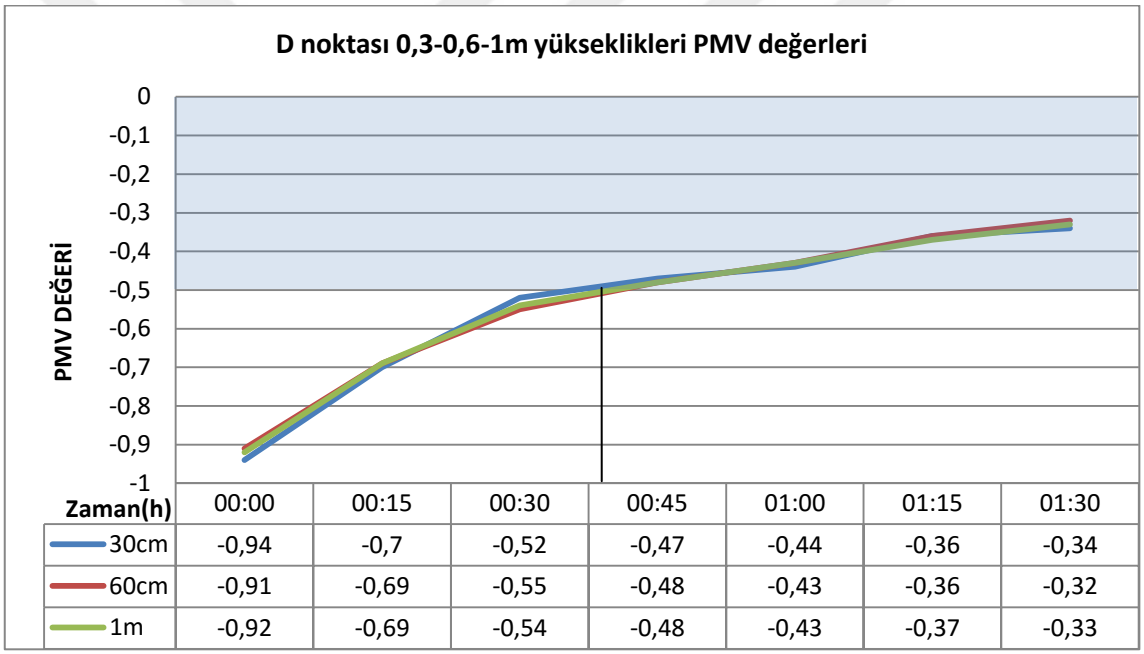
Şekil 4.13 C noktası, 5°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri

C noktasında dış ortam sıcaklığının -3 °C olduğu durumda sistem 52. dakikada 21,3°C'den, 5°C olduğu durumda ise 40. dakikada 21,3°C'den itibaren konfor aralığına girmiştir. Bu noktada dış ortam sıcaklığının -3°C olduğu durumda, başlangıçta 30cm yükseklikte konfor durumu diğer noktalara göre düşük seyretmiş fakat konfor aralığına girdikten sonra yakın değerler gözlenmiştir. Dış ortam sıcaklığı 5°C iken, -3°C olduğu duruma göre PMV değeri daha erken konfor aralığına girmektedir.



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30
30cm	-0,74	-0,64	-0,62	-0,55	-0,5	-0,46	-0,48
60cm	-0,72	-0,64	-0,57	-0,53	-0,5	-0,47	-0,49
1m	-0,7	-0,6	-0,58	-0,53	-0,49	-0,45	-0,46

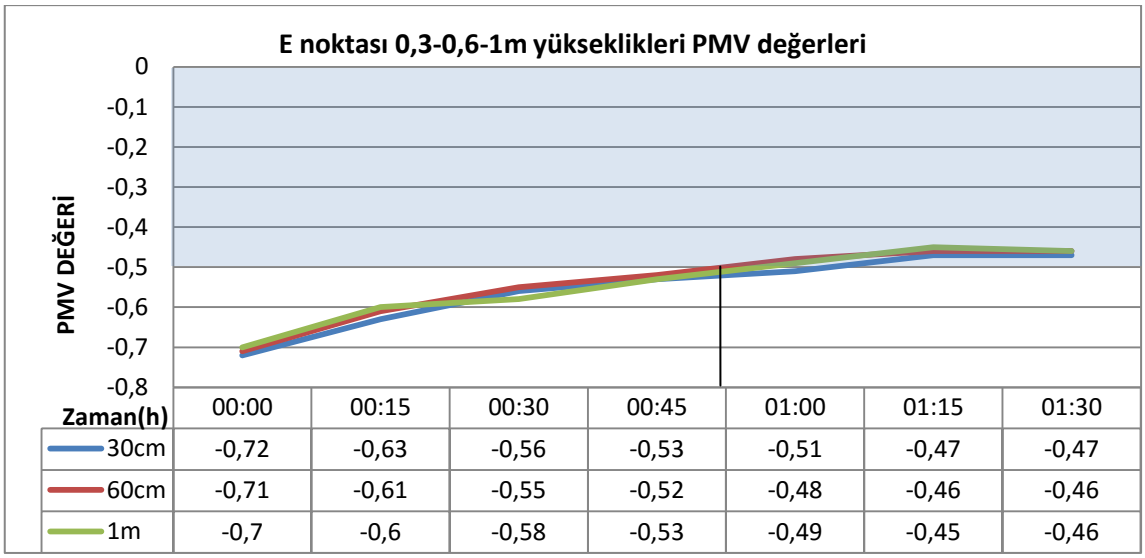
Şekil 4.14 D noktası,-3°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30
30cm	-0,94	-0,7	-0,52	-0,47	-0,44	-0,36	-0,34
60cm	-0,91	-0,69	-0,55	-0,48	-0,43	-0,36	-0,32
1m	-0,92	-0,69	-0,54	-0,48	-0,43	-0,37	-0,33

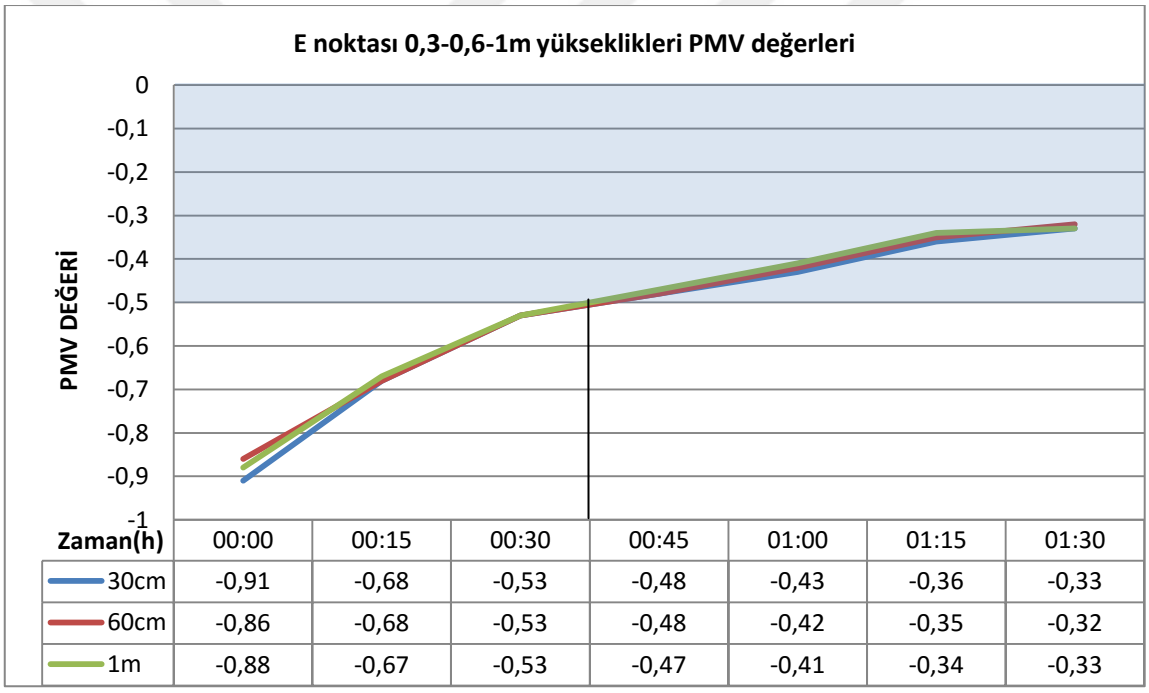
Şekil 4.15 noktası, 5°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri

D noktasında dış ortam sıcaklığının -3 °C olduğu durumda sistem 60. dakikada 21,2°C'den, 5°C olduğu durumda ise 38. dakikada 21,2°C'den itibaren konfor aralığına girmiştir. D noktası kapıya en yakın noktadır, bu nedenle diğer noktalara göre daha geç konfor aralığına girmiştir. Bu noktada da dış ortam sıcaklığının -3°C olduğu durumda, başlangıçta farklı yüksekliklerde PMV değeri çok yakın seyretmemiş fakat konfor aralığına girdikten sonra yakın değerler gözlenmiştir. dış ortam sıcaklığı 5°C iken farklı yüksekliklerde PMV değerleri birbirine çok yakındır. Dış ortam sıcaklığı 5°C olduğu durumda, PMV değerleri çok daha erken konfor aralığına girmektedir.



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30
30cm	-0,72	-0,63	-0,56	-0,53	-0,51	-0,47	-0,47
60cm	-0,71	-0,61	-0,55	-0,52	-0,48	-0,46	-0,46
1m	-0,7	-0,6	-0,58	-0,53	-0,49	-0,45	-0,46

Şekil 4.16 E noktası,-3°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri

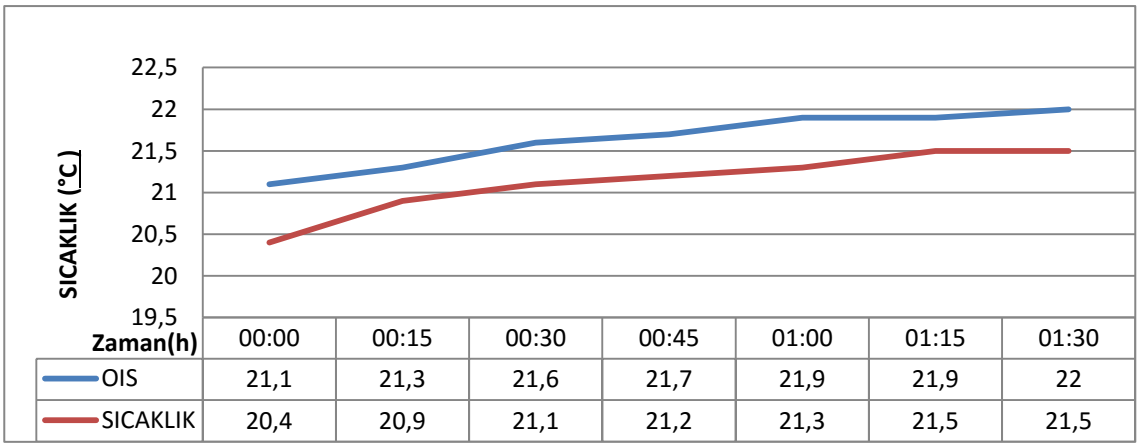


Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30
30cm	-0,91	-0,68	-0,53	-0,48	-0,43	-0,36	-0,33
60cm	-0,86	-0,68	-0,53	-0,48	-0,42	-0,35	-0,32
1m	-0,88	-0,67	-0,53	-0,47	-0,41	-0,34	-0,33

Şekil 4.17 E noktası, 5°C dış ortam, 32°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri

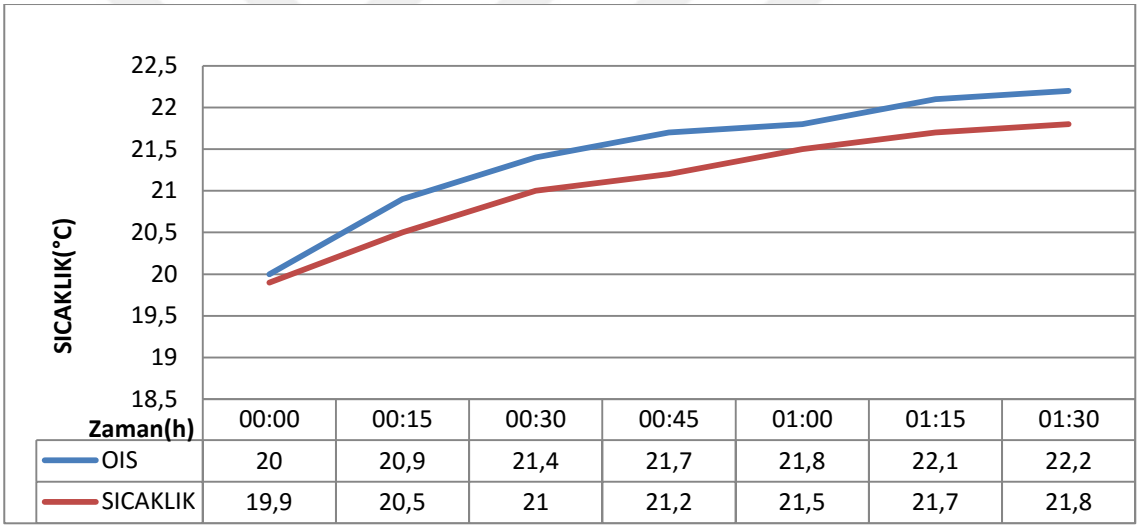
E noktasında dış ortam sıcaklığının -3°C olduğu durumda sistem 48. dakikada 21,3°C'den, 5°C olduğu durumda ise 37. dakikada 21,2°C'den itibaren konfor aralığına girmiştir. Farklı yüksekliklerde PMV değerleri birbirine çok yakındır. Sistemin başlangıç noktası olan A noktasında yapılan ölçümlerde -3°C ile 5°C dış ortam sıcaklığına ait PMV değerleri ve konfor aralığına girme süreleri arasındaki farklar çok belirgin değilken, E noktasına yaklaştıkça performans farkları artmıştır. 32°C vana giriş suyu sıcaklığı, dış ortam sıcaklığının 5°C olduğu durumda daha iyi performans sergilemiştir.

- Vana giriş suyu sıcaklığının 32°C olduğu, dış ortam sıcaklığının -3°C ve 5°C olduğu durumlar için E noktasına ait sıcaklık ve OIS değerlerine ait grafikler:



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30
OIS	21,1	21,3	21,6	21,7	21,9	21,9	22
SICAKLIK	20,4	20,9	21,1	21,2	21,3	21,5	21,5

Şekil 4.18 E noktası, -3°C dış ortam sıcaklığı, 32°C vana giriş suyu sıcaklığında, sıcaklık-ortalama ışınımsal sıcaklık değişimi (60cm)

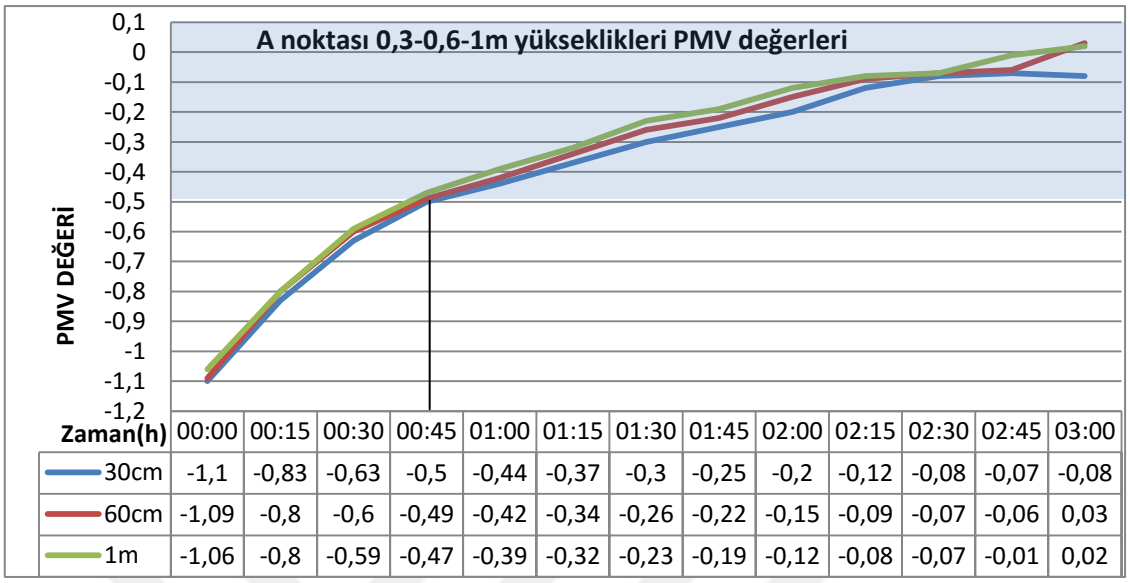


Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30
OIS	20	20,9	21,4	21,7	21,8	22,1	22,2
SICAKLIK	19,9	20,5	21	21,2	21,5	21,7	21,8

Şekil 4.19 E noktası, 5°C dış ortam sıcaklığı, 32°C vana giriş suyu sıcaklığında, sıcaklık-ortalama ışınımsal sıcaklık değişimi (60cm)

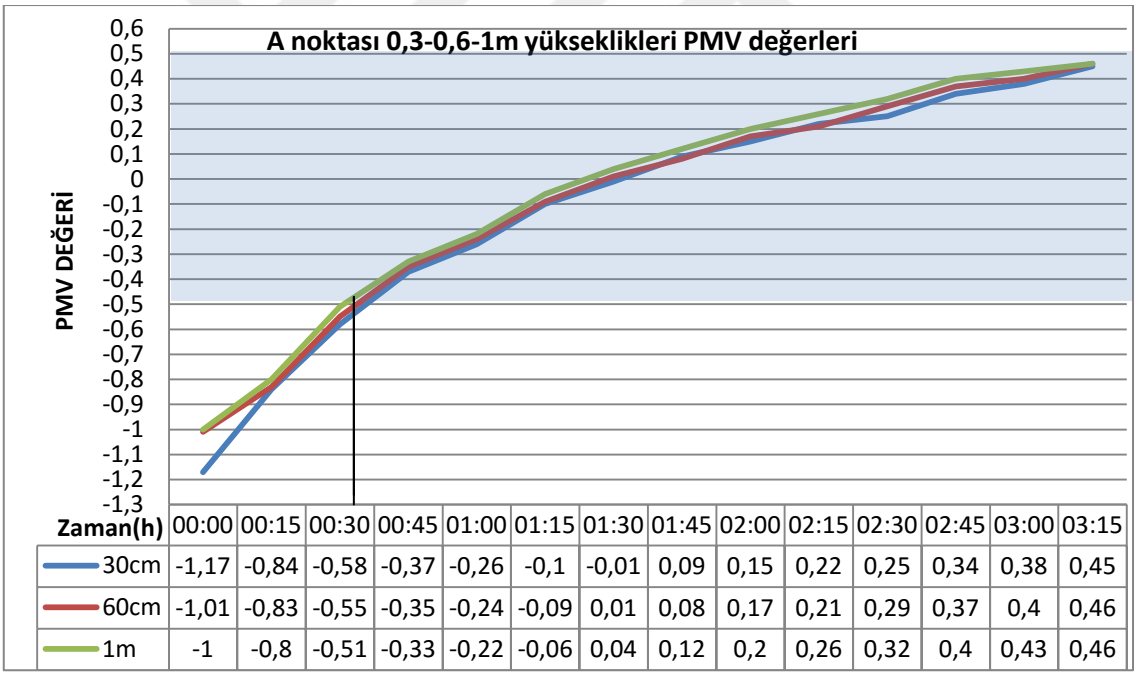
Dış ortam sıcaklığının -3 olduğu durumda test odasında 1.1°C'lik, 5°C olduğu durumda 1,9°C'lik sıcaklık artışı olmuştur. 32°C vana giriş suyu sıcaklığında dış ortam sıcaklığının -3°C ve 5°C olduğu her iki durum için de sistemler 21,1°C-21,3°C sıcaklık aralığında iken konfor aralığına girmiştir. Ortalama ışınımsal sıcaklık-iç hava sıcaklığı farkı dış ortam sıcaklığının 5°C olduğu durumda başlangıçta çok azken sonradan artmıştır. Her iki ölçümde de OIS değeri, ortam sıcaklığından yüksektir. Bu tercih edilen bir durumdur. Bunun nedeni sistemin büyük oranda radyasyonla ısı transferi gerçekleştiriyor olmasıdır.

- Vana giriş suyu sıcaklığının 40°C olduğu, koşullandırılmış dış ortam sıcaklığının -3°C ve 5°C olduğu durumlar için elde edilen verilerin karşılaştırılması:



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00
30cm	-1,1	-0,83	-0,63	-0,5	-0,44	-0,37	-0,3	-0,25	-0,2	-0,12	-0,08	-0,07	-0,08
60cm	-1,09	-0,8	-0,6	-0,49	-0,42	-0,34	-0,26	-0,22	-0,15	-0,09	-0,07	-0,06	0,03
1m	-1,06	-0,8	-0,59	-0,47	-0,39	-0,32	-0,23	-0,19	-0,12	-0,08	-0,07	-0,01	0,02

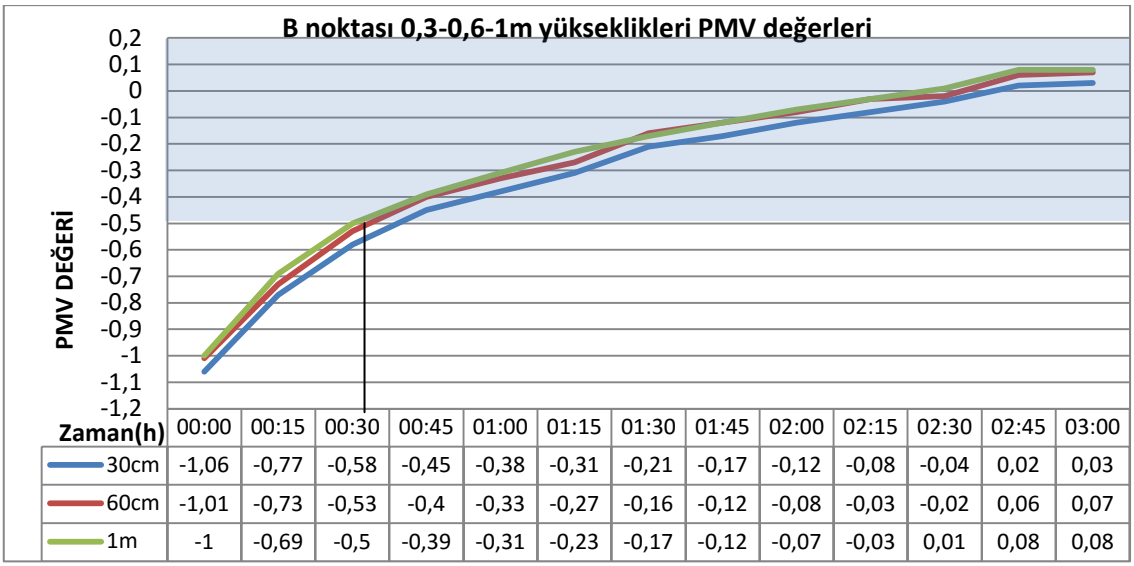
Şekil 4.20 A noktası, -3°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15
30cm	-1,17	-0,84	-0,58	-0,37	-0,26	-0,1	-0,01	0,09	0,15	0,22	0,25	0,34	0,38	0,45
60cm	-1,01	-0,83	-0,55	-0,35	-0,24	-0,09	0,01	0,08	0,17	0,21	0,29	0,37	0,4	0,46
1m	-1	-0,8	-0,51	-0,33	-0,22	-0,06	0,04	0,12	0,2	0,26	0,32	0,4	0,43	0,46

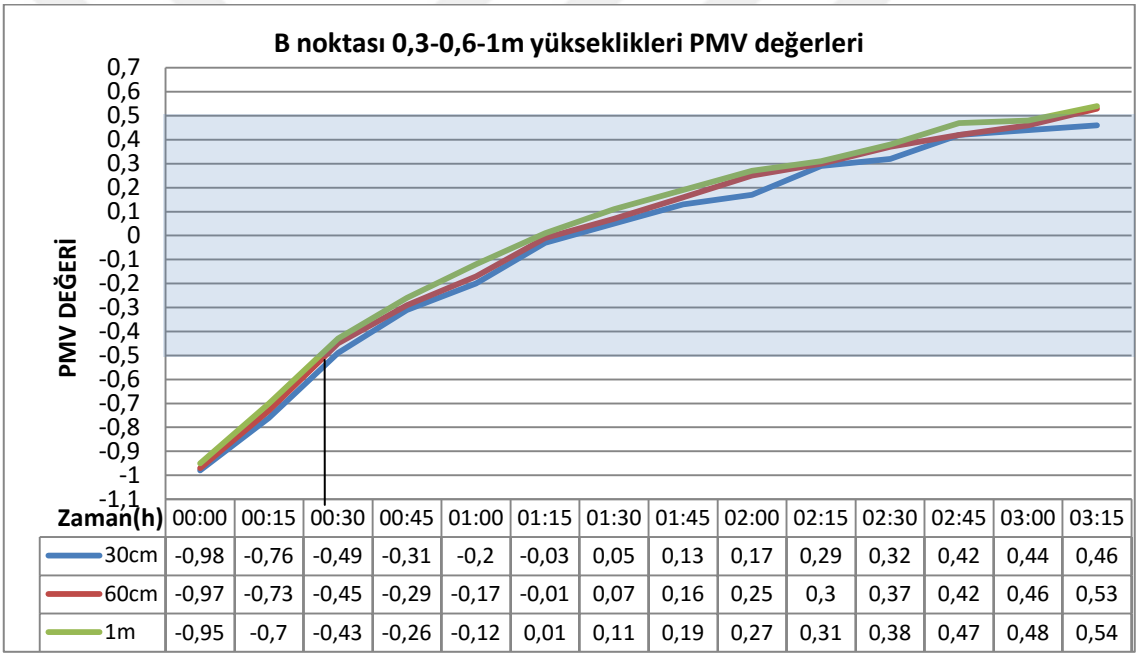
Şekil 4.21 A noktası, 5°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri

A noktasında dış ortam sıcaklığının -3°C olduğu durumda sistem 45. dakikada 21,4°C'den , 5°C olduğu durumda ise 35. dakikada 21,4°C'den itibaren konfor aralığına girmiştir. Yükseklikler arası konfor değerleri farkları son ölçümlere doğru bir miktar artış göstermiştir. Dış ortam sıcaklığı 5°C iken PMV değerinin -3°C dış sıcaklık durumuna göre daha erken konfor aralığına girdiği burada da gözlemlenmektedir.



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00
30cm	-1,06	-0,77	-0,58	-0,45	-0,38	-0,31	-0,21	-0,17	-0,12	-0,08	-0,04	0,02	0,03
60cm	-1,01	-0,73	-0,53	-0,4	-0,33	-0,27	-0,16	-0,12	-0,08	-0,03	-0,02	0,06	0,07
1m	-1	-0,69	-0,5	-0,39	-0,31	-0,23	-0,17	-0,12	-0,07	-0,03	0,01	0,08	0,08

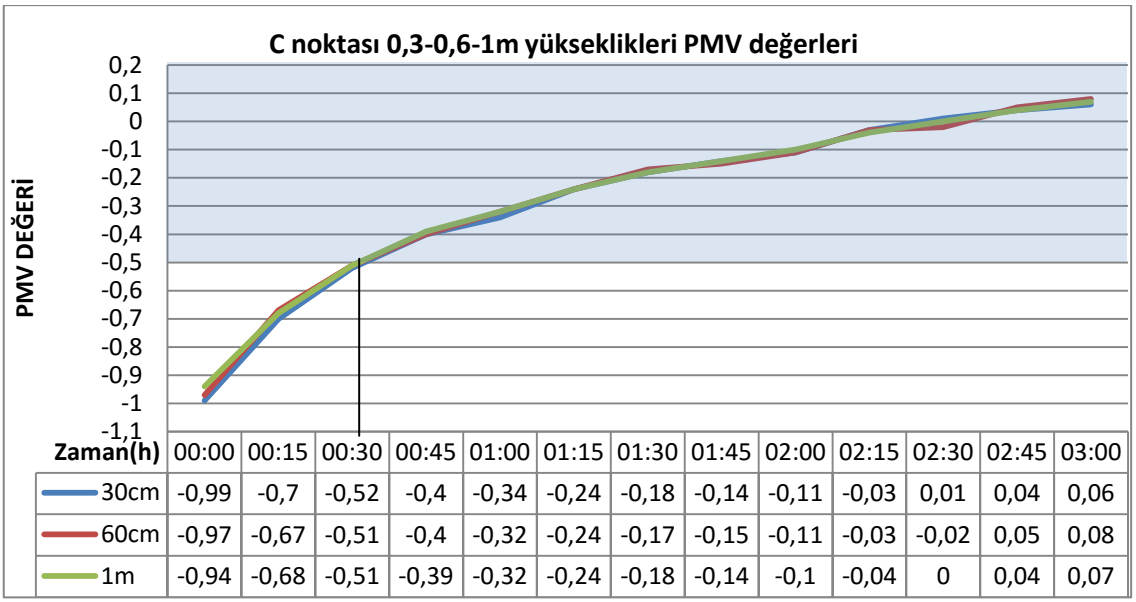
Şekil 4.22 B noktası,-3°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15
30cm	-0,98	-0,76	-0,49	-0,31	-0,2	-0,03	0,05	0,13	0,17	0,29	0,32	0,42	0,44	0,46
60cm	-0,97	-0,73	-0,45	-0,29	-0,17	-0,01	0,07	0,16	0,25	0,3	0,37	0,42	0,46	0,53
1m	-0,95	-0,7	-0,43	-0,26	-0,12	0,01	0,11	0,19	0,27	0,31	0,38	0,47	0,48	0,54

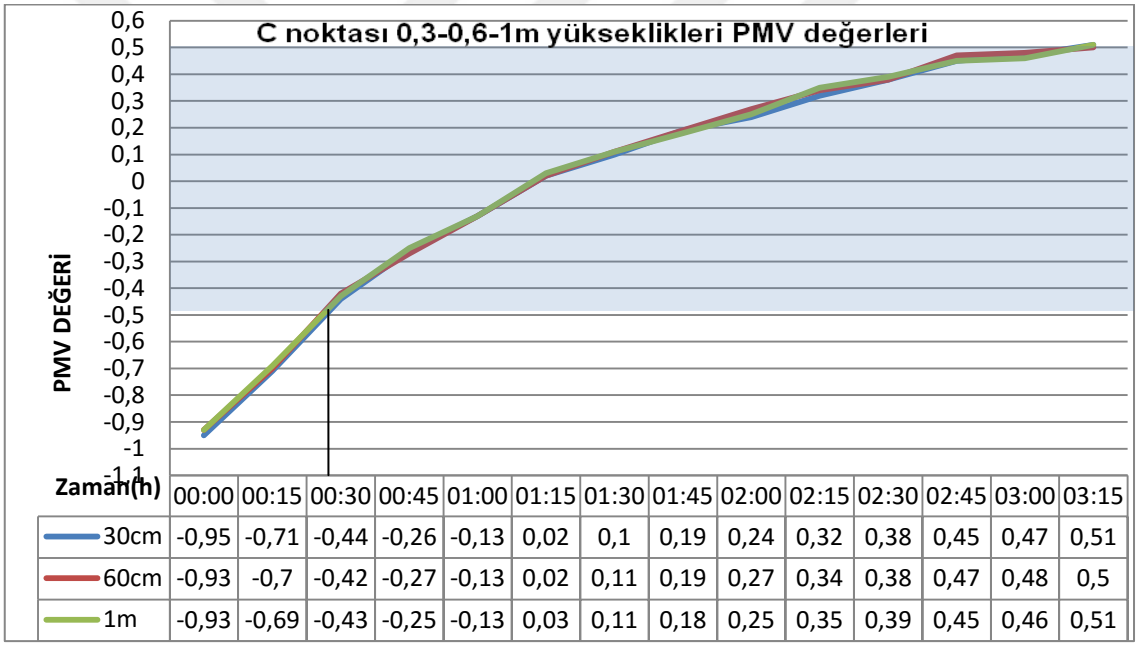
Şekil 4.23 B noktası, 5°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri

B noktasında dış ortam sıcaklığının -3 °C olduğu durumda sistem 32. dakikada 21,4°C'den , 5°C olduğu durumda ise 25. dakikada 21,3°C'den itibaren konfor aralığına girmiştir. B noktası konum itibariyle özel bir noktadır çünkü ana ısıtıcı borular bu köşeden geçmektedir. Bu nedenle en çok ısınan noktadır ve B noktasında yükseklikler arasındaki PMV değeri farkları diğer noktalara göre daha fazladır. Dış ortam sıcaklığının 5°C olduğu durumda 60cm ve 1m yüksekliklerinde PMV değeri pozitif yönde konfor aralığının dışına çıkmıştır. Bu durum 40°C vana giriş suyu sıcaklığında yaklaşık 3 saat sonra sıcak yönde konforsuzluk durumu belirlendiğini göstermektedir.



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00
30cm	-0,99	-0,7	-0,52	-0,4	-0,34	-0,24	-0,18	-0,14	-0,11	-0,03	0,01	0,04	0,06
60cm	-0,97	-0,67	-0,51	-0,4	-0,32	-0,24	-0,17	-0,15	-0,11	-0,03	-0,02	0,05	0,08
1m	-0,94	-0,68	-0,51	-0,39	-0,32	-0,24	-0,18	-0,14	-0,1	-0,04	0	0,04	0,07

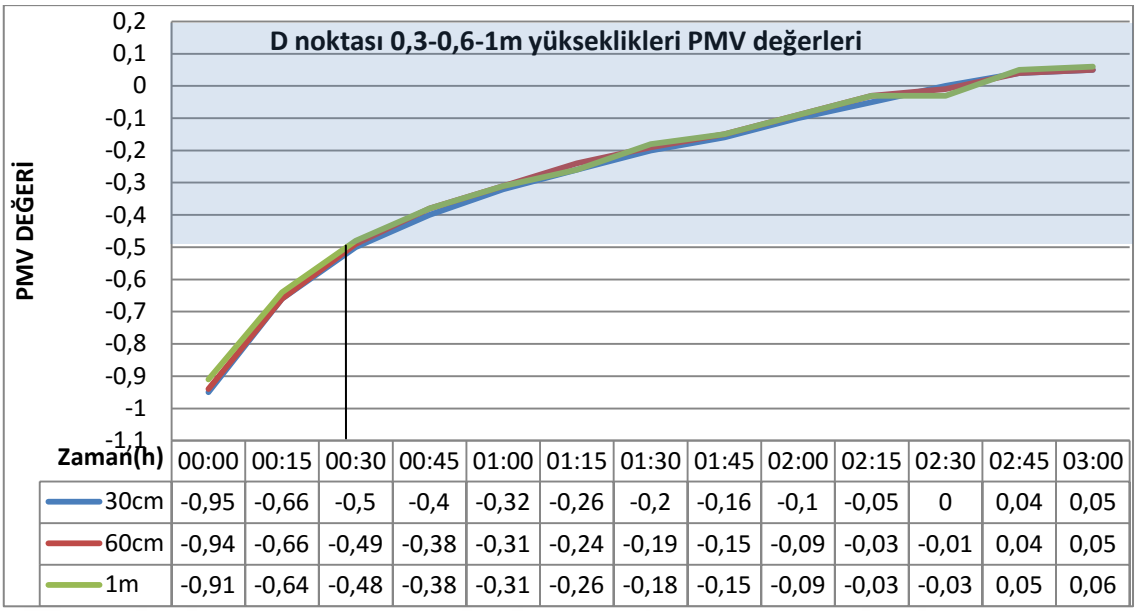
Şekil 4.24 C noktası, -3°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15
30cm	-0,95	-0,71	-0,44	-0,26	-0,13	0,02	0,1	0,19	0,24	0,32	0,38	0,45	0,47	0,51
60cm	-0,93	-0,7	-0,42	-0,27	-0,13	0,02	0,11	0,19	0,27	0,34	0,38	0,47	0,48	0,5
1m	-0,93	-0,69	-0,43	-0,25	-0,13	0,03	0,11	0,18	0,25	0,35	0,39	0,45	0,46	0,51

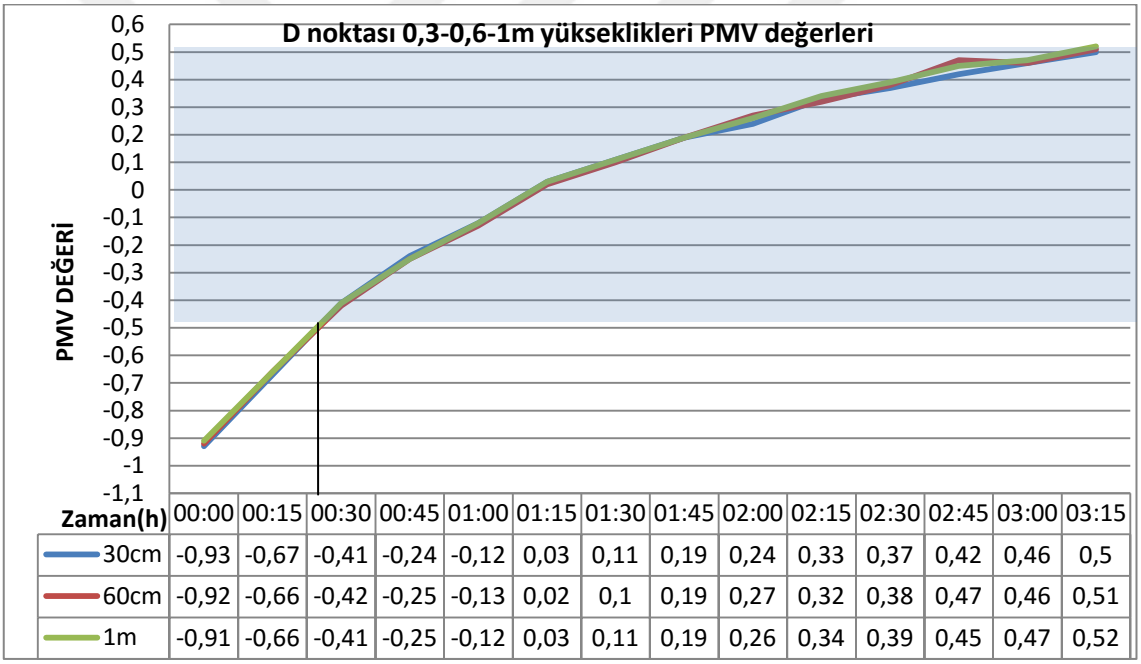
Şekil 4.25 C noktası, 5°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri

C noktasında dış ortam sıcaklığının -3°C olduğu durumda sistem 30. dakikada 21,4°C'den, 5°C olduğu durumda ise 26. dakikada 21,3°C'den itibaren konfor aralığına girmiştir. C noktasında farklı yüksekliklerde PMV değerleri neredeyse eşittir, oldukça homojen bir konfor durumu izlenmektedir. Dış ortam sıcaklığının 5°C olduğu durumda PMV değeri -3°C dış ortam sıcaklığına göre daha erken konfor aralığına girerken , 40°C vana giriş suyu sıcaklığında yine 3 saatten sonra sıcak yönde konforsuzluk durumu belirlendiği görülmektedir.



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00
30cm	-0,95	-0,66	-0,5	-0,4	-0,32	-0,26	-0,2	-0,16	-0,1	-0,05	0	0,04	0,05
60cm	-0,94	-0,66	-0,49	-0,38	-0,31	-0,24	-0,19	-0,15	-0,09	-0,03	-0,01	0,04	0,05
1m	-0,91	-0,64	-0,48	-0,38	-0,31	-0,26	-0,18	-0,15	-0,09	-0,03	-0,03	0,05	0,06

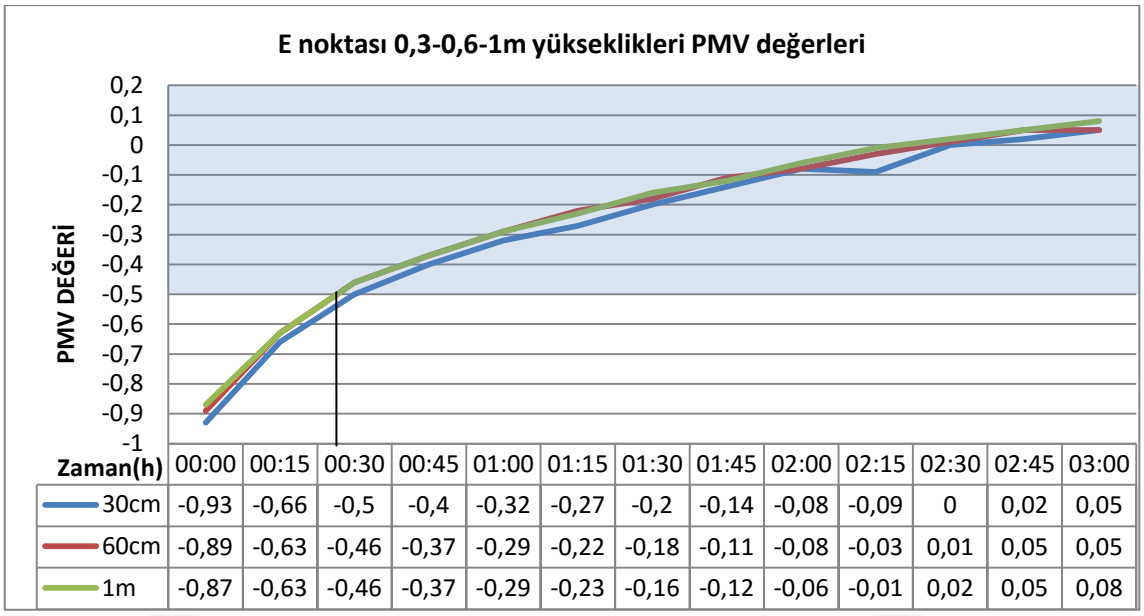
Şekil 4.26 D noktası, -3°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15
30cm	-0,93	-0,67	-0,41	-0,24	-0,12	0,03	0,11	0,19	0,24	0,33	0,37	0,42	0,46	0,5
60cm	-0,92	-0,66	-0,42	-0,25	-0,13	0,02	0,1	0,19	0,27	0,32	0,38	0,47	0,46	0,51
1m	-0,91	-0,66	-0,41	-0,25	-0,12	0,03	0,11	0,19	0,26	0,34	0,39	0,45	0,47	0,52

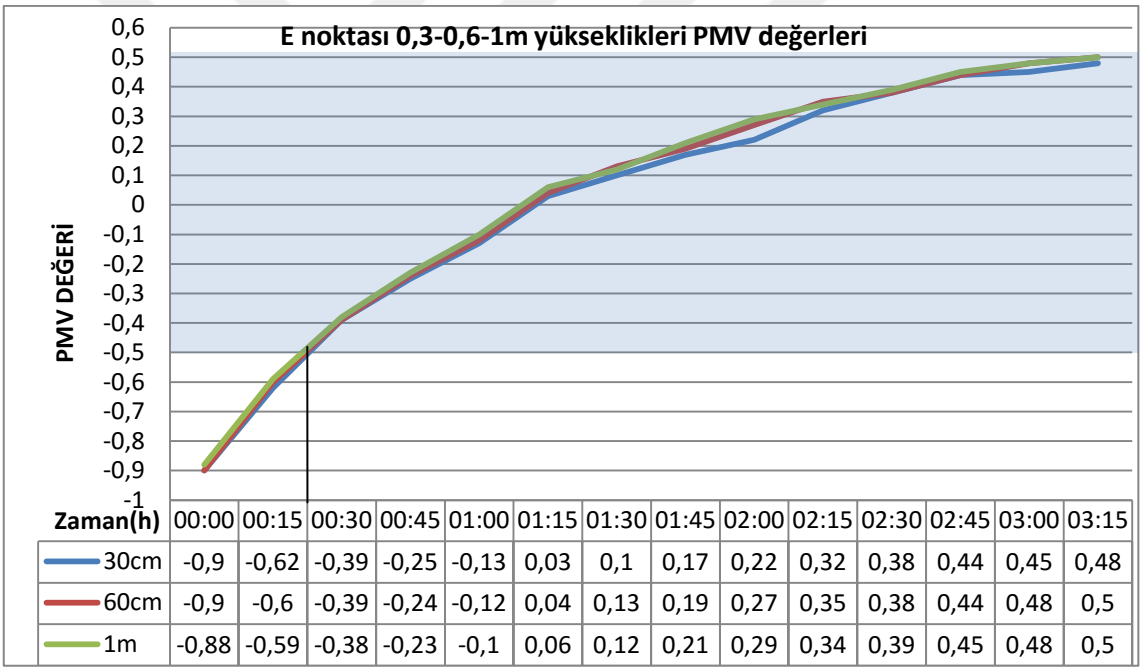
Şekil 4.27 D noktası,5°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri

D noktasında dış ortam sıcaklığının -3 °C olduğu durumda sistem 28. dakikada 21,4°C'den, 5°C olduğu durumda ise 24. dakikada 21°C'den itibaren konfor aralığına girmiştir. D noktası giriş kapısının olduğu köşededir. Buna rağmen farklı yüksekliklerde PMV değerleri neredeyse eşittir, oldukça homojen bir konfor durumu izlenmektedir. Dış ortam sıcaklığının 5°C olduğu durumda PMV değeri pozitif yönde konfor aralığının dışına çıkmıştır. Bu noktada da 3 saatten sonra PMV değeri sıcak yönde konforsuzluk durumu göstermektedir.



Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00
30cm	-0,93	-0,66	-0,5	-0,4	-0,32	-0,27	-0,2	-0,14	-0,08	-0,09	0	0,02	0,05
60cm	-0,89	-0,63	-0,46	-0,37	-0,29	-0,22	-0,18	-0,11	-0,08	-0,03	0,01	0,05	0,05
1m	-0,87	-0,63	-0,46	-0,37	-0,29	-0,23	-0,16	-0,12	-0,06	-0,01	0,02	0,05	0,08

Şekil 4.28 E noktası,-3°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri

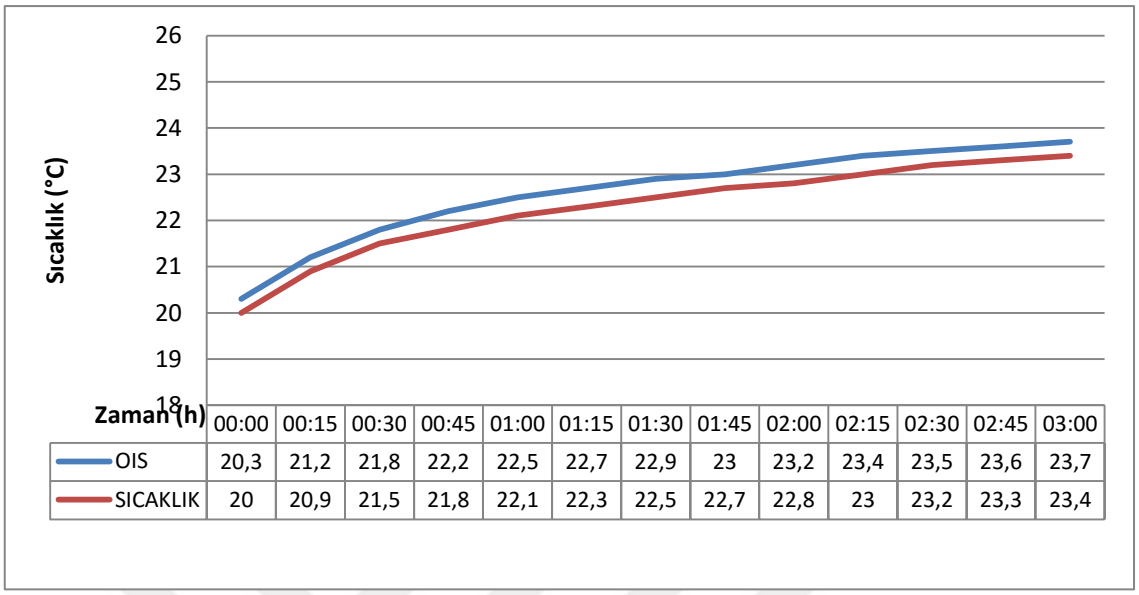


Zaman(h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15
30cm	-0,9	-0,62	-0,39	-0,25	-0,13	0,03	0,1	0,17	0,22	0,32	0,38	0,44	0,45	0,48
60cm	-0,9	-0,6	-0,39	-0,24	-0,12	0,04	0,13	0,19	0,27	0,35	0,38	0,44	0,48	0,5
1m	-0,88	-0,59	-0,38	-0,23	-0,1	0,06	0,12	0,21	0,29	0,34	0,39	0,45	0,48	0,5

Şekil 4.29 E noktası, 5°C dış ortam, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı PMV ölçümleri

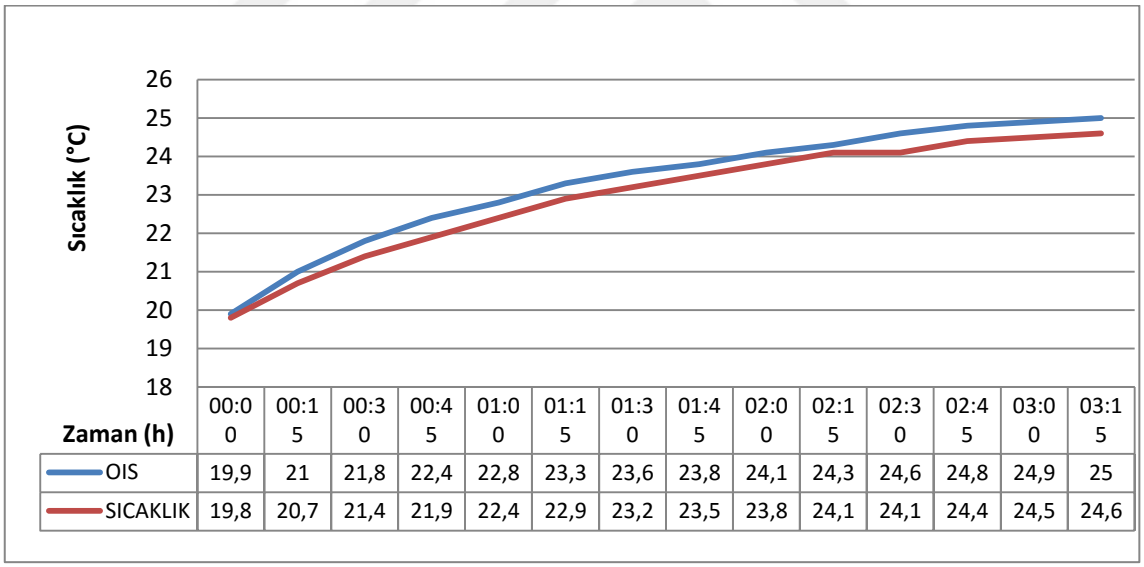
E noktasında dış ortam sıcaklığının -3 °C olduğu durumda sistem 25. dakikada 21,4°C'den, 5°C olduğu durumda ise 22. dakikada 21,1°C'den itibaren konfor aralığına girmiştir. E noktası test odasının orta noktasıdır. Farklı yüksekliklerde PMV değerleri birbirine yakındır, oldukça homojen bir konfor durumu izlenmektedir. Bu noktada dış ortam sıcaklığının 5°C olduğu durumda, B, C, ve D noktalarında olduğu gibi PMV değeri konfor aralığının dışına çıkmamıştır.

- Vana giriş suyu sıcaklığının 40°C olduğu, dış ortam sıcaklığının -3°C ve 5°C olduğu durumlar için E noktasına ait sıcaklık ve OIS değerlerine ait grafikler:



Zaman (h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00
OIS	20,3	21,2	21,8	22,2	22,5	22,7	22,9	23	23,2	23,4	23,5	23,6	23,7
SICAKLIK	20	20,9	21,5	21,8	22,1	22,3	22,5	22,7	22,8	23	23,2	23,3	23,4

Şekil 4.30 E noktası, -3°C dış ortam sıcaklığı, 40°C vana giriş suyu sıcaklığında, sıcaklık-ortalama ışınımsal sıcaklık değişimi (60cm)



Zaman (h)	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15
OIS	19,9	21	21,8	22,4	22,8	23,3	23,6	23,8	24,1	24,3	24,6	24,8	24,9	25
SICAKLIK	19,8	20,7	21,4	21,9	22,4	22,9	23,2	23,5	23,8	24,1	24,1	24,4	24,5	24,6

Şekil 4.31 E noktası, 5°C dış ortam sıcaklığı, 40°C vana giriş suyu sıcaklığında, sıcaklık-ortalama ışınımsal sıcaklık değişimi (60cm)

Dış ortam sıcaklığının -3 olduğu durumda test odasında 3,4°C'lik, 5°Colduğu durumda 4,8°C'lik sıcaklık artışı olmuştur. OIS-sıcaklık farkı 0,3-0,5°C arasındadır. 40°C vana giriş suyu sıcaklığında dış ortam sıcaklığının -3°C ve 5°C olduğu her iki durum için de sistemler 21°C-21,3°C sıcaklık aralığında iken konfor aralığına girmiştir. Ortamın düşük

sıcaklıklarda konfor aralığına girmesi, sistemin büyük çoğunlukla radyasyonla ısı transferi gerçekleştirmesine bağlı bir sonuçtur.

Deneylerden elde edilen veriler ışığında; dış ortam sıcaklığının 5 C°olduğu koşullar değerlendirildiğinde;

32°C vana giriş suyu sıcaklığı olan durumda, ortamın başlangıç sıcaklığı 19,3°C olup PMV değeri konfor aralığına yaklaşık 50 dakikadan sonra ve 21,4 °C'den itibaren ulaşmıştır. Sistem 1 saat 30 dakikada 21,7°C'de rejime girmiştir. OIS- Sıcaklık farkı tüm ölçümler boyunca 0,1 - 0,5°C aralığındadır (Çizelge 4.2).

40°C vana giriş suyu sıcaklığında, ortamın başlangıç sıcaklığı 19,4 olup, PMV değeri konfor aralığına yaklaşık 30 dakikadan sonra ve 21°C'den itibaren ulaşmıştır. Sistem 3 saat 15 dakikada 24,6°C'de rejime girmiştir. Sistemin rejime girdiği durumda, PMV değeri B, C ve D noktalarında konfor aralığından pozitif yönde (sıcak yönde konforsuzluk) çıkmıştır. OIS- Sıcaklık farkı tüm ölçümler boyunca 0,1 - 0,5°C aralığındadır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.2 Farklı dış ortam sıcaklıklarına göre ısısal konfor aralığına ve rejime girme süreleri (32°C vana giriş suyu sıcaklığı)

Dış ortam sıcaklığı	Konfor aralığına girme süresi	Rejime girme süresi
5 °C	50 dakika	1 saat 30 dakika
-3 °C	1 saat	1 saat 30 dakika

5°C dış ortam sıcaklığında, 40°C'lik vana giriş suyu sıcaklığı ile çok kısa bir sürede konfor aralığına girilirken, ortam sıcaklığının rejime girme süresi 32°C vana giriş suyu sıcaklığına göre oldukça uzun sürmüştür (Çizelge 4.3). Bu sürenin sonunda ise bazı noktalarda konfor aralığının üzerine çıkan değerler elde edilmiştir. Bu durum bize gösteriyor ki, 5°C dış ortam sıcaklığında ortamın hızlı bir şekilde ısıtılması gereken durumlarda, 40°C vana giriş suyu sıcaklığı tercih edilebilir ancak ortam ısısının sabit tutulmak istendiği, düzenli kullanım alanlarında 40°C'den daha düşük sıcaklıklarda ortam konfor aralığında tutulabilir.

Dış ortam sıcaklığının -3 C°olduğu koşullar değerlendirildiğinde;

32°C vana giriş suyu sıcaklığı olan durumda, ortamın başlangıç sıcaklığı 20,3°C olup PMV değeri konfor aralığına yaklaşık 1 saatten sonra ve 21,4 °C'den itibaren ulaşmıştır. Sistem 1 saat 30 dakikada 21,5°C'de rejime girmiştir. OIS- Sıcaklık farkı tüm ölçümler boyunca 0,3 - 0,5°C aralığındadır (Çizelge 4.2).

40°C vana giriş suyu sıcaklığında, ortamın başlangıç sıcaklığı 19 °C olup, PMV değeri konfor aralığına yaklaşık 45 dakikadan sonra ve 21,5°C'den itibaren ulaşmıştır. Sistem 3 saat sonunda 23,4°C'de rejime girmiştir. OIS- Sıcaklık farkı tüm ölçümler boyunca 0 - 0,4°C aralığındadır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Farklı dış ortam sıcaklıklarına göre ısısal konfor aralığı ve rejime girme süreleri (40°C vana giriş suyu sıcaklığı)

Dış ortam sıcaklığı	Konfor aralığına girme süresi	Rejime girme süresi
5 °C	30 dakika	3 saat 15 dakika
-3 °C	45 dakika	3 saat

-3°C dış ortam sıcaklığı için de, ortam konfor aralığına vana giriş suyu sıcaklığının 40°C olduğu durumda daha kısa sürede ulaşmıştır. Ancak bu durumda sistemin rejime girme süresi daha uzun sürmüştür. Vana giriş suyu sıcaklığı arttıkça, ortam sıcaklığının rejime girme yani sabitlenme süresinin artmasının nedeni yüksek yüzey sıcaklığı nedeniyle, sistem içerisindeki ısı alışverişinin daha uzun sürmesidir. Vana giriş suyu sıcaklıklarına göre konfor durumuna bakıldığında ise her iki durumda da sistemin konfor koşullarını sağladığı görülmektedir. Hızlı bir şekilde konfor durumuna gelmesi gereken ve periyodik olarak ısıtılan alanlarda 40°C tercih edilebilirken, düzenli olarak sabit sıcaklıkta tutulması gereken alanlar için daha düşük vana giriş suyu sıcaklıkları tercih edilebilir. Ölçümler sonucunda, konfor aralığına girme süreleri dış ortam sıcaklığının daha yüksek olduğu durumda daha kısa sürerken, ortam sıcaklığının rejime girme sürelerinin dış ortam sıcaklığından bağımsız olarak, vana giriş suyu sıcaklığıyla ilgili olduğu görülmüştür.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Dünyada hızlı nüfus artışı ve hızla gelişen teknoloji ile birlikte artan enerji ihtiyacı insanoğlunu yeni enerji kaynakları bulmaya yönlendirirken aynı zamanda kullanılan enerjiyi en etkin biçimde kullanmaya zorunlu kılmaktadır. Günümüzde, yapılarda enerjiyi en verimli şekilde kullanmanın yanı sıra, hızlı ve kolay inşa edilebilmesi ve ısısal konfor koşullarını sağlayabilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu tezin amacı, yeni ve denenmemiş bir sistem olan, yüzeyden ısıtma ve soğutmalı hazır duvar elemanının mimari bir öğe olarak geliştirilmesi ve ısısal konfor koşulları açısından değerlendirilmesidir. Bu amaç kapsamında ülkemizde yeni olan bu sistemin kullanımına yönelik, tasarımcılara bir ön bilgi sunmaktır.

Tez kapsamında günümüzde kullanılan hazır duvar elemanları, boyutlandırma ve malzeme seçimi açısından incelenerek, ülkemizde yapılar için belirlenmiş yönetmelikler ve standartlar doğrultusunda, yüzeyden ısıtma soğutmalı hazır duvar elemanının boyutlandırılması malzeme seçimi yapılmıştır. Duvar elemanının bulunduğu yere göre detaylandırılması (iç duvar paneli, dış duvar paneli) ve panel bağlantı ve birleşim detaylarına ilişkin çözümler geliştirilmesi bir sonraki adımı oluşturmuştur. Sistem, ısıtma soğutmalı iç duvar ve dış duvar paneli, pencere altı paneli ve yardımcı duvar panelleri olarak yapım esnasında karşılaşılabilecek çeşitli gereksinimleri karşılayabilecek şekilde modüler olarak önerilmiştir. Panel üzerinde yer alan montaj ve bakım kapakları sayesinde, sistemde meydana gelebilecek sorunlara yerinde ve hızlı bir şekilde müdahale edebilmek amaçlanmıştır. Sadece bir panelde meydana gelebilecek

bir sorunun tüm yüzeyi etkilememesi için ana ısıtıcı borulardan, her bir panele ayrı giriş verilmiştir.

Bu duvar sistemi yalnızca ısıtmaya yönelik tasarlanan bir sistem değil, aynı zamanda yapı kabuğunun tüm gereksinimlerini karşılayan kompakt bir sistemdir. Isıtma sisteminin hazır duvar elemanı içerisinde gömülü olması, ortam içerisinde çeşitli ısıtma sistemleriyle bölünmeyen, kesintisiz yüzeyler ve net alanlar sunması, yapının yer aldığı bölgenin iklimsel özelliklerine göre istenilen duvarın istendiği kadar ısıtıcı panellerle kaplanabilmesi açısından tasarımcı ve kullanıcıya kolaylık sunmaktadır. Sessiz çalışan sistemin bir diğer avantajı ise inşa süresince bir çok aşamayı ortadan kaldırarak, hızlı ve kolay bir şekilde tamamlanmasıdır. Ayrıca hafif bir sistem olması binaya binen yüklerin azalmasını sağlar.

Yüzeyden ısıtma soğutma sistemli modüler hibrit duvar yapısına ait performans ve konfor analizleri, Beylikdüzü, Kıraç'ta Mir AR-GE tarafından 0462.STZ.2013-2 no'lu SAN-TEZ proje kapsamında hazırlanan koşullandırılabilen deney odasında yapılmıştır.

Deneyde, üç farklı dış ortam sıcaklığı (-3°C, 0°C, 5°C) ve her bir sıcaklık için üç farklı vana giriş suyu sıcaklığı (32°C, 35°C, 40°C) için oda içerisinde belirlenen 5 noktadan, 0,2 m, 0.6 m ve 1,0 m yükseklikleri için her 15 dakikada bir alınan ortalama ışınımsal sıcaklık, hava akış hızı, sıcaklık ve nem değerleri ölçülerek toplam 9 farklı durum için konfor analizi yapılmıştır. Ölçüm cihazında giysi yalıtım değeri 1 clo, aktivite düzeyi ise 1 met olarak sabitlenmiştir. Yüzeyden ısıtma sisteminin performansı, çalışmaya başladığı andan rejime girdiği duruma kadar olan süreçte elde edilen konfor koşulları üzerinden değerlendirilmiştir.

Tez içeriğinde sonuçları daha net karşılaştırılabilmesi açısından dış ortam sıcaklıklarının en alt ve en üst değerleri olan -3°C ve 5°C, vana giriş suyu sıcaklıklarının 32°C ve 40°C olduğu durumlarda karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Deneylerin sonuçları incelendiğinde, yüzeyden ısıtma-soğutmalı hibrid hazır duvar sisteminin, dış ortam sıcaklığının -3°C, 0°C, 5°C olduğu ve vana giriş suyu sıcaklığının 32°C, 35°C ve 40°C olduğu toplam 9 durum için ısısal konfor koşullarını sağladığı ancak dış ortam sıcaklığının 5°C ve vana giriş suyu sıcaklığının 40°C olduğu durumda ısıtmalı

duvarlara yakın olan B, C ve D noktalarında optimum ısısal konfor aralığının sıcak yönde çok az üzerine çıktığı görülmüştür.

Deneylerden elde edilen veriler gösteriyor ki, düşük sıcaklıklardaki suyun geniş yüzeylerde taşınması ilkesiyle çalışan yüzeyden ısıtma soğutmalı hazır duvar sistemi, değerlendirmeye alınan vana giriş suyu ve dış ortam hava sıcaklıklarının tümünde konfor koşullarını sağlamıştır. Enerji verimliliği açısından incelendiğinde, kısa sürede ısıtılması gereken ve sürekli kullanılmayan alanlar için 40°C vana giriş suyu sıcaklığı kullanılabilir fakat düzenli kullanılan ortam sıcaklığının sabit tutulması istenilen mekanlar için daha düşük yüzey sıcaklıkları tercih edilmesi, enerji tasarrufu sağlanması açısından daha uygun olur.

Her bir durum için test odasında 21°C ve 21,4°C gibi düşük sıcaklıklarda ısısal konfor koşullarını sağladığı görülmüştür. Yüzeyden ısıtma ve soğutmalı hazır duvar panellerinin iletimden çok radyasyon yoluyla ısı transferini gerçekleştiriyor oluşu bu durumu sağlamıştır. Sonuçlar, duvar sisteminin düşük iç ortam sıcaklıklarında ısısal konfor aralığına ulaşması nedeniyle önemli derecede enerji korunumu sağlayacağını göstermektedir.

Yüzeyden ısıtma-soğutmalı hazır duvar panelinin düşük vana giriş suyu sıcaklıkları ile konfor koşullarını sağlaması, enerjinin verimli kullanılmasını sağlarken, jeotermal enerji, güneş enerjisi, gibi temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına olanak tanımaktadır.

Yüzeyden ısıtma soğutmalı hazır duvar elemanının, günümüzde kullanılan klasik ısıtma sistemlerine bir alternatif olmanın yanı sıra, kolay uygulanabilmesi, hızlı inşa edilebilmesi ve sıva, harç, yalıtım gibi çeşitli aşamaları ortadan kaldıran kompakt ve pratik bir sistem olması, bize verimli ve uygulamaya değer bir sistem olduğunu göstermektedir. Sistemin avantajları; düşük sıcaklıklarda konfor koşullarını sağlaması, enerji tasarrufu sağlaması, çevre dostu olması, sessiz çalışması ve hızlı kurulumu olarak gösterilebilir. Sistemin dezavantajları ise kullanım aşamasında duvara birşey asılamaması, duvar önüne, sıcaklığın yayılmasını engelleyeceği için büyük eşyalar konulamaması ve panelde meydana gelebilecek bir arıza sonucu, panelin değişmesini gerektirecek durumlar için çözüm önerilerinin geliştirilmemiş olmasıdır.

Bu çalışma kapsamında yüzeyden ısıtma-soğutmalı hazır duvar panelleri yalnızca ısıtma performansı açısından incelenmiştir. Gelecek çalışmalarda, sistemin soğutma performansı üzerine araştırmalar yapılması, ayrıca günümüzde yaygın olarak kullanılan ısıtma sistemleriyle karşılaştırmalı olarak performans ve konfor analizleri, doğalgazlı ve yenilenebilir enerji kaynakları ile yapılan ısıtma durumlarının maliyet analizleri üzerine incelemeler yapılması duvar sisteminin daha ayrıntılı belirlenmesi açısından önerilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Gedik, G. Z., Atayılmaz, Ş. Ö., Erikci, S. N., Çetin, M. G., Topaçoğlu, Y., Koca, A. İ., Gemici, Z., (2016). "Yüzeyden Isıtma Soğutma Sistemli Modüler Hibrit Duvar Yapısının Geliştirilmesi", 0462.STZ.2013-2 no'lu SAN-TEZ Projesi

[2] ASHRAE (2008). "ASHRAE Handbook-HVAC Systems and Equipment", American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc., Atlanta.

[3] EN ISO 7730 (2005). "Ergonomics of thermal environment-Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria", International Organization for Standardization, Geneva.

[4] Fanger, P. O. (1970). "Thermal Comfort, Analysis and Application in Environment Engineering", Danish Technical Press, Copenhagen.

[5] Gedik, G. Z. (2001). "Hazır dış duvar elemanlarının ısısal konfor açısından incelenmesi ve değerlendirilmesi", TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi, 23-25 Mart 2001, Eskişehir

[6] Yücedağ, G (2006). "Konutlarda uygulanan beton sandviç panel duvar sisteminin ısısal konfor açısından incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa

[7] Cihan M. T. (2004). "EPS- Bloklu, Çelik Donatılı Beton Taşıyıcı Duvarlı Binanın Isıl Performansı" Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne

[8] Göçer, C., Işık, B.(2007). "Beton Esaslı Prefabrike İlköğretim Binalarında Dış Duvar Özellikleri-Çevre İlişkisi" itüdergisi/a, 6 (1): 55-65

[9] Ervan, M. K. (2013). "Betonarme Panel Elemanlarla Üretilecek Geçici Yapılarda Farklı Bini Tiplerine Göre Performans Analizleri", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28 (2): 307-319

[10] Gür, N. V., Aygün, M. (2008). "Mimaride sürdürülebilirlik kapsamında değişken yapı kabukları için bir tasarım destek sistemi" itüdergisi/*a,* 7 (1): 74-82

[11] Kaynaklı, Ö., Özdemir, S., Karamangil, M. İ., (2012). "Güneş Işınımı ve Duvar Yönü Dikkate Alınarak Optimum Isı Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi" Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 27 (2): 367-374

[12] Bostancıoğlu, E., (2010). “Konutlarda Duvar ve Çatı Yalıtımlarının Bina Kabuğu, Isıtma Enerjisi ve Yaşam Dönemi Maliyetlerine Etkisi” Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 15 (1):135-147

[13] Çalıkıran, C., (2012). “Duvardan Isıtmada Konfor Şartlarının Duvar Paneli Tasarımına Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[14] Atılgan, İ., Ekici, C., (2012). “Bir Ofiste Döşemeden ve Radyatörden Isıtmanın Konfor Bakımından Kıyaslanması” Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 27 (1): 183-191,

[15] Ekici, C., (2011). “Güneş Enerjisi Destekli Radyatör ve Döşemeden Isıtma Sistemi Kullanılan Kapalı Bir Ortamın Konfor Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

[16] Abdülkarem, A. H., (2008). “Ankara Şartlarında Güneş Enerjisi ile Bir Ortamın Döşemeden Isıtılması ve Sistemin Isıl Performansının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

[17] Başkal, A., (2011). “Duvardan Isıtma ve Soğutmalı Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Performansının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[18] Adana, M.R.D., Olmedo, I. ve Esteban, J.C., (2012). “Assesment of thermal comfort in an occupied office using a mixing ventilation system in combination with radiant system”, Ventilation 2012, Cordoba

[19] Nagano, K. ve Mochida T., (2004). “Experiments on thermal environmental design of ceiling radiant cooling for supine human subjects”, Energy and Buildings, 39:267-275

[20] Myrhen, J.A. ve Holmberg S.,(2008). “Flow patterns and thermal comfort in a room with panel, floor and wall heating, Energy and Buildings, 40:524-536

[21] Miriel, J., Serres, L. ve Trombe, A. (2002). "Radiant ceiling panel heating-cooling systems: experimental and simulated study of the performances, thermal comfort and energy consumptions", Applied Thermal Engineering, 22:1861-1873

[22] Örkmez A. S. (2012). "Çift Kabuk Cephe Sistemlerinde Isıl Konforun Değerlendirilmesi" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[23] Çengel, Y. A., (2014). “Isı ve Kütle Transferi”, Üçüncü Basım, İzmir Güven Kitabevi, İzmir

[24] Tuncer K. (2006) "Isıl Konforun Fanger Yöntemiyle İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

[25] Bedir, K. (2012). "Radyant Isıtma ve Soğutma Sistemlerinin Isıl Konfor ve Enerji Verimliliğinin Sayısal Analizi" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[26] T.C. Orman Genel Müdürlüğü, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İllerimize Ait İstatistik verileri https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ISTANBUL, 22 Nisan 2016.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Burcu PARLAKYILDIZ

Doğum Tarihi ve Yeri :06/08/1986 Espiye

Yabancı Dili :İngilizce

E-posta :burcuibasparlakyildiz@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Mimarlık	Karadeniz Teknik Üniversitesi	2008
Lise	Fen-Matematik	Hamdi Bozbağ Anadolu Lisesi	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2009	Lider İletişim İnşaat Turizm	Mimar
2008	Doruk Yapı A.Ş.	Mimar

YAYINLARI

Makale

1. AlZ ITU Journal of the Faculty of Architecture, Volume:13, Issue:2, Pages:31-37
The performance evaluation of the modular design of hybrid wall with surface heating and cooling system
Selcen Nur Erikçi Çelik, Gülay Zorer Gedik, Burcu Parlakyıldız, Mevlüt Gürsel Çetin, Ali İhsan Koca, Zafer Gemici

ÖDÜLLERİ

1. Çuhadaroğlu Alüminyum 2007 Öğrenci Proje Yarışması- Katlanabilir Sahne Tasarımı- Mansiyon Ödülü

2.LIVENARCH III Congress 2007- A Syncretic Housing in Sarajevo- 2.lik Ödülü