KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

CAMİLERDE ISIL KONFOR VE İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN TESPİTİ VE ISITMA SOĞUTMA ENERJİ TÜKETİMİNİN AZALTILMASI İÇİN FARKLI STRATEJİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

AHMET YÜKSEL

KOCAELİ 2023

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

CAMİLERDE ISIL KONFOR VE İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN TESPİTİ VE ISITMA SOĞUTMA ENERJİ TÜKETİMİNİN AZALTILMASI İÇİN FARKLI STRATEJİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

AHMET YÜKSEL

Prof. Dr. Müslüm ARICI **Danışman, Kocaeli Üniv.**	.....
Prof. Dr. Hasan KARABAY **Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.**	.....
Doç. Dr. Mihriban CİVAN **Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.**	.....
Prof. Dr. Birol KILKIŞ **Jüri Üyesi, OSTİM Teknik Üniv.**	.....
Prof. Dr. Muhsin KILIÇ **Jüri Üyesi, Bursa Uludağ Üniv.**	.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 16/06/2023

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmasında,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

☐Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

☒Bu tez/proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü (BAP) tarafından FDK-2021-2474 no'lu proje kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Ahmet YÜKSEL

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan ***"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"*** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

☐ Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.

☒ Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

Ahmet YÜKSEL

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ülkemizdeki fosil enerji kaynaklarının yetersizliği nedeniyle dışa bağımlılığı azaltmak adına alternatif enerji kaynaklarına yönelik yatırımlar gün geçtikçe artmaktadır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının her zaman gerekli yükü karşılayamaması, devlet tarafından çeşitli sistemler ve yapılar üzerinde enerji verimliliği politikalarının yürütülmesine neden olmuştur.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de büyük hacimli ve aralıklı olarak kullanılan yapılar özelinde camilerin sayısının gün geçtikçe artması, bu mahallerde ısıl konfor şartlarının en sağlıklı koşullar altında en düşük enerji sarfiyatıyla sağlanması gerekliliğini arttırmaktadır. Bu çalışmada, ele alınan bir mahalle camisinde uzun süreli mevcut durum tespiti çalışmaları yürütülürken farklı kullanım koşulları altında meydana gelen konfor şartları, iç hava kalitesi ve enerji tüketimleri izlenmiştir. Camideki kış ve yaz aylarında elde edilen mevcut bulguları iyileştirmek için oluşturulan simülasyon modeli, konfor şartları sağlanırken iklimlendirme sistemlerinden kaynaklanan enerji tüketiminin azaltılabileceğini göstermiştir. Türkiye'deki artan cami sayısı dikkate alındığında, iklimlendirme sistemleri için ortaya konulan en iyi kullanım stratejileri ülke ekonomisine büyük bir katkı sağlayacağı gibi fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan iklim değişikliği gibi küresel sorunların artışını azaltacaktır.

Doktora çalışmalarım boyunca bana yol gösteren ve teşvik eden çok değerli ve saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Müslüm Arıcı başta olmak üzere tez izleme komitesinde bulunan ve yürüttüğümüz akademik çalışmalarda çok değerli bilgi ve fikirleriyle desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Hasan Karabay ve Doç. Dr. Mihriban Civan hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez çalışmam sürecinde katkılarını esirgemeyen Prof. Dr. Michal Krajčík'e şükranlarını sunarım. Ayrıca tez çalışmasının hazırlanması esnasında maddi-manevi hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan ve her zaman destekleriyle yanımda olan başta babam ve değerli hocam Prof. Dr. Fikret Yüksel olmak üzere hayatım boyunca sevgi ve şefkatini esirgemeyen anneme, fedakâr eşime ve kıymetli kardeşlerime sonsuz minnet duygularımı sunarım.

Haziran – 2023 Ahmet YÜKSEL

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
TABLOLAR DİZİNİ xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xiii
ÖZET xv
ABSTRACT xvi
1. GİRİŞ 1
1.1. Isıl Konfor 3
1.2. İç Hava Kalitesi 11
1.3. Enerji Tüketimi 14
1.4. Türkiye'de Covid-19 Salgını 16
1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı 17
2. METODOLOJİ VE YÖNTEM 19
2.1. Cami Seçimi ve Yapısal Özellikler 19
2.1.1. İklimlendirme Sistemleri 24
2.2. Deneysel Yöntem 26
2.2.1. Isıl Konfor Ölçümleri 26
2.2.2. İç Hava Kalitesi Ölçümleri 31
2.2.3. İklimlendirme Sistemlerine Bağlı Ölçümler 32
2.2.3. Enerji Tüketim Verilerinin Toplanması 34
2.3. Simülasyon Yöntemi 36
2.3.1. DesignBuilder Programı 36
2.3.2. Yerden Isıtma Sisteminin Modellenmesi 38
2.3.3. Soğutma Sisteminin Modellenmesi 44
2.4. Yalıtım Uygulaması 49
2.5. Anket Çalışması 50
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 52
3.1. Camideki Isıl Konfor 52
3.1.1. Kış Sezonu Bulguları 52
3.1.1.1. Kış Sezonunda İç Ortam Sıcaklığı 52
3.1.1.2. Kış Sezonunda Bağıl Nem 60
3.1.1.3. Kış Sezonunda Hava Hızı 62
3.1.1.4. Kış Sezonunda Isıl Konfor İndeksleri 64
3.1.2. Yaz Sezonu Bulguları 67
3.1.2.1. Yaz Sezonunda İç Hava Sıcaklığı 67
3.1.2.2. Yaz Sezonunda Bağıl Nem 76
3.1.2.3. Yaz Sezonunda Hava Hızı 79
3.1.2.4. Yaz Sezonunda Isıl Konfor İndeksleri 82
3.1.3. Pandemi Önlemlerinin Camideki Isıl Konfor Üzerindeki Etkisi 85
3.1.3.1. Pandemide İç Hava Sıcaklığı 85
3.1.3.2. Pandemide Bağıl Nem 87
3.1.3.3. Pandemide Hava Hızı 88
3.1.3.4. Pandemide Isıl Konfor İndeksleri 88

3.2. Camideki İç Hava Kalitesi 89
3.2.1. Camideki CO_2 Konsantrasyonları 90
3.2.2. Camideki Partikül Madde Konsantrasyonları 95
3.2.3. Pandemide Camideki İç Hava Kalitesi 103
3.2.3.1. Pandemide CO_2 Konsantrasyonları 103
3.2.3.2. Pandemide Partikül Madde Konsantrasyonları 104
3.3. Camideki Enerji Tüketimi 106
3.3.1. Pandeminin Camilerdeki Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkisi 109
3.3.1.1. Aydınlatmadan Kaynaklanan Enerji Tüketimi 109
3.3.1.2. Isıtma ve Soğutmadan Kaynaklanan Enerji Tüketimi 112
3.4. Simülasyon Bulguları 115
3.4.1. Kış Sezonu için Simülasyon Bulguları 116
3.4.1.1. Kış Sezonu için Senaryo-I 117
3.4.1.2. Kış Sezonu için Senaryo-II 121
3.4.1.3. Kış Sezonu için Senaryo-III 126
3.4.1.4. Kış Sezonu için Senaryo-IV 128
3.4.1.5. Kış Sezonu için Senaryo-V 133
3.4.1.6. Kış Sezonu için Senaryo-VI 138
3.4.2. Kış Sezonu için Yalıtım Uygulaması 147
3.4.2.1. Yalıtılmış Camide Kış Sezonu için Senaryo-I 148
3.4.2.2. Yalıtılmış Camide Kış Sezonu için Senaryo-II 150
3.4.2.3. Yalıtılmış Camide Kış Sezonu için Senaryo-III 151
3.4.2.4. Yalıtılmış Camide Kış Sezonu için Senaryo-IV 153
3.4.2.5. Yalıtılmış Camide Kış Sezonu için Senaryo-V 155
3.4.2.6. Yalıtılmış Camide Kış Sezonu için Senaryo-VI 157
3.4.3. Yaz Sezonu için Simülasyon Bulguları 161
3.4.3.1. Yaz Sezonu için Senaryo-I 163
3.4.3.2. Yaz Sezonu için Senaryo-II 165
3.4.3.3. Yaz Sezonu için Senaryo-III 169
3.4.3.4. Yaz Sezonu için Senaryo-IV 171
3.4.3.5. Yaz Sezonu için Senaryo-V 173
3.4.4. Yaz Sezonu için Yalıtım Uygulaması 175
3.4.4.1. Yalıtılmış Camide Yaz Sezonu için Senaryo-I 176
3.4.4.2. Yalıtılmış Camide Yaz Sezonu için Senaryo-II 178
3.4.4.3. Yalıtılmış Camide Yaz Sezonu için Senaryo-IV 179
3.4.4.4. Yalıtılmış Camide Yaz Sezonu için Senaryo-V 181
3.4.5. Yaz Sezonunda Havalandırma Oranının Değişimi 183
3.4.5.1. Havalandırılan Camide Yaz Sezonu için Senaryo-II 184
3.4.5.2. Havalandırılan Camide Yaz Sezonu için Senaryo-IV 185
3.4.5.3. Havalandırılan Camide Yaz Sezonu için Senaryo-V 187
3.5. Anket Bulguları 189
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 193
4.1. Isıl Konfor Sonuçları 193
4.2. İç Hava Kalitesi Sonuçları 194
4.3. Pandeminin Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkilerine Ait Sonuçlar 196
4.4. Anket Sonuçları 197
4.5. Isıtma ve Soğutma Sezonu için Simülasyon Sonuçları 197
4.6. Öneriler ve Tartışma 201

KAYNAKLAR 205
EKLER 221
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 368
ÖZGEÇMİŞ 370

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Türkiye'nin nüfus yoğunluğu haritası 20
Şekil 2.2. Hacı Hasan Sert Cami'nin lokasyonu 20
Şekil 2.3. İbadet yapılan ana holün şematik görünüşü 21
Şekil 2.4. Hacı Hasan Sert Cami'nin bölümleri 22
Şekil 2.5. Isıtma borularının şap üstünden ısıl görüntüsü 25
Şekil 2.6. Camide klimaların ve vantilatörlerin yerleşimi 25
Şekil 2.7. Isıl konfor indeksleri arasındaki ilişki 27
Şekil 2.8. Testo-480 ısıl konfor ölçüm cihazı ve cihazın camideki konumu 29
Şekil 2.9. Testo-174H sıcaklık ve bağıl nem veri kaydedici 30
Şekil 2.10. Isıl konfor ölçüm cihazlarının yerleşimi 30
Şekil 2.11. İç hava kalitesi ölçüm cihazları 32
Şekil 2.12. İç hava kalitesi ölçüm cihazlarının camideki yerleşim planı 32
Şekil 2.13. Camide zemin ve ana dağıtıcının anlık ısı kamerası görüntüsü 33
Şekil 2.14. Fluke Ti9 ısı kamerası 33
Şekil 2.15. Testo 605-H1 sıcaklık ölçüm cihazı 34
Şekil 2.16. Cami modelinin görünüşü 37
Şekil 2.17. Isıtma sezonunda dış ortam sıcaklığı ve güneş kazançları 39
Şekil 2.18. Isıtma sezonunda her ayı temsil eden günlerde dış ortam sıcaklıkları ve güneş kazançları 40
Şekil 2.19. Soğutma sezonunda dış ortam sıcaklığı ve güneş kazançları 45
Şekil 2.20. Soğutma sezonunda her ayı temsil eden günlerde dış ortam sıcaklıkları ve güneş kazançları 46
Şekil 2.21. Anket formu 50
Şekil 3.1. Isıtma sezonunda iç ortamın yatay doğrultudaki sıcaklık değişimi 54
Şekil 3.2. Isıtma sezonunda iç ortamın dikey doğrultudaki sıcaklık değişimi 56
Şekil 3.3. Şubat ayında zemin ve ortam sıcaklıkları 57
Şekil 3.4. Zeminde bulunan halının altında ve üstündeki sıcaklık dağılımı 58
Şekil 3.5. Ramazan ayında iç ve dış ortam sıcaklık dağılımı 59
Şekil 3.6. Isıtma sezonunda iç ortamın dikey doğrultudaki bağıl nem değişimi 60
Şekil 3.7. Şubat ayında zemin ve ortam bağıl nem dağılımı 61
Şekil 3.8. Ramazan ayında iç ve dış ortam bağıl nem dağılımı 62
Şekil 3.9. Isıtma sezonunda iç ortamın hava hızı değişimi 63
Şekil 3.10. Ramazan ayında iç ortam hava hızı değişimi 64
Şekil 3.11. Isıtma sezonunda ısıl konfor indeksleri 65
Şekil 3.12. Ramazan ayında iç ortamın ısıl konfor indeksleri değişimi 66
Şekil 3.13. Soğutma sezonunda iç ortamın yatay doğrultudaki sıcaklık değişimi 68
Şekil 3.14. Soğutma sezonunda iç ortamın dikey doğrultudaki sıcaklık değişimi 71
Şekil 3.15. Camide klima kullanımı durumunda iç ortam sıcaklık değişimi 72
Şekil 3.16. Pencere önü ve zemindeki yatay sıcaklık dağılımları 73
Şekil 3.17. Soğutma sezonunda yatay sıcaklık dağılımı 73

Şekil 3.18. Teravih namazlarında doluluk oranının sıcaklık üzerindeki etkisi 75
Şekil 3.19. Teravih namazlarında iç ortam hava sıcaklığı değişimi 76
Şekil 3.20. Temmuz ayında zemin ve ortamdaki bağıl nem değişimleri 77
Şekil 3.21. Camide klima kullanım durumunda bağıl nem değişimi 78
Şekil 3.22. Teravih namazlarında doluluk oranının bağıl nem miktarı üzerindeki etkisi 79
Şekil 3.23. Teravih namazlarında iç ortam bağıl nem değişimi 79
Şekil 3.24. Soğutma sezonunda pencereler açık durumda hava hızı değişimi 80
Şekil 3.25. Camide klima kullanım durumuna göre iç ortam hava hızı değişimi 81
Şekil 3.26. Teravih namazlarında doluluk oranının hava hızı üzerindeki etkisi 81
Şekil 3.27. Soğutma sezonunda pencereler açık durumda ısıl konfor indeksleri 82
Şekil 3.28. Klima kullanım durumuna göre iç ortamdaki ısıl konfor indeksleri değişimi 84
Şekil 3.29. Pandemi öncesi ve sırasında iç ve dış ortam sıcaklığı değişimleri 86
Şekil 3.30. Pandemi öncesi ve sırasında iç ve dış ortam bağıl nem değişimleri 87
Şekil 3.31. Pandemi öncesi ve sırasında iç ortam hava hızı değişimleri 88
Şekil 3.32. Öğle namazında ön bölge ve ortamdaki CO_2 konsantrasyonu değişimi 90
Şekil 3.33. Vakit namazında bölgesel CO_2 konsantrasyonu değişimi 91
Şekil 3.34. İç ortamdaki bölgesel CO_2 konsantrasyonu dağılımı 92
Şekil 3.35. Isıtma sezonunun Ramazan ayında CO_2 konsantrasyonu değişimi 93
Şekil 3.36. Doluluk oranının CO_2 konsantrasyonu üzerindeki etkisi 94
Şekil 3.37. Teravih namazlarında iç ortam CO_2 konsantrasyonu değişimi 95
Şekil 3.38. Vakit namazlarında PM konsantrasyonlarının değişimi 97
Şekil 3.39. Pencerelerin durumuna bağlı olarak elde edilen PM konsantrasyonları 97
Şekil 3.40. Pencereler kapalı durumda iken PM konsantrasyonlarının değişimi 97
Şekil 3.41. Pencereler açık durumda iken PM konsantrasyonlarının değişimi 98
Şekil 3.42. Zemin ve 1 m yükseklikteki PM konsantrasyonları 99
Şekil 3.43. Cuma namazında zemin ve 1 m yükseklikteki PM konsantrasyonları 100
Şekil 3.44. Caminin sabah süpürülmesi durumunda PM konsantrasyonları 101
Şekil 3.45. Caminin gece süpürülmesi durumunda PM konsantrasyonları 101
Şekil 3.46. Camide klima kullanımında PM konsantrasyonları 102
Şekil 3.47. Pandemi öncesi ve sırasında CO_2 konsantrasyonları değişimi 104
Şekil 3.48. Pandeminin iç ortam PM konsantrasyonları üzerindeki etkisi 106
Şekil 3.49. 2018-2022 sezonunda aydınlatmadan kaynaklanan elektrik tüketimi 107

Şekil 3.50. 2018-2022 sezonunda ısıtma ve soğutmadan kaynaklanan elektrik tüketimi 107
Şekil 3.51. Camilerde aydınlatmadan kaynaklanan enerji tüketimi 111
Şekil 3.52. Camilerde ısıtma ve soğutmadan kaynaklanan enerji tüketimi..... 114
Şekil 3.53. Isıtma sezonu için simülasyon modelinin doğrulanması..... 116
Şekil 3.54. 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı..... 118
Şekil 3.55. 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı..... 122
Şekil 3.56. 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-III için ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 126
Şekil 3.57. 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-IV için ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 130
Şekil 3.58. 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-V için ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 134
Şekil 3.59. Senaryo-VI için Ocak ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 138
Şekil 3.60. Senaryo-VI için Şubat ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 140
Şekil 3.61. Senaryo-VI için Mart ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 141
Şekil 3.62. Senaryo-VI için Nisan ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 142
Şekil 3.63. Senaryo-VI için Kasım ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 143
Şekil 3.64. Senaryo-VI için Aralık ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 145
Şekil 3.65. Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı..... 149
Şekil 3.66. Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 150
Şekil 3.67. Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 152
Şekil 3.68. Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 154
Şekil 3.69. Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 156
Şekil 3.70. Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-VI için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı 159
Şekil 3.71. Soğutma sezonu için simülasyon modelinin doğrulanması 162
Şekil 3.72. 17 Temmuz tarihinde Senaryo-I için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı..... 164

Şekil 3.73. 17 Temmuz tarihinde Senaryo-II için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı 166
Şekil 3.74. 17 Temmuz tarihinde Senaryo-III için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı 170
Şekil 3.75. 17 Temmuz tarihinde Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı 171
Şekil 3.76. 17 Temmuz tarihinde Senaryo-V için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı 174
Şekil 3.77. 17 Temmuz'da pencereler kapalı iken Senaryo-I için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı 176
Şekil 3.78. 17 Temmuz'da pencereler açık iken Senaryo-II için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı 178
Şekil 3.79. 17 Temmuz'da Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı 180
Şekil 3.80. 17 Temmuz'da Senaryo-V için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı 182
Şekil 3.81. 17 Temmuz'da Senaryo-II için havalandırma oranlarının değişimi 185
Şekil 3.82. 17 Temmuz'da Senaryo-IV için havalandırma oranlarının değişimi 186
Şekil 3.83. 17 Temmuz'da Senaryo-V için havalandırma oranlarının değişimi 188
Şekil 3.84. Ankete katılım gösteren kişilerin konfor hissiyatlarını etkileyebilecek özellikleri ve camide bulundukları namaz vakitleri 190
Şekil 3.85. Anketlerden elde edilen ısıl konfor sonuçları 191
Şekil 3.86. Anketlerden elde edilen iç hava kalitesi sonuçları 192

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Camilere uygulanabilir uluslararası ısıl konfor standartları 7
Tablo 1.2. İç ortam ısıl konfor kriterleri 8
Tablo 1.3. CO_2 ve PM konsantrasyonlarına ilişkin standart ve yönergeler 12
Tablo 2.1. Hacı Hasan Sert Cami'nin yapısal özellikleri 22
Tablo 2.2. Pandeminin enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği camilere ait bilgiler 23
Tablo 2.3. Aylık sıcak su döngü suyu sıcaklıkları ve debisi 34
Tablo 2.4. Her ayı temsil eden günler 38
Tablo 2.5. Yerden ısıtma sisteminin doğalgaz tüketimine ait fatura bilgileri 41
Tablo 2.6. Isıtma sezonunda ortalama dış ortam sıcaklığı ve kişisel ısıl konfor parametreleri 41
Tablo 2.7. Isıtma sezonunda Yalova ili için aylık ortalama namaz saatleri 42
Tablo 2.8. Altı senaryo için yerden ısıtma sistemi çalışma stratejileri 44
Tablo 2.9. Senaryo VI için yerden ısıtma sisteminin çalışma stratejisi 44
Tablo 2.10. Klimalardan kaynaklanan elektrik tüketimine ait fatura bilgileri 46
Tablo 2.11. Soğutma sezonunda Yalova ili için aylık ortalama namaz başlama saatleri 47
Tablo 2.12. Beş senaryo için klimaların çalışma stratejileri 48
Tablo 2.13. Yalıtım uygulamasında dikkate alınan senaryolar 49
Tablo 3.1. Ramazan ayında klima, vantilatör ve pencerelerin durumu 76
Tablo 3.2. Teravih namazlarında ortalama ısıl konfor değerleri 84
Tablo 3.3. Pandemi öncesi ve sırasında klima, vantilatör ve pencerelerin durumu 85
Tablo 3.4. Pandemi öncesi ve sırasında camideki ısıl konfor parametreleri 89
Tablo 3.5. Pandemi öncesi ve sırasında camideki CO_2 konsantrasyonları 104
Tablo 3.6. 2021 yılında yerden ısıtma sisteminden kaynaklanan doğalgaz faturaları 108
Tablo 3.7. 2022 yılında soğutma sisteminden kaynaklanan elektrik faturaları 108
Tablo 3.8. Pandemi öncesi ve sırasındaki aydınlatmadan kaynaklanan elektrik faturaları 111
Tablo 3.9. Pandemi öncesi ve sırasındaki ısıtma ve soğutmadan kaynaklanan elektrik tüketimi 115
Tablo 3.10. Senaryo-I için aylık ortalama veriler 120
Tablo 3.11. Senaryo-II için Şubat ayı ortalama verileri 124
Tablo 3.12. Senaryo-II için Aralık ayı ortalama verileri 125
Tablo 3.13. Senaryo-III için aylık ortalama veriler 128
Tablo 3.14. Senaryo-IV için Şubat ayı ortalama verileri 131
Tablo 3.15. Senaryo-IV için Aralık ayı ortalama verileri 132
Tablo 3.16. Senaryo-V için Şubat ayı ortalama verileri 136
Tablo 3.17. Senaryo-V için Aralık ayı ortalama verileri 137
Tablo 3.18. Senaryo-VI için aylık ortalama veriler 146
Tablo 3.19. Şubat ve Aralık ayları için yalıtım uygulamasının aylık sonuçları 160
Tablo 3.20. Senaryo-I için Temmuz ayı ortalama verileri 165
Tablo 3.21. Senaryo-II için Temmuz ayı ortalama verileri 168

Tablo 3.22. Senaryo-III için Temmuz ayı ortalama verileri 170
Tablo 3.23. Senaryo-IV için Temmuz ayı ortalama verileri 172
Tablo 3.24. Senaryo-IV için Temmuz ayı ortalama verileri 175
Tablo 3.25. Senaryo-I için Temmuz ayında yalıtım uygulamasıyla elde edilen aylık ortalama veriler 177
Tablo 3.26. Senaryo-II için Temmuz ayında yalıtım uygulamasıyla elde edilen aylık ortalama veriler 179
Tablo 3.27. Senaryo-IV için Temmuz ayında yalıtım uygulamasıyla elde edilen aylık ortalama veriler 181
Tablo 3.28. Senaryo-IV için Temmuz ayında yalıtım uygulamasıyla elde edilen aylık ortalama veriler 183
Tablo 3.29. Senaryo-II için Temmuz ayında havalandırma oranının değişimine ait aylık veriler 185
Tablo 3.30. Senaryo-IV için Temmuz ayında havalandırma oranının değişimine ait aylık veriler 187
Tablo 3.31. Senaryo-V için Temmuz ayında havalandırma oranının değişimine ait aylık veriler 189

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

f_{cl} : Kıyafet Yalıtımı Alan Faktörü
H_b : Boy (m)
h_c : Taşınım Katsayısı (W/m^2K)
I_{cl} : Giysi Yalıtımı (clo)
M : Metabolik Hız (Met)
p_a : Kısmi Buhar Basıncı (Pa)
q_M : Terleme ve Solunum Sırasında Vücuttaki Isı Akısı (W/m^2)
t_a : Kuru Hazne Sıcaklığı (^oC)
t_{cl} : Kıyafet Yüzey Sıcaklığını (^oC)
t_r : Ortalama Radyant Sıcaklık (^oC)
V_{ar} : Hava Akım Hızı (m/s)
W : Efektif Mekanik Güç (W/m^2)
W_b : Ağırlık (kg)

Kısaltmalar

AMV : Actual Mean Vote (Gerçek Ortalama Oy)
BMR : Basal Metabolic Rate (Bazal Metabolizma Oranı)
BN : Bağıl Nem
CB : Cami Boyutları
CFD : Computational Fluid Dynamic (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)
CO : Karbon Monoksit
CO_2 : Karbondioksit
CT : Cami Türü
ÇS : Çalışma Sıcaklığı
DHS : Dış Ortam Hava Sıcaklığı
DT : Doğalgaz Tüketimi
ET : Elektrik Tüketimi
FM : Fatih Cami
GM : Güneyköy Cami
HEPA : High Efficiency Particulate Arresting (Yüksek Etkinlikte Partikül Yakalayıcı)
HM : Hacı Hasan Sert Cami
HVAC : Heating, Ventilation, and Air Conditioning (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme)
IAQ : Indoor Air Quality (İç Hava Kalitesi)
İHS : İç Ortam Hava Sıcaklığı
KK : Kişi Kapasitesi
NO_x : Nitrojen Oksit
ORS : Ortalama Radyant Sıcaklık
OSSDS : Ortalama Sıcak Su Döngü Sıcaklığı
PMV : Predicted Mean Vote (Öngörülen Ortalama Oy)
PM_x : Partikül Madde
POP : Persistent Organic Pollutant (Kalıcı Organik Kirletici)

PPD	: Predicted Percentage of Dissatisfied (Öngörülen Memnuniyetsizlik Oranı)
RM	: Rüstempaşa Cami
RMR	: Resting Metabolic Rate (Dinlenme Metabolizma Oranı)
SM	: Safran Köyü Cami
SO_x	: Kükürt Oksit
SSDS	: Sıcak Su Döngü Sıcaklığı
VOC	: Volatile Organic Compound (Uçucu Organik Bileşik)
YM	: Yalova Merkez Cami

CAMİLERDE ISIL KONFOR VE İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN TESPİTİ VE ISITMA SOĞUTMA ENERJİ TÜKETİMİNİN AZALTILMASI İÇİN FARKLI STRATEJİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Evler, ofisler ve işyerleri gibi sürekli kullanım alanlarının enerji tüketimindeki payı fazla olsa da aralıklı olarak kullanılan ibadethaneler gibi yapıların sayısı günden güne artığı için enerji tüketimindeki payı göz ardı edilmemelidir. Bu tez çalışmasında, Yalova/Türkiye'de bulunan, orta ölçekli tipik bir mahalle camisini temsil eden Hacı Hasan Sert Cami'nin farklı iklim şartlarında ve doluluk oranlarında kullanıldığı Cuma, Bayram, Teravih ve vakit namazlarında meydana gelen mevcut ısıl konfor, iç hava kalitesi ve enerji tüketimleri deneysel olarak incelenmiştir. Ayrıca mevcut konfor şartlarının daha az enerji sarfiyatıyla sağlanması amacıyla iklimlendirme sistemleri kullanım stratejilerini barındıran senaryolar oluşturulmuş ve simüle edilmiştir. Çalışmada, iklimlendirme sistemlerinin çalışma stratejisine ve doluluk oranlarına bağlı olarak camideki en sağlıklı ve konforlu şartların daha az enerji tüketimi ile sağlanması amaçlanmıştır. Deneysel çalışmalar, cemaat sayısındaki ve caminin kullanım süresindeki artışın ısıl konfor üzerinde kış ayları için olumlu, yaz ayları için ise olumsuz etkileri olduğunu göstermiştir. Pencereler kapalı iken caminin yüksek doluluk oranında kullanımı, CO_2 konsantrasyonunun 3500 ppm'e kadar artmasına sebep olmuştur. En düşük ve en yüksek PM konsantrasyonları ile sırasıyla sabah ve yatsı namazları sonrasında karşılaşılmıştır. Dolayısıyla halıların süpürülmesi işlemi için en uygun zamanın sabah namazından sonra olduğu belirlenmiştir. Covid-19 salgınının etkin olduğu süreçte alınan tedbirlerin camideki konfor şartlarının, iç hava kalitesinin ve enerji tüketiminin iyileşmesini sağladığı tespit edilmiştir. Simülasyon çalışmaları, yerden ısıtma sisteminin, yatsı – sabah ve sabah – öğle namazları arasında kapatılmasının %30'a kadar yakıt tasarrufu sağladığını göstermiştir. Yaz aylarında ise klimaların deneysel koşullarda olduğu gibi cemaatin isteği doğrultusunda kullanımı, oluşturulan senaryolara göre daha düşük elektrik tüketimi ve CO_2 salımı ile sonuçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Camiler, Enerji Tüketimi, Isıl Konfor, İç Hava Kalitesi, İklimlendirme Sistemleri.

INVESTIGATION OF THERMAL COMFORT AND INDOOR AIR QUALITY IN MOSQUES AND EVALUATION OF HEATING AND COOLING STRATEGIES FOR ENERGY CONSUMPTION REDUCTION

ABSTRACT

The increasing number of intermittently used temples, such as mosques, should not be overlooked in terms of their energy consumption although the share of continuously occupied spaces such as homes, offices, and workplaces in energy consumption is high. In this thesis study, the existing thermal comfort, indoor air quality, and energy consumption of Hacı Hasan Sert Mosque, representing a typical medium-scale neighborhood mosque in Yalova/Turkey, were experimentally investigated under different climatic conditions and occupancy rates during Friday, Eid, Tarawih, and regular daily prayers. Furthermore, scenarios incorporating HVAC system usage strategies aimed at achieving the current comfort conditions with reduced energy consumption were formed and simulated. The study aimed to determine the most healthy and comfortable conditions in the mosque with less energy consumption depending on the HVAC system's operational strategy and occupancy rates. Experimental investigations revealed that the increase in the number of congregants and the duration of mosque usage had positive effects on thermal comfort during winter months but negative effects during summer months. The indoor CO_2 concentration increased up to 3500 ppm when the windows were closed during high occupancy. The lowest and highest indoor PM concentrations were observed after morning and night prayers, respectively. Therefore, it was determined that the most appropriate time for carpet sweeping was after the morning prayer. It was found that the measures taken during the Covid-19 pandemic period improved the comfort conditions, indoor air quality, and energy consumption in the mosque. Simulation studies demonstrated that turning off the underfloor heating system between night - morning prayers and between morning - noon prayers resulted in up to 30% fuel savings. In summer months, the use of air conditioning units for cooling according to the congregation' preferences, as per the formed scenarios, led to lower electricity consumption and CO_2 emissions compared to experimental conditions.

Keywords: Mosques, Energy Consumption, Thermal Comfort, Indoor Air Quality, HVAC Systems.

1. GİRİŞ

Enerji kaynaklarının eşdeğer dağılmadığı yeryüzünde enerji üretimi olmayan veya yetersiz olan ülkelerde alternatif enerji kaynaklarından yararlanma ve kaynakları etkin şekilde kullanmak önem arz etmektedir. Fosil enerji kaynakları tüm dünyada ve ülkemizde hızla azalmakta iken, yapı sektörü küresel olarak kullanılan enerjinin yıllık %40'ını tüketmektedir. Yapılarda enerji tüketiminin önemli bir bölümü, yapı içi konfor şartlarını sağlayan ısıtma, havalandırma ve soğutma (HVAC) sistemleri için kullanılır. Harcanan enerji kömür, fuel-oil ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan sağlanıyor ise yakıtların tüketimi sonucunda atmosfere salınan karbondioksit ve diğer sera gazları, küresel ısınmanın ve çevresel kirliliğin başlıca nedeni olarak görülmektedir (Engin, 2012).

İnsanoğlu yaşamının büyük bir çoğunluğunu konutlar, ofisler, spor tesisleri, müzeler, tiyatrolar, hastaneler, kütüphaneler ve ibadethaneler gibi kapalı alanlarda geçirmektedir. Bu binalarda konfor şartlarını yerine getirebilmek ve yaşanabilir bir iç ortam sağlamak için büyük miktarlarda enerji harcanmaktadır. Ancak harcanan büyük miktardaki enerji uygun konfor şartları veya iç hava kalitesinin sağlanmasını garanti etmemektedir. Bu durum araştırmacıları, binalarda ısıl konfor, iç hava kalitesi ve enerji tüketimi şeklindeki önemli parametrelerin incelendiği bir dizi değerlendirme ve optimizasyon çalışmalarının yapılmasına yönlendirmiştir (Kilkis ve diğ., 2022; Alfano ve diğ., 2014; Stegou-Sagia ve diğ., 2007; Atthajariyakul ve Leephakpreeda, 2005).

Yıllarca gerçekleştirilen çok sayıda deneysel, sayısal ve anket araştırmaları bu konuda sağlam bir alt yapının oluşmasını sağlamıştır (Ahmed ve diğ., 2016; Al Assaad ve diğ., 2018; Balaras ve diğ., 1993; Kang ve diğ., 2015; Wang, 2006; Yao ve diğ., 2000; Yu ve diğ., 2017). Ancak bu çalışmalara rağmen, ısıl konfor ve iç hava kalitesinin haritalandırılması ve standartlaştırılmasında hala büyük boşluklar mevcut durumdadır. Özellikle ibadethaneler özelinde ısıl konfor, iç hava kalitesi ve enerji tüketimi ile ilgili bilgiler sınırlıdır.

İbadethaneler iç ortam hacimlerinin genişliği, kullanım amaçları ve şekilleri açısından benzersiz yapılardır. İbadethaneler dahilinde Müslümanların ibadetlerini gerçekleştirmek için kullandıkları camiler ise farklı zemin kaplamaları, ibadet sıklığı, ibadet sırasında

yapılan aktiviteler gibi diğer dini inanca sahip kişiler tarafından kullanılan ibadethanelerden ayırıcı ve belirleyici bazı özelliklere sahiptir (Azmi ve Kandar, 2019). Camiler cemaat tarafından düzenli olarak günde beş vakit, dini bayramların sabah vakitlerinde, Cuma günleri öğle vaktinde ve Ramazan aylarının yatsı vakitleri (Teravih namazı) dahil olmak üzere çeşitli doluluk oranlarında ve zamanlarda kullanılmaktadır (Croome, 1991). Cuma, Bayram ve Kandil gecelerindeki yatsı namazlarında camiler tam doluluk oranlarında kullanılmakta olup günlük namaz vakitlerinde kısmen doluluk yaşanmaktadır. Öte yandan, camilerin iç ortam zemininde duvardan duvara halı kullanılmakta ve cemaat camiye ayakkabılarını çıkararak giriş yapmaktadır. Ayrıca genellikle kubbe geometrisine sahip çatı yapıları, camilerde büyük iç ortam hacimlerinin oluşmasını sağlamaktadır (Faghih ve Bahadori, 2009; 2010; 2011). Cemaatin kendilerini rahat hissetmeleri ve sükûnet, huzur ve dinginlik hissine erişmeleri için konforlu bir iç mekânın oluşturulması kritik öneme sahip olsa da bazı araştırmalar konfor şartları ile ilgili bazı problemlerin meydana geldiğini göstermektedir (Abdullah ve diğ., 2016). Bu problemler genellikle büyük mimariden (Hameed, 2011) ve düşük ısı yalıtımı seviyesinden kaynaklanmakta ve özellikle pik yüklerde belirgin hale gelmektedir (Al-Homoud ve diğ., 2009). Bu nedenle, uygun ısıl konforu elde etmek ve enerji talebini düşük tutmak için dış kabuk tasarımını optimize etmek ve yeterli seviyede ısı yalıtımı uygulamak (Ibrahim ve diğ., 2014), aynı zamanda yeterli doğal aydınlatma ve temiz hava ihtiyacını karşılamak adına hayati önem taşımaktadır (Jaafar ve diğ., 2017). Özellikle sıcak iklimlerde hava geçirmez, iyi yalıtımlı, yansıtıcı yüzeylere ve minimum cam alanına sahip ve aşırı ısınmayı önlemek için gölgelendirme ekipmanlarıyla donatılmış bina zarflarının oluşturulması oldukça yararlı olacaktır (Al-Homoud, 2009). Ancak camiler bulundukları bölgenin mimari, kültürel, sosyal, iklimsel, politik ve ekonomik karakterini yansıttıkları için belirtilen katkıların camilerde uygulanması zorlayıcı olabilmektedir (Lidelöw ve diğ., 2019). Bu nedenle camilerdeki ısıl konfor, iç hava kalitesi ve enerji tüketimlerinin bulunduğu mevcut şartlar üzerinden değerlendirilmesi ve en uygun yaşam şartlarına en düşük enerji sarfiyatıyla getirilmesini sağlayacak iyileştirmelerin yapılması, insan sağlığı ve konforunun yanı sıra ülkelerin ibadethaneler için harcadıkları enerji miktarının azaltılmasıyla sonuçlanan olumlu bir adım olacaktır.

1.1. Isıl Konfor

Isıl konfor, ASHRAE Standard 55 (2017) standardında "Isıl ortamdan duyulan memnuniyeti ifade eden zihnin durumudur." şeklinde ifade edilmiştir. İnsanların bulundukları ortam koşulları ve kişisel faktörler ısıl algıda önemli rol oynamaktadır. Isıl konforu etkileyen çevresel faktörler hava sıcaklığı, ortalama radyant sıcaklık, bağıl nem ve hava hızını içerirken, kişisel faktörler kişilerin yaşına ve boy-kilo endeksine bağlı olarak elde edilen metabolik hız ve kullanılan kıyafetin yalıtım etkisini temsil etmektedir (Fanger, 1970; Prek ve Butala, 2017; Saffari ve diğ., 2016; Tseliou ve diğ., 2010). Öte yandan Ala-Juusela ve Shukuya (2014) tarafından yapılan çalışmada, algılanan ısıl konforun sadece ısıl ortamın bir sonucu olmayıp, çevresel ve kişisel niteliklerle ilgili birçok fiziksel, fizyolojik ve psikolojik faktörün birleşimi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca daha önce belirtilen çevresel faktörlere gürültü seviyesi, iç hava kalitesi, görsel ortam ve gün ışığının mevcudiyetini eklemiştir (Loftness ve diğ., 2003; Karjalainen, 2008). Dolayısıyla literatürde bu faktörlerin kombinasyonuna bağlı olarak konforlu koşulların oluşup oluşmadığını belirleyen standartlar ve teknik dokümanlar oluşturulmuştur.

Isıl duyuma dayalı insan algısı genellikle iç ortam hava sıcaklığı, ortalama radyant sıcaklık, operatif sıcaklık veya dış ortam sıcaklığı gibi ölçülebilen fiziksel niceliklerle ilişkili olarak istatistiksel olarak analiz edilmektedir (Schweiker ve diğ., 2016). Bu analizlerde saha araştırmaları söz konusu olduğunda kişilerin algısı ile dış ortam hava sıcaklığının değişimi arasındaki ilişki incelenirken, kontrollü penceresiz bir odada gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen istatistiksel bulgular ile ölçülen iç ortam şartları arasında bir ilişki olup olmadığı araştırılmaktadır (Nicol ve diğ., 2012). İnsan vücudunun ısıl konforunu belirleyen temel sıcaklık operatif sıcaklık olarak tanımlanmaktadır. Isıl konfor parametrelerini bünyesinde barındırdığı için ISO 7730 (2005) ve ASHRAE Standard 55 (2017) standartlarında ısıl konfor, operatif sıcaklık ile belirlenmiştir. Öte yandan Simone ve diğ. (2011), ısıl duyumla ilgili veri olmadığında insan vücudunun ekserji tüketim oranını tahmin etmek için operatif sıcaklığı kullanılmasını önermiştir. Bunun sebebi, operatif sıcaklıkta insan vücudu ile çevre arasındaki tüm ısı transferi mekanizmalarının hesaba katılmasıdır. Kılkış (2009) tarafından yürütülen çalışmada, insan ile çevresi arasındaki ısıl denge dikkate alınarak mini-manken tasarımı oluşturulmuştur. Vücut sıvısını temsil eden bir sıvı ile doldurulmuş mini-manken elektrik

kaynaklı bir ısıtıcı ile ısıtılmış ve insan vücudunun çevresi ile etkileşimi sırasında harcanan metabolik güç benzeştirilmiştir. Test odası oluşturulan başka bir çalışmada (Evren ve Kılkış, 2015) ise binalarda kullanılan iklimlendirme sistemlerine entegre edilebilecek bir operatif sıcaklık ölçer prototipi sunularak doğrulaması yapılmıştır. Ayrıca operatif sıcaklık, nem oranı ve çiğ noktası sıcaklığının bir fonksiyonu olarak elde edilen kış ve yaz ayları için ısıl konfor bölgeleri diyagramı Ek-A'da verilmiştir. Diyagrama göre, ortalama ışınım ve iç hava sıcaklıklarının kesiştiği optimum seviyede, kişinin bedenindeki ekserji kaybı minimumdur.

Isıl konfor üzerine yapılan çalışmaların bazıları iç ortamdaki ısı transferi mekanizmasının termodinamiğin ikinci yasasına göre yönünü belirlemeye odaklanmıştır (Shrestha ve diğ., 2021). Genel olarak termodinamiğin ikinci kanun analizi, ısıtma veya soğutma sistemleri gibi insan yapımı sistemlerden insan vücuduna kadar uzanan zincirde ekserjinin nerede ve ne kadarının tüketildiğini netleştirmektedir (Schweiker ve diğ., 2016). Bilindiği üzere ekserji kavramı, sağlanan enerjinin miktarı ile kalitesini de dikkate alınmasını temsil etmektedir (Rant, 1955). Bir sistemin içerdiği ekserji, o sistemin içerdiği enerjiden çevresine çekilebilen maksimum kullanılabilir iştir ve temel olarak kaynağın kalitesini gösterir (Simone ve diğ., 2011). Dolayısıyla, ekserji analizi, belirli bir enerji tedarik zinciri boyunca birbirine bağlı çeşitli sistemler aracılığıyla kalitedeki bozulma derecesini değerlendirmeyi mümkün kılarak sürdürülebilir bina tasarımının gereksinimlerini karşılamaları için iklimlendirme sistemlerinin optimize edilmesine yardımcı olmaktadır.

Binalarda iklimlendirme sistemlerinin sürdürülebilir tasarımlarına ek olarak kullanıcıların sağlığı ve ısıl konforları da dikkate alınmalıdır. Shukuya ve Hammache (2002), insan vücudunun da dahil olduğu biyolojik sistemlerle birlikte ısıtma ve soğutma sistemlerinin kullanıldığı binaların enerji ve ekserji analizlerini gerçekleştirmiştir (Shukuya, 1994; Takahashi, 1979). İnsan vücudunun ekserji tüketimi, iç ortam hava sıcaklığı ve ortalama radyant sıcaklık arasındaki ilişki ilk olarak Shukuya (2006) ve Isawa ve diğ. (2003) tarafından ele alınmıştır. Çalışmalarda farklı sıcaklık kombinasyonları için insan vücudu ekserji tüketim değerleri PMV (Predicted Mean Vote) ve PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) tahminleri ile kıyaslanarak en düşük ekserji tüketiminin ısıl açıdan nötrü temsil eden (PMV=0) çizgi üzerinde belirli bir noktada meydana geldiği sonucuna varılmıştır (Ek-A). Erten ve Kılkış (2022), binalarda iklimlendirme sistem

tasarımları ile ilgili olarak insan vücudunun ekserji tüketimi diyagramının ve iç ortam çalışma sıcaklığının kullanılması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca yüksek doluluk oranlarında kullanılan mahallerde insanların çeşitli virüslere karşı direncini koruyabilmesi için ekserji kaybının en aza indirilmesi önerilmiştir.

Isıl konfor üzerine yapılan güncel çalışmalarda bireylerin yaşına bağlı olarak ısıl hissiyatlarının ve fizyolojik tepkilerinin değerlendirildiği çalışmalarla karşılaşmak mümkündür (Wu ve diğ., 2023). Özellikle yaşlı nüfusun fazla olduğu Çin'in kırsal alanlarında yapılan çalışmalarda ısıl konforun her şehir ve bölge için ayrı ayrı ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır (Zhang ve diğ., 2023). Wu ve diğ., (2023) tarafından yapılan çalışmada, kan basıncı genç bireylere göre daha yüksek olan yaşlı bireylerin operatif sıcaklığa karşı duyarlılığının daha fazla olduğu belirtilmiştir. Öte yandan yüksek ortam sıcaklıklarında, yaşlı bireylerin genç bireylere göre daha az ısıl rahatsızlık hissettiği belirlenmiştir. Dolayısıyla kişilerin ısıl duyumu yaş aralığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Enerji tasarrufu ve ısıl konfor ile uyumlu binalar üzerine çalışmalar yürüten Mousavi ve diğ. (2023), akıllı enerji-konfor sistemi adı altında yeşil çatılı toplu konutları ele almıştır. Çalışmada optimize edilmiş bir yeşil çatılı bina tasarımının ısıl konforu %12,8 iyileştirdiği ve enerji tüketimini %14 azalttığı saptanmıştır. Su ve diğ. (2023) tarafından yapılan derleme çalışmasında ise düzensiz ısıl ortamlardaki ısıl duyum üzerine yapılan çalışmalar incelenerek, ortamlardaki ısıl konfor tespiti için eşdeğer sıcaklığın kullanılması veya yerel ısıl konfor bölgelerinin oluşturulması önerilmiştir. Ayrıca ısıl duyarlılığın insan vücudu bölümleri arasında farklılık gösterdiği doğrulanmıştır. Öte yandan, Korukçu ve Kılıç (2021) tarafından yapılan çalışmada ısıl konforun sağlanması için kullanılan ısıtma ve soğutma sistemlerinin sürekli izlenerek en uygun çalışma stratejilerinde kullanılmasının nesnelerin interneti ile mümkün olacağı belirtilmiştir. Dolayısıyla çalışmada çeşitli platformlar (Kablosuz Sensör Ağı, Kablosuz Bağlantı ve Android) kullanılarak nesnelerin interneti ile kontrol edilmesi ve ısıl konfor indeksinin iyileştirilmesi üzerine yapılmış bazı çalışmalar derlenmiştir. Yakın gelecekte sensör maliyetlerinin azalacağı ve ısıl konforun daha az enerji tüketimi ile sağlanması için iklimlendirme sistemlerinin gerçek zamanlı olarak internet üzerinden kontrolüne dayalı akıllı tasarımların gelişeceği ifade edilmiştir.

Standartlarda ısıl konforun çevresel parametrelerinden birisi olan bağıl nemin üst sınırı %60 olarak belirlenmiştir (ASHRAE Standard 55, 2017; Tanabe ve Kimura, 1994). Bağıl nemin iç ortamdaki dağılımı üç farklı yolla belirlenebilir (Chen ve diğ., 2023): (i) geleneksel mekânsal interpolasyon (Hodam ve diğ., 2017; Li ve diğ., 2014), (ii) iklim modelleri (Acero ve Arrizabalaga, 2018; Maharjan ve Regmi, 2014) ve (iii) regresyon (Fries ve diğ., 2012; Hanoon ve diğ., 2021; Li ve Zha, 2018). Amaripadath ve diğ. (2023), nemli iklimlerde iç ortam ısıl konfor parametresi olarak nemin rolünü sistematik bir şekilde incelemiştir. Yazarlar bağıl nemin mekânsal ve kişiselleştirilmiş ısıl konfor değerlendirmelerine ve modellerine nasıl dahil edileceğini analiz etmiştir. Geçici süreçlerde değişen metabolik faaliyetlerin sıcaklık ve bağıl nemi etkilediği ve dolayısıyla insanların konfor algısının değiştiği belirlenmiştir. Çalışmada bağıl nemi bir mekânsal ısıl konfor parametresi olarak dikkate almanın önemi yinelenmiştir. Ayrıca doluluk sonrası dönemlerde kişiselleştirilmiş ısıl konfor incelemeleri önerilmiş olup ısıl konforu hem çalışma sıcaklığı hem de bağıl nem açısından değerlendiren bir iç mekân higrotermal rahatsızlık göstergesinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir.

Nemin fizyolojik ve duyusal insan tepkileri üzerindeki etkisiyle ilgili deneysel verilerin analizini karmaşıklaştıran sorunlardan birisi, nemin bağımsız bir faktör olmaması ve diğer iklim faktörlerinin (sıcaklık, hava hızı, metabolizma hızı ve giysi özellikleri) seviyelerine bağlı olmasıdır (Givoni ve Belding, 1962). Givoni ve diğ. (2006) tarafından yapılan derleme çalışmasında ele alınan tüm araştırmalar, nem seviyesindeki değişikliklerin kişilerin ısıl konfor duyumları üzerindeki etkisinin çok küçük olduğunu göstermiştir. Çalışmada, nem seviyesindeki değişikliklerin belirgin bir etkisinin olmaması, neredeyse sürekli yüksek neme sahip (>%70) bölgelerde yaşayanların nemli cilde alışması olabileceği şeklinde açıklanmıştır. Vellei ve diğ. (2017) tarafından yapılan çalışmada doğal olarak havalandırılan ve klima kullanılan iki farklı mahal için iç ve dış ortam bağıl nemi arasındaki ilişki sunulmuştur (Ek-A). Çalışmada yüksek bağıl nem miktarının, bina sakinlerinin sıcaklık değişimlerine karşı daha fazla hassasiyet göstermesine yol açtığı belirtilmiştir. Zhou ve diğ. (2023) ise kontrollü hava akışının ısıl konfor üzerindeki nicel etkilerini değerlendirmiştir. Çalışmada, kişilerin hava hızı tercihini belirleyebilmek için bir odada üç sıcaklık seviyesi (26, 29 ve 32^{o}C) ve iki bağıl nem seviyesi (%40–%60 ve %70–%90) ayarlanarak altı deneysel koşul elde edilmiştir. Her biri 30 dk süren deneylerde odada 36 katılımcı bulunmuştur. Altı durum için tercih

edilen ortalama hava hızlarının sırasıyla 0,53, 0,62, 1,06, 1,31, 1,28 ve 1,48 m/s olarak belirlenmiştir. Yüksek miktardaki nemde (%70–%90) tercih edilen hava hızı, orta miktardaki neme (%40–%60) göre yaklaşık 0,15-0,3 m/s daha yüksektir ve bu fark iç ortam hava sıcaklığının artması ile birlikte artış göstermiştir.

Tablo 1.1. Camilere uygulanabilir uluslararası ısıl konfor standartları

Standart	Yıl	İçerik
EN ISO 7726	1998	Isıl ortamın ergonomisi - Fiziksel büyüklükleri ölçmek için araçlar
EN ISO 13731	2001	Isıl ortamın ergonomisi - Kelimeler ve semboller
EN ISO 8996	2004	Isıl ortamın ergonomisi - Metabolizma hızının belirlenmesi
EN ISO 7730	2005	Isıl ortamın ergonomisi - PMV ve PPD indekslerinin ve yerel ısıl konfor kriterlerinin hesaplanması kullanılarak ısıl konforun analitik olarak belirlenmesi ve yorumlanması
ISO/TS 14415	2005	Isıl ortamın ergonomisi - Uluslararası Standartların özel gereksinimleri olan kişilere uygulanması
EN ISO 9920	2007	Isıl ortamın ergonomisi - Bir giysi grubunun ısı yalıtımı ve su buharı direncinin tahmini
ASHRAE Standard 55	2017	İnsan doluluğu için ısıl çevre koşulları
EN 16798-1	2019	İç hava kalitesi, ısıl ortam, aydınlatma ve akustiği ele alan binaların enerji performansının tasarımı ve değerlendirilmesi için iç ortam çevresel girdi parametreleri

*Bu tablo (Yüksel ve diğ., 2021) referansından uyarlanmıştır.

Önceki bölümde belirtildiği gibi ibadethaneler diğer yapılara göre fiziksel yapıları ve kullanım amaçları gibi bazı özellikleri açısından farklılık göstermektedir. İbadethaneler özelinde camiler ise kullanım sıklıkları ve cemaatin camide yapmış olduğu aktiviteler açısından diğer ibadethanelerden ayrılmaktadır. Kutsal alanlarda ısıl konforun değerlendirilmesi ile ilgili kullanılabilecek bazı uluslararası standartlar Tablo 1.1'de verilmiştir. Bu standartlarda doğrudan ibadethaneler ile ilgili sınırlamalar bulunmasa dahi insanların yaşamlarını sürdürdüğü ve kapalı ortamları kapsayan bilgiler camiler için de geçerli olacaktır. Fanger (1970) tarafından ortaya konulan ve ISO 7730 (2005), ASHRAE Standard 55 (2017) ve EN 16798-1 (2019) standartlarında tahmin edilen ortalama oy ve tahmini memnuniyetsizlik yüzdesi olarak belirtilen PMV ve PPD, genel ısıl duyumu ve memnuniyet derecesini belirlemede kullanılan en yaygın indekslerdir. PMV; –3 ve +3 arasında, PPD; ise %0 ve %100 arasında değişmektedir. Standartlarda konforlu bir iç

ortam sağlamak için PMV'nin –0,5 ve +0,5 arasında ve PPD'nin %10'un altında olması gerektiği belirtilmektedir (ISO 7730, 2005).

ISO 7730 (2005) ve EN 16798-1 (2019) standartları, bağıl nem ve hava hızını sabitleyerek giysi yalıtımı, metabolik hız ve etkili mekanik güç hakkında varsayımlar yaparak çeşitli çalışma sıcaklıklarının konfor aralıklarını tanımlar (Tablo 1.2). Çalışma sıcaklığı, hava ve ortalama radyant sıcaklıklarının ortalaması olarak tanımlanır (ISO 9920, 2007). Çalışma sıcaklığındaki konfor sınırları belirlenirken kabaca iç ortam hava sıcaklığının ortalama radyant sıcaklığa eşit olduğu varsayılmaktadır. Mükemmel bir iç ortam ısıl konforu, %6'ya eşit veya altında bir PPD değeri ile temsil edilmekte olup ISO 7730 (2005)'da "A" ve EN 16798-1 (2019)'da "I" olarak gösterilmektedir. %10 ve %15'lik PPD'ye karşılık gelen diğer kategoriler ise sırasıyla B (II) ve C (III) olarak belirtilir. Ayrıca EN 16798-1 (2019) standardında kategori IV, PPD ≤ %25 durumunu temsil etmektedir. Günümüzde camilerdeki çalışma sıcaklığına ilişkin kriterler ile ilgili standartlar bulunmamaktadır. Ancak uluslararası ISO 7730 (2005), ASHRAE Standard 55 (2017) ve EN 16798-1 (2019) standartlarında tanımlanan PMV ve PPD modeli camilerde de uygulanabilir. Camilerdeki çalışma sıcaklığı sınırları, ısıl duyumu etkileyen diğer faktörler hakkında belirli varsayımlar yapılarak PMV ve PPD üzerindeki genel sınırlardan elde edilebilir.

Tablo 1.2. İç ortam ısıl konfor kriterleri

Parametreler	**Değerlendirme kriterleri***			**Açıklama**
	Kategori A / I	Kategori B / II	Kategori C / III	
PPD (%)	< 6	< 10	< 15	EN ISO 7730 (2005) ve EN 15251 (2007)'de tanımlanmıştır.
Çalışma Sıcaklığı (°C)[I,II]	21,3 – 24,6	22,5 – 25,5	23,6 – 26,3	BN = 55±10 %; v_a = 0,15±0,05 m/s; I_{cl} = 0,57±0,05 (m^2.K)/W; M = 1,6±0,1 met
Bağıl Nem (%)	30 - 70	30 - 70	30 - 70	CEN CR 1752'de tanımlanmıştır.
Hava Hızı (m/s)	0,13	0,21	0,28	θ_a = 26°C; *Tu* = 60%

[I] Çalışma sıcaklığı aralıkları, PPD'deki sınırlara karşılık gelmektedir.
[II] Konfor sınırlarının hesaplanmasında, hava sıcaklığının ortalama radyant sıcaklığa eşit olduğu varsayılır.
*Bu tablo (Yüksel ve diğ., 2020; CEN CR 1752; EN 16798-1, 2019; ISO 7730, 2005) referanslarından uyarlanmıştır.

Camilerle ilgili ısıl konfor çalışmaların özellikle sıcak ve nemli bölgelerde gerçekleştirilmesi dikkat çekmektedir (Varzaneh ve diğ., 2014; Hussin ve diğ., 2014; Ibrahim ve diğ., 2012). Abdullah ve diğ. (2016), camilerdeki yaşam kalitesi, sağlık şartları, enerji tüketimi ve cemaatin devamsızlık durumu ile ısıl konforun yakından ilişkili

olduğunu doğrulamıştır. Buna rağmen, bu konuda yapılan araştırmalar, camilerde çoğunlukla yüksek sıcaklıkla ilişkilendirilen ısıl rahatsızlık ile ilgili sorunları ortaya koymaktadır. Ibrahim ve diğ. (2014), Malezya'da bir mescitte kullanılmayan dönemlerin yanı sıra günlük namaz vakitlerini dikkate alarak ısıl konforu incelemiştir. Sıcak bir günde hava hızı konfor sınırları içerisinde olmasına rağmen iç ortamda aşırı ısınma sorunları meydana gelmiştir. Öte yandan, bazı araştırmalar, sıcak iklim bölgelerinde yaşayan insanların PMV ve PPD modeli ile tahmin edilenden daha yüksek sıcaklıkları kabul etmeye yatkın olduklarını ortaya koymuştur. Saeed (1996), Suudi Arabistan'da bir camide cuma namazı kılarken genel ısıl konforu (PPD) analiz etmiştir. Çalışmada, saha araştırmasında elde edilen gerçek memnuniyetsizlik yüzdesi, Fanger denklemiyle giysi yalıtımının 0,5 clo olduğu varsayılarak hesaplanan PPD'den yaklaşık %2 daha yüksekti. Öte yandan, giysi yalıtımının 0,6 clo olduğu durumda hesaplanan PPD değeri, saha araştırmasında kaydedilen %17'lik gerçek memnuniyetsizlik yüzdesine kıyasla %6 daha düşüktü. Al-Ajmi (2010), Kuveyt'teki altı farklı camide ısıl konfor parametrelerini ölçerek gerçek ortalama oy (AMV) hakkında veri toplamış ve cemaatin hissettiği ile ve ölçülen sıcaklık değerleri arasında 3^{o}C'den daha düşük bir sıcaklık farkı gözlemlemiştir. Hussin ve diğ. (2015), bir camide klima kullanıldığı sırada iç ortam sıcaklığını 25,9^{o}C olarak ölçmüş, ibadet edenlerin hissettiği sıcaklığı 30,4^{o}C olarak belirlemiştir. Çalışmada, ölçülen sıcaklık değerine göre PMV ve PPD değerleri hesaplanırken hissedilen sıcaklık değerine göre gerçek PMV ve PPD değerleri araştırılmıştır. Sonuç olarak hesaplanan ısıl memnuniyetsizlik oranı daha düşük olmasına rağmen camideki bireyler daha yüksek PMV değerlerinin de kabul edilebilir olduğunu bildirmiştir. Bu durum, sıcak iklimlerde yaşayan kişilerin davranışsal adaptasyonu ile ilişkilendirilmiştir. Fanger ve Toftum (2002) ise sıcak iklimlerde klimasız binalarda yaşamlarını sürdüren insanların, düşük beklentilerinden dolayı ısıl kabul edilebilirlik skalasının daha geniş olduğu ileri sürmüştür.

Isıl konforla ilgili problemler, özellikle pik yükler sırasında belirgin duruma gelirken genellikle ısı yalıtımı eksikliğinden ve büyük bina hacminden kaynaklanmaktadır (Hameed, 2011). Al-Homoud ve diğ. (2009), sıcak-nemli iklimlerdeki kişi kapasitesi 391 ile 1306 arasında değişen çeşitli camileri incelemiş ve duvarları yalıtılmamış camilerde ısıl konforun sağlanmasının güç olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle, yeterli düzeyde ısı yalıtımı sağlamak, enerji kullanımını azaltırken konforlu ısıl koşullar elde etmek için

hayati öneme sahiptir (Ibrahim ve diğ., 2014). Ibrahim ve diğ. (2012), sıcak bir iklimde, ısı yalıtımının yanı sıra iç yüzey malzemelerinden de camilerdeki ısıl konforun etkilenebileceğini göstermiştir. Daha koyu yüzey malzemeleri daha fazla ısı absorbe ettiği için sıcak yaz aylarında ısıl konforu olumsuz etkilemiştir. Atmaca ve Gedik (2020), daha homojen bir iç ortam hava sıcaklığı dağılımı elde etmek için iç ve dış ortam arasında bir ara bölge oluşturarak yüksek oda sıcaklıklarının düşürülebildiğini ve böylece kaydedilen konfor şartlarının önlenebileceğini öne sürmektedir. Faghih ve Bahadori (2011), uygun bir kubbe malzemesi seçimi ile iç ortam sıcaklığının $3^{o}C$ kadar düşürülebileceğini ve kubbedeki açıklıkların çapraz havalandırma sağlayacak şekilde oluşturulması ile ısıl konforun iyileştirebileceğini tespit etmiştir.

Pik yükler sırasında, konforlu bir ortam oluşturmak için önerilen yöntemlerden birisi de pasif sistemlerin HVAC ile kombinasyonudur (Martínez-Molina ve diğ., 2016). Al-Rabghi ve diğ. (2017), Mekke'deki camilerde soğutma ve nem alma cihazlarının kullanılmasını önerirken, Medine için dışarıdaki bağıl nemin düşük olması nedeniyle evaporatif soğutma önermiştir. Ayrıca diğer şehirlere göre daha yüksek Isıtma Derece Gün'e sahip Kudüs'te, yıl boyunca mahal ısıtmasına ihtiyaç duyulmamıştır. Öte yandan, çeşitli araştırmalar ısıl rahatsızlıkla ilgili sorunların bir kısmının HVAC ekipmanının uygun boyutlandırılması ve çalıştırılmasıyla önlenebileceğini veya hafifletilebileceğini göstermektedir. Bughrara ve diğ. (2017), İzmir/Türkiye'de bulunan doğal şekilde havalandırılan bir camide iç ortam sıcaklığı ve bağıl nemi hakkında veri toplamış ve bilgisayar simülasyonları yoluyla ortam sıcaklığını araştırmıştır. Pik ısıtma yüklerine ihtiyaç duyulduğu zamanlarda yerden ısıtma sisteminin kapasitesi ısı kaybını karşılamaya yetmemiştir. Budaiwi ve Abdou (2013), klima kullanımının ısıl konfor üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Yalıtımlı bir camide ibadet edenlerin gelişinden bir saat önce klima sisteminin çalıştırılmasının sürekli çalışmaya göre daha düşük enerji tüketimi ile konforlu koşullar sağlayabildiği belirlenmiştir. Yüksel ve diğ. (2020) ise gece namazlarında konforlu bir iç ortam sağlamak ve klimaların olumsuz sağlık problemleri oluşturmasını önlemek amacıyla caminin namazlardan önce soğutulmasını ve namaz sırasında klimaların kapatılmasını önermektedir. Noman ve diğ. (2016), sıcak iklimdeki bir camide PMV ve PPD indekslerini hesaplamak için CFD analizi gerçekleştirmiştir. Çalışmada iç ortamdan dış ortama kirli havanın atıldığı egzoz fanlarının konumu optimize edilerek, PMV değeri yaklaşık %60 oranında iyileştirilmiş ve konfor aralığına ulaştırılmıştır. Yıl

boyu süren saha ölçümlerinin sonuçlarına dayanarak, Kamar ve diğ. (2019), yerden 6 m yüksekte bulunan vantilatörler ile iç ortamdaki hava hızını arttırmanın, yüksek PMV ve PPD değerlerini sırasıyla %95 ve %91 oranlarında azaltabileceğini belirlemiştir. Al-Homoud ve diğ. (2009), havalandırma sistemlerinin olabildiğince caminin alt bölgelerine yerleştirilmesini ve klimalar yerine doğal havalandırmanın soğutma etkisinden yararlanılmasını tavsiye etmiştir. Benzer şekilde, CFD çalışması yürüten Khalil (2015) tarafından yapılan çalışmada, doğal havalandırma yoluyla caminin pasif şekilde soğutulmasının camideki genel ısıl hissiyatları iyileştirmeye yardımcı olacağını belirlenmiştir. Jaafar ve diğ. (2017), Mekke'deki bir camide, iç ortama aktarılan temiz hava miktarının değişimini içeren beş deney gerçekleştirmiştir. Havalandırma oranının artırılması ile hem iç hava kalitesinin hem de ısıl konforun iyileştiği gözlemlenmiştir.

1.2. İç Hava Kalitesi

İç hava kalitesi (IAQ) terimi, kapalı bir hacim içindeki havanın kalitesini karakterize etmek için kullanılır. İnsan faaliyetlerinin çoğu kapalı alanlarda gerçekleştiğinden ve iç ortamdaki kirletici konsantrasyonları genellikle dış ortamdakinden daha yüksek olduğundan, iç ortamdaki kirleticilere maruz kalma, dış ortamdaki kadar önemlidir (ASHRAE Standard 55, 2017). Bir iç ortamda ısıl konforun sağlanmasının yanı sıra iç ortam havasının herhangi bir sağlık sorununa yol açmamasını sağlamak da oldukça önemlidir (Mata ve diğ., 2022). Biyoaerosoller, asbest, radon gazları, kalıcı organik kirleticiler (POP), uçucu organik bileşikler (VOC), partikül maddeler (PM_x), kükürt oksitler (SO_x), nitrojen oksitler (NO_x) dahil olmak üzere farklı boyutlardaki parçacıklı maddeler, çeşitli biyolojik ve kimyasal kirleticiler, karbondioksit (CO_2), karbon monoksit (CO), mikroorganizmalar ve alerjenler açısından kirli bir havanın solunması baş ağrısı, mide bulantısı, nefes darlığı gibi akut veya kronik semptomlara ve hatta hasta bina sendromu ve kansere neden olabilmektedir (Gao ve diğ., 2014; Seppänen ve diğ., 1999; Seppänen ve Fisk, 2002a; Seppänen ve Fisk, 2002b; Śmiełowska ve diğ., 2017; Wargocki ve Wyon, 2007; Zhang ve diğ., 2017). Devletler, ulusal ve küresel etkili kuruluşlar, insanları havadaki kirletici maddelere maruz kalmaktan korumak için CEN CR 1752 (Fanger, 1999), EN 16798-1 (2019), ASHRAE Standard 62.1 (2019) ve ISO/DIS 16814 (2008) gibi yönergeler ve standartlar oluşturmuştur. Önerilen havalandırma oranlarına ek olarak, genellikle çeşitli kirleticiler için maruz kalma sınırları belirlenmiştir (Tablo 1.3)

(Yüksel ve diğ., 2021). Camilerdeki kirleticileri kapsamlı şekilde içeren herhangi bir standart veya kılavuz ile karşılaşılmamıştır. Dolayısıyla camilerdeki kirleticilerin de diğer binalarda olduğu gibi ele alınması ve işlenmesi gerekmektedir.

Tablo 1.3. CO_2 ve PM konsantrasyonlarına ilişkin standart ve yönergeler

Ülke	CO_2	PM_{10}	$PM_{2.5}$	Organizasyon	Referans
Çin	1000 ppm (24 saat ort.)	150 μg/m^3 (24 saat ort.)		AQSIQ, SEPA	AQSIQ You, (2013)
Hong Kong	1000 ppm (8 saat ort.)	180 μg/m^3 (24 saat ort.)		HKEPD HKSAR	HKEPD, (1999) HKSAR, (1998) HKSAR, (2003)
Japonya	1000 ppm[2]			MHLW	Charles ve diğ., (2005)
Kore	1000 ppm			KEITI	Jeong, (2008) Colbeck ve Nasir, (2012)
Kuveyt	0,5% (1 saat ort.)			Kuveyt EPA	Tang ve Al-Ajmi, (2005)
Malezya		150 μg/m^3 (8 saat ort.)		DOSH	Tang ve Al-Ajmi, (2005)
Singapur	1000 ppm (8 saat ort.)	150 μg/m^3		Çevresel Epidemiloji Enstitüsü, SIAQG	Institute of Environmental Epidemiology, (1996)
Finlandiya	900 ppm	< 20 μg/m^3 (8 saat ort.)		FiSIAQ	FiSIAQ, (2001) Air Duct Cleaners, (2013)
Almanya	10000 ppm (1 saat ort.)	4 mg/m^3 (8 saat ort.)		MAK	ANSI/ASHRAE, (2004)
UK	15000 ppm (15 min. ort.)			HSC, UK	HSC, (2002) Bluyssen, (2010)
Avusturya	5000 ppm (8 saat iş günü)	90 μg/m^3 (1 saat ort.)		NHMRC, NOHSC	NHMRC, (1996) NOHSC, (1995) TEC Green Office, (1997)
Kanada	3500 ppm (uzun süreli maruziyet)		100 μg/m^3 (1 saat ort.)	Health Canada, State of Washington	Federal–Provincial Advisory Committee, (1989) Health Canada, (1989) Dales ve diğ., Air Duct Cleaners, (2013) ANSI/ASHRAE, (2004)
USA	800 ppm (izin verilebilen seviye)	150 μg/m^3 (24 saat ort.)	65 μg/m^3 (24 saat ort.)	NAAQS/EPA NIOSH, OSHA	Hedrick, (2010) Charles ve diğ., (2005) Air Duct Cleaners, (2013)
Dünya Geneli	1000 ppm	50 μg/m^3 (24 saat ort.)	25 μg/m^3 (24 saat ort.)	WHO	WHO, (2000) ANSI/ASHRAE, (2004) Hedrick, (2010) Bluyssen, (2010)

*Bu tablo (Abdul-Wahab ve diğ., 2015) referansından uyarlanmıştır.

Son yıllarda yapılan birçok araştırmada, halk sağlığına yönelik en önemli çevresel riskler arasında iç ortam hava kirliliği gösterilmektedir (Sadrizadeh ve diğ., 2022; Nair ve diğ., 2022; Kumar ve diğ., 2023). Mühendislikte havalandırma, dış ortamdaki taze havanın iç ortamdaki mevcudiyetini arttırması nedeniyle iç hava kalitesini iyileştirmede genellikle etkili bir kontrol stratejisi olarak kabul edilmektedir (Melikov ve diğ., 2020; Smieszek ve diğ., 2019). Aynı zamanda havalandırma, ortamdaki kişilerin nefes alışverişi sırasında ürettiği partiküllerin havadaki konsantrasyonunu düşürdüğü için oldukça büyük öneme sahiptir (Schibuola ve Tambani, 2021). Özellikle pandeminin etkili olduğu süreçte yapılan çalışmalar, havalandırmanın yetersiz veya verimsiz olduğu durumlarda enfeksiyon riskinin arttığını göstermiştir (Correia ve diğ., 2020; Jo ve diğ., 2019; Ascione ve diğ., 2021). Öte yandan mevcut araştırmalar, çeşitli mahallerde gerekli iç hava kalitesini karşılamak için yeterli havalandırmanın çok önemli olduğunu ve yüksek doluluk oranlarında kapı ve pencereleri açarak doğal havalandırmanın iyi bir iç hava kalitesi elde etmek için yeterli olmadığını doğrulamaktadır (Moghadam ve diğ., 2023; Kılıç ve diğ., 2022; Buonomano ve diğ., 2023). Bazı durumlarda doğal havalandırmanın yoğun şekilde yapılması kışın ısı kayıplarını ve yazın ısı kazanımlarını artırarak enerji tüketimini ve ısıl konforu olumsuz etkileyebilir. Camilerde ise doğal yöntemlerle ortamın çapraz şekilde havalandırılması konveksiyon ile ısı transferinin artmasına ve dolayısıyla sıcak yaz aylarında cemaatin ısıl konforu iyileşmesini sağlayabilir. Jaafar ve diğ. (2017) tarafından yapılan CFD çalışması, tamamen dolu bir camideki hava değişim hızının saatte 6'dan 14'e beş adımda kademeli olarak arttırılması durumunda CO_2 konsantrasyonunun 1200 ppm'den 500 ppm'ye düşürüldüğünü göstermektedir. Al-Dabbous ve diğ. (2013), namaz vakitlerinde açık ancak diğer zamanlarda kapalı olan üç kapıyla havalandırılan bir camideki günlük CO_2 konsantrasyon değişimini incelemiştir. Günlük ortalama CO_2 konsantrasyonunun pik değeri 847,5 ppm olarak ölçülmüş ve kabul edilebilir seviyede olduğu belirlenmiştir. Ancak yüksek doluluk oranının görüldüğü Cuma gününde, camideki maksimum CO_2 konsantrasyonu 1662 ppm'e ulaşmış ve iç hava kalitesi açısından bu durumun sorun teşkil ettiği saptanmıştır. Ayrıca çalışmada uçucu organik bileşiklerin (VOC) ana kaynağının dış ortam olduğunu tespit edilmiştir. Ocak ve diğ. (2012), bir camideki CO_2 ve partikül madde konsantrasyonlarını (0,5-1,0, 1,0-5,0 ve >5,0 aralıklarındaki parçacık büyüklükleri) namazlardan bir hafta önce, namazlardan bir gün önce ve namaz günlerinde olmak üzere üç süpürme programı ile değerlendirmiştir. CO_2

konsantrasyonu sonuçları namazlar sırasında havalandırma oranının yetersiz olduğunu göstermiştir. PM konsantrasyonu ise Cuma namazlarından bir gün önce süpürme yapıldığında taktirde en düşük seviyeye ulaşmıştır. Yüksel ve diğ. (2020), en uzun namazlardan biri olan Teravih namazlarında CO_2 konsantrasyonunu izlemiştir. %100 dolulukta caminin pencereler yardımıyla havalandırılmasına rağmen CO_2 konsantrasyonu namazın başlamasından yaklaşık bir saat sonra 3750 ppm'e kadar yükselmiştir. (Samsudin ve diğ. (2012), bir üniversite kampüsünde hava ve toprak kirliliğini ele almış ve kirlilik düzeyinin caminin yola yakın cephesinde yüksek, caminin yoldan uzak cephesinde ise düşük olduğunu belirlemiştir.

1.3. Enerji Tüketimi

Müslüman nüfusun çoğunlukta olduğu ülkelerde nüfus artışıyla birlikte cami sayısının artması, camilerden kaynaklanan enerji tüketiminin artışı ile sonuçlanmaktadır. Bu sebeple, camilerde uygun konfor şartları ve iç ortam hava kalitesi sağlanırken enerjinin etkin ve verimli kullanılması önem kazanmaktadır. Camilerde ısıl konfor, iç hava kalitesi ve enerji tüketimi ile ilgili çalışmalar genellikle soğutma yükünün yüksek olduğu dönemlerde yapılmıştır. Bu çalışmaların sonuçları, konforlu bir iç ortam elde etmek için önemli miktarda enerji harcandığını göstermektedir. Bu nedenle, camilerle ilgili araştırmaların önemli bir kısmı, enerji talebini azaltmak için verimlilik stratejileri geliştirmeye odaklanmıştır. İklim koşullarının uygun olduğu durumlarda camilerde doğal havalandırmanın yapılması bu stratejilerden birisidir (Varzaneh ve diğ., 2014; Mushtaha ve Helmy, 2017). Ancak ısıl yükleri en aza indirmek için bina zarfı mümkün olduğunca hava geçirmez tutulmalı ve HVAC sistemleri yalnızca ortam sıcaklığı çok yüksek olduğunda çalıştırılmalıdır (Al-Homoud, 2009; Budaiwi ve diğ., 2013). Mushtaha ve Helmy, (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, pasif soğutmanın tek başına yıllık enerji tüketimini %10'a kadar azalttığı, ancak caminin soğutma yükünü karşılamada yeterli olmadığı belirlenmiştir. Çalışmada, mekanik ve pasif soğutmayı tek bir sistemde birleştiren hibrit soğutma sistemleri kullanımının çok daha küçük bir soğutma ünitesine olanak sağlayacağı ve yıllık enerji tüketimini %67,5 oranında azaltacağı tahmin edilmiştir.

Binalarda yalıtım uygulamaları enerji tüketimini en aza indirmek için oldukça önemli bir yere sahiptir. Suudi Arabistan'ın sıcak ve nemli iklimindeki iki cami için yapılan

araştırmada (Budaiwi, 2011), soğutma yüküne duvarların %34, çatının %23, infiltrasyonun %21, cemaatin %7, pencerelerden ısı kaybının %7, pencerelerin güneş geçirgenliğinin %5, iç ortamda bulunan ekipmanların %2 ve aydınlatmanın %1 katkıda bulunduğu belirlenmiştir. Aynı iki cami için yürütülen simülasyon çalışmaları (Budaiwi ve diğ., 2013), çatı ve duvarların yalıtılması ve hava kaçaklarının engellenmesi ile soğutma için harcanan enerjiden yıllık yaklaşık %26'ye varan oranda tasarruf sağlanabileceğini ortaya çıkarmıştır. Al Touma ve Ouahrani (2017), Katar'daki temsili bir cami üzerinde yaptıkları çalışmada, çatı yalıtımının %9,1 ve pencerelerde gölgeleme aparatları kullanımının %6,2 enerji tasarrufu sağladığını vurgulamıştır. Al-Anzi ve Al-Shammeri (2016) ise Kuveyt'teki temsili bir cami için klimaların sürekli çalıştırılmasına kıyasla dış cephenin yalıtılarak ve klimaların yalnızca namazlar sırasında çalıştırılmasının yıllık %72'ye varan bir enerji tasarrufu sağladığını hesaplamıştır.

Camilerdeki enerji tüketiminin büyük kısmına konforlu bir iç ortam oluşturmak için kullanılan HVAC sistemleri sebep olmaktadır. Krarti (2014), Kuveyt'teki camilerde aydınlatmanın 20 W/m^2, hava soğutmalı soğutucuların 135 W/m^2 ve su soğutmalı soğutucuların 85 ila 101 W/m^2 arasında soğutmadan kaynaklanan ısı akısına sahip olduğunu belirtmiştir. Abdou ve diğ. (2005), ortalama doluluk oranı %30 ve %100 arasında değişen beş farklı caminin beş yıllık enerji faturalarını analiz etmiştir. En yüksek yıllık enerji tüketimi, split klima kullanılan ve en fazla cemaat kapasitesine sahip olan camide (1319 kişi) kaydedilmiş ve enerji tüketim miktarı ay ve güneş takvimi için sırasıyla 167 kWh/m^2 ve 171 kWh/m^2 olarak belirlenmiştir. Aynı yazarların sonraki çalışmaları (Al-Homoud ve diğ., 2005), klimanın toplam enerji tüketimindeki payının %69 ila %79 arasında, aydınlatmanın %17 ila %27 arasında ve vantilatörlerin %2 ila %9 arasında olduğunu göstermiştir. Elshurafa ve diğ. (2019), Riyad/Suudi Arabistan'daki bir caminin çatısına fotovoltaik paneller yerleştirmenin, 1,18 ABD$/Watt sermaye maliyetiyle yıllık enerji tüketiminin %50'den fazla azaltabileceği sonucuna varmıştır.

HVAC ekipmanının uygun şekilde boyutlandırılması ve çalışma stratejilerinin belirlenmesi, enerji kullanımını azaltmanın bir diğer anahtarıdır. Al-Homoud ve diğ. (2009), uzun süreli yüksek dış ortam sıcaklıklarının görüldüğü iklimlerde iç ortama giren sıcak havanın kubbeye ulaşmadan önce kullanım alanında tutulmasını önermiş ve uygun kapasitede seçilen klimaların aralıklı şekilde çalıştırılmasının enerji tüketimini

azaltacağını vurgulamıştır. Budaiwi ve Abdou (2013) tarafından yürütülen simülasyon çalışması, klimaların aralıklı olarak kullanımıyla yalıtımsız bir camide %36 ve yalıtımlı bir camide ise %23 ısıtmadan kaynaklanan enerji tüketiminde tasarruf sağlandığı belirtmiştir. Habeebullah (2007), Mekke'deki Mescid-i Haram'ın klima tesisine bir buz ısıl depolama ünitesi dahil etmenin ekonomik fizibilitesini araştırmıştır. Çalışmada tam ve kısmi (yarım) yük depolama olmak üzere iki senaryonun dikkate alınmış ve kısmi yük depolama sisteminin herhangi bir kazanç oluşturmadığı belirlenmiştir. Ancak tam yük buz depolamanın mevcut soğutma sistemleri ile birleştirilmesinin makul ölçüde enerji tasarrufu sağlanabileceği bildirilmiştir.

1.4. Türkiye'de Covid-19 Salgını

Türkiye'de, 11 Mart 2020'de ilk koronavirüs vakasının görülmesinin ardından süper yayıcılar nedeniyle günlük vaka sayısında hızlı bir artış yaşanmıştır. Salgının etkin olduğu dönemde günlük vaka sayısının önemli ölçüde arttığı dört pik nokta gözlemlenmiştir. Kısıtlamaların hayata geçirilmesi ile günlük vaka sayıları azalırken, kısıtlamaların gevşetilmesi ile virüsün yayılma hızı ve dolayısıyla günlük vaka sayısının artmıştır. 2022 yılının Kasım ayında 1000 ve 2000 arasında değişkenlik gösteren vaka sayıları Aralık 2022 itibariyle daha da azalarak salgın sürecinin sona ermesi ile sonuçlanmıştır (URL-1).

16 Mart 2020 tarihinde cami ibadetlerine tamamen ara verilmesiyle birlikte Covid-19 salgınının camilere katılım üzerindeki etkileri kısa sürede gözlenmeye başlanmıştır. 29 Mayıs 2020 tarihinden itibaren camilerin kapıları maske, mesafe ve hijyen kuralları dikkate alınarak öğle, ikindi ve cuma namazları için cemaate açılmıştır. 24 Haziran 2020 tarihinden itibaren tüm namaz vakitlerinde alınan maske, mesafe, hijyen önlemleriyle cemaatin toplu halde ibadet etmesine izin verilmiştir (URL-2). Ayrıca cemaatteki kişilerin arasında 1,5 m'lik mesafenin korunması gerektiğinden, camilerin kapasitesi yaklaşık üçte bir oranında azalmıştır. Öte yandan koronavirüsün insanlar arasında hava yoluyla bulaşması nedeniyle HVAC sistemlerinin kullanım senaryoları yeniden ele alınmış ve kalabalık ortamlarda iklimlendirme sistemlerinin hastalığın yayılma hızına etkisi tam olarak bilinmediği için bu sistemlerin kullanımına ara verilmiştir.

1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Camiler, özellikle çok sayıda kişinin belirli vakitlerde ve belirli dönemlerde ibadetlerini yerine getirebilmesi için inşa edilmiş büyük yapılardır. Kullanım sıklıkları, duvardan duvara olacak şekilde zeminde kullanılan halılar ve namaz sırasında insanların gerçekleştirdiği fiili davranışlar açısından camiler, iç ortam ısıl konforu ve hava kalitesi koşulları açısından diğer ibadethanelerden farklılık göstermektedir. Öte yandan bulundukları lokasyonun iklimsel, kültürel, sosyal ve diğer koşullarını temsil edecek şekilde inşa edilen camiler mimari yapılarıyla da kendi aralarında da farklılık gösterebilmektedir (Baharudin ve Ismail, 2014; Kassim ve diğ., 2014; Lidelöw ve diğ., 2019).

Mevcut çalışmalar, camilerdeki ısıl konfor ile ilgili sorunların genellikle şiddetli iklim koşullarında ortaya çıktığını göstermektedir. Ayrıca iç ortamdaki ısıl hissiyat değerlendirmeleri genellikle PMV ve PPD modeli kullanılarak gerçekleştirilmiş olup birçok çalışmada, bu modelin tercih edilebileceği vurgulanmıştır. İç ortam hava kirleticilerine ilişkin çalışmalar, insan sağlığını tehdit etme potansiyeli ile kıyaslandığında oldukça az sayıdadır. Öte yandan, ısıl konfor, iç hava kalitesi veya enerji tüketimine odaklanan çok sayıda çalışma olmasına rağmen çalışmaların çoğu tek parametreyi incelerken sadece küçük bir kısmı iki parametreyi birlikte ele almıştır. Isıl konfor, iç hava kalitesi ve enerji tüketimi parametreleri birbirleriyle ilişki olduğu için bazı çalışmalarda, gelecekte yapılacak çalışmalar adı altında hepsinin birlikte incelenmesi önerilmiştir. Ayrıca daha önce yapılan çalışmalar ışığında diğer bina türleri ile karşılaştırıldığında kendine özgü özelliklerine rağmen camiler için uzun vadeli ısıl konfor, iç hava kalitesi ve enerji tüketimi ölçümlerinin eksik olduğu belirlenmiştir.

Literatürde oluşan boşlukların doldurulması için bu tez çalışmasında, Yalova/Türkiye'de bulunan ve orta ölçekli tipik bir mahalle camisini temsil eden Hacı Hasan Sert Cami'nin farklı iklim koşulları altında ve farklı doluluk oranlarında kullanıldığı Cuma, Bayram, Teravih ve vakit namazlarında meydana gelen mevcut ısıl konfor, iç hava kalitesi (CO_2, $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları) ve enerji tüketimleri deneysel olarak izlenmiştir. İklimlendirme sistemlerinin kullanıldığı kış ve yaz ayları için incelemeler yapılırken iklimlendirme sistemlerinin kullanılmadığı bahar ayları, çalışmanın daha kısa, anlaşılır ve açık bir şekilde sunulabilmesi için kapsam dışında bırakılmıştır. Çalışmanın

yürütüldüğü dönem ile Covid-19 salgın süreci örtüştüğü için salgın döneminde alınan tedbirlerin camideki ısıl konfor, iç hava kalitesi ve enerji tüketimi üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Ayrıca mevcut konfor şartlarının en az enerji sarfiyatıyla sağlanması amacıyla iklimlendirme sistemleri kullanım stratejilerini barındıran senaryolar oluşturulmuş ve bir simülasyon programı ile modellenmiştir. Oluşturulan senaryolarda caminin duvarı yalıtılarak yalıtımın iklimlendirme sistemlerinin enerji tüketimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Son olarak yaz aylarında caminin pencerelerle havalandırılması durumu dikkate alınarak, farklı havalandırma oranları için klimaların kullanım stratejileri incelenmiştir. Dolayısıyla bu tez çalışmasının amacı, iklimlendirme sistemlerinin çalışma stratejisine ve doluluk oranlarına bağlı olarak camideki en sağlıklı ve konforlu şartların en az enerji tüketimi ile sağlanmasıdır. Ayrıca çalışmadan elde edilen sonuçların farklı camiler için yürütülecek çalışmalara örnek teşkil etmesi hedeflenmiştir.

2. METODOLOJİ VE YÖNTEM

Bu bölümde, çalışmada ele alınan caminin yapısal özellikleri başta olmak üzere camide kullanılan iklimlendirme sistemlerinin özellikleri, yürütülen deneysel çalışmalarda kullanılan cihaz ve ekipmanların özellikleri, enerji tüketiminin ve anketlerin değerlendirilmesinde kullanılan metotlar ve yürütülen simülasyon çalışmalarına dair yöntemler ele alınmıştır.

2.1. Cami Seçimi ve Yapısal Özellikler

Dünya'daki cami çeşitliliği dikkate alındığında camilerin oluşturduğu evrenin tümünü ele almak olanaksızdır. Bu nedenle camilerin oluşturduğu evrenin içerisinde örnek bir caminin seçilmesi ihtiyacı doğmaktadır. Örnek cami seçimi ile çalışma ekonomikliği sağlanırken doğru ve güvenilir sonuçlara daha kısa sürede ulaşılmaktadır (URL-3).

Basit örnekleme, sistematik örnekleme, tabakalı örnekleme gibi farklı örnekleme yöntemleri anakütleyi temsil edici niteliğe sahiptir. Ancak yargısal örnekleme gibi yöntemler istatistiksel temellere dayanmadığı için sadece ele alınan örneği temsil etmektedir. İslam dini mensupları tarafından ibadet vakitlerinde aralıklı olarak kullanılan camiler, boyutsal farklılıklarına ek olarak bulundukları konumdan kaynaklanan farklı iklimsel şartlara maruz kalmaları, farklı HVAC sistemlerine, yapı malzemelerine ve cemaat kapasitesine sahip olmalarından dolayı oldukça fazla çeşitlilik göstermektedir. Örneğin aynı iklimde bulunan aynı boyuttaki iki farklı camide farklı duvar malzemeleri veya HVAC sistemleri kullanılabilmektedir. Öte yandan bazı küçük ölçekli camilerde toplu halde namaz kılınmazken merkezi konumda bulunan ve genellikle merkez cami olarak adlandırılan büyük ölçekli camilerde namaz vakitlerinde yüksek doluluk oranında namaz kılınmaktadır. Dolayısıyla oldukça fazla çeşitlilik gösteren camiler arasından olasılıklı olmayan yargısal örnekleme yöntemi kullanılarak yaygın cami türlerinin özelliklerini yansıttığı düşünülen orta ölçekli ve tipik bir mahalle camisi olan Hacı Hasan Sert Cami örneklem olarak ele alınmıştır. Hacı Hasan Sert Cami'nde tipik olarak düşük doluluk oranlarının gözlemlendiği günlük namazlar, kısmi doluluk oranına ulaşılan Teravih namazları ve tam doluluk oranının sağlandığı Cuma ve Bayram namazları cami görevlisi (imam) eşliğinde toplu halde kılınmaktadır. Bu sayede tipik bir mahalle camisinin ısıl konfor, iç hava kalitesi ve enerji tüketimi parametreleri değerlendirilirken

farklı iklimlerde bulunan ve farklı türlerdeki camiler için örnek bir çalışma sunulması amaçlanmıştır.

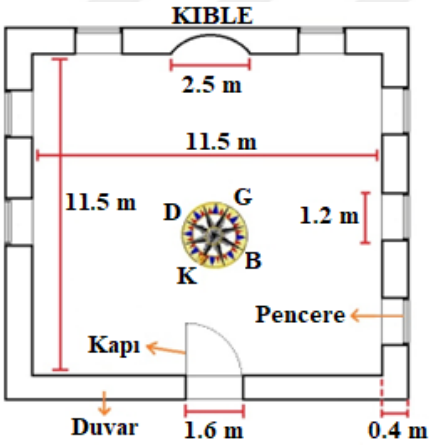
Şekil 2.1. Türkiye'nin nüfus yoğunluğu haritası

Şekil 2.2. Hacı Hasan Sert Cami'nin lokasyonu

Şekil 2.1'de görüldüğü gibi Yalova ili, Türkiye'nin kilometrekare başına nüfus yoğunluğunun en yüksek olduğu illerden biridir (Europa, 2010). Şehirde Diyanet İşleri Başkanlığına bağlı 168 cami bulunmaktadır (URL-2). Diyanet İşleri Başkanlığı resmi kayıtlarına göre Türkiye'de yaklaşık 83.000 cami bulunduğu dikkate alındığında, Yalova'daki camiler ülkedeki camilerin yaklaşık %0,2'sini oluşturmaktadır. Hacı Hasan Sert Cami, Türkiye'nin kuzeybatısında İstanbul'u da içine alan Marmara bölgesinin güneydoğusundaki 2 m rakımlı Yalova ilinin merkezinde yer almaktadır (Şekil 2.2). 40°38'25.8"K ve 29°15'43.9"D coğrafi koordinatlarında yer alan şehrin iklim sınıfı, Köppen-Geiger iklim kriterleri sınıflandırma sisteminde "Csa" 'ya karşılık gelmektedir. Dolayısıyla caminin bulunduğu bölge yaz ayları nemli ve sıcak, kış ayları ise ılıman ve yağışlı bir iklim ile karakterizedir (URL-4).

Tüm camilerde olduğu gibi ön cephesi Kâbe'ye dönük (güneydoğu) şekilde inşa edilen Hacı Hasan Sert Cami toplam 225 m^2 kullanım alanına sahipken cemaatin aktif olarak

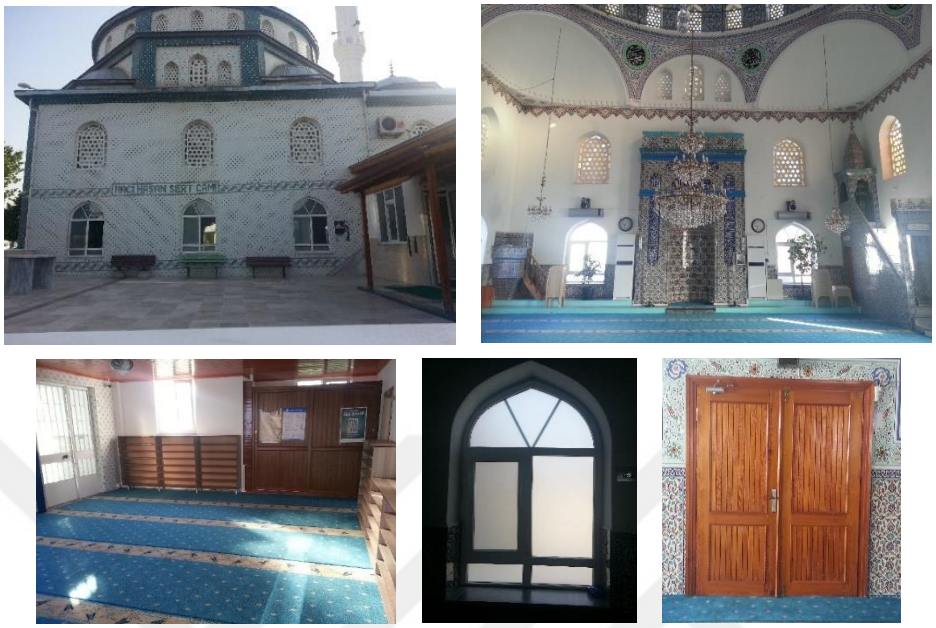
ibadet ettiği ana holün taban alanı 132 m^2'dir (Şekil 2.3 ve 2.4). Caminin zemininde duvardan duvara uzanan ve zeminde herhangi bir boşluk bırakılmayacak şekilde yerleştirilmiş ve yün ve akrilik malzemeden imal edilmiş bir halı bulunmaktadır. Halı, pandemi sürecinden önce ve sonra yılda bir kez temizlik firmaları yardımıyla yıkanırken pandemi sürecinde caminin daha az kullanılması sebebiyle yıkanmamıştır. Halıdaki bölgesel kirlenmeler ise cami görevlileri tarafından temizlenmektedir. Caminin girişinde cemaatin kullanımına sunulan ve ayakkabı raflarının bulunduğu bir oda bulunmaktadır. Ana holün giriş kapısına ayakkabılıkların bulunduğu odadan sonraki bir koridordan ulaşılmaktadır. Normal şartlar altında 355 kişi kapasitesine sahip olan camide Covid-19 salgını sürecinde alınan tedbirler kapsamında kapasite 155 kişiye kadar düşmüştür. Caminin toplam yüksekliği 11 m iken duvar ve kubbe yüksekliği yaklaşık 6 ve 5 m'dir.



Şekil 2.3. İbadet yapılan ana holün şematik görünüşü

Dış duvarlar, her biri yaklaşık 1,75 m^2 alana sahip açılabilen toplam sekiz adet çift camlı pencere içermektedir (Şekil 2.4). Pencerelerin iki tanesi caminin ön cephesinde altı tanesi ise sağ ve sol cephelerde bulunmaktadır. Ancak pencerelerden birisi, üzerinde hutbe okunan minberin arkasında kaldığı için aktif olarak kullanılmamaktadır. Pencerelerin toplam güneş geçirgenliği 0,761, direkt güneş geçirgenliği 0,705 ve ışık geçirgenliği 0,812'dir. Ayrıca aktif olarak kullanılamayan ve zeminden yaklaşık 4 m yükseklikte üzerinde yaklaşık 4 cm kalınlığında alçı malzemesi bulunan dokuz adet pencere bölmesi bulunmaktadır. Ana hole girişte kullanılan kapı ise 1,6 m × 2,2 m boyutundadır ve ahşap malzemeden imal edilmiştir. Dış duvar ve kubbede yalıtım malzemesi kullanılmamış olup camide kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri Tablo 2.1'de verilmiştir. Caminin

kubbesi kaburgalı kubbe yapısına göre inşa edilmiş ve ana malzeme olarak kiremit kullanılmıştır.



Şekil 2.4. Hacı Hasan Sert Cami'nin bölümleri

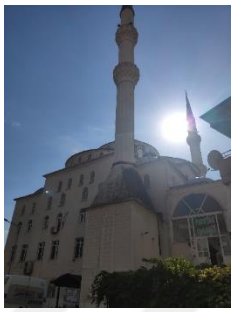
Tablo 2.1. Hacı Hasan Sert Cami'nin yapısal özellikleri

Parametre	Malzeme	Kalınlık (m)	U-değeri (W/m^{2}K)
Dış duvar	Dış sıva	0,02	1,501
	Ateş tuğlası	0,36	
	İç sıva	0,02	
Kubbe	Çatı kaplaması	0,01	1,540
	Çatı keçesi	0,005	
	Kiremit	0,2	
	İç sıva	0,02	
Zemin	Dökme beton	0,2	0,125
	UHS ve şap	0,1	
	Hücresel kauçuk altlık	0,005	
	Halı	0,014	
Pencere	Yansıtıcılı cam	0,004	2,76
	Hava	0,01	
	Yansıtıcılı cam	0,004	
Kapı	Ahşap	0,035	2,823

Camiler aynı amaca hizmet etseler de iç hacim büyüklükleri ve tarihi değerleri gibi özellikleri bakımından birbirlerinden farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle çalışmada Covid-19 salgınının camilerdeki enerji tüketimi üzerindeki etkileri, büyüklük, konum ve tarihsel bağlam açısından sınıflandırılmış, Türkiye genelinde yaygın olarak karşılaşılan altı farklı türdeki camiden pandemi öncesi ve sırasındaki elektrik faturaları temin edilerek

analiz edilmiştir (Tablo 2.2.). Tüm camiler, sıcak ve nemli bir iklime sahip olan Türkiye'nin Yalova şehrinde veya yakınında bulunmaktadır. Bu sayede iklim koşullarının ve dış ortam parametrelerinin her cami için hemen hemen aynı olması sağlanmıştır.

Tablo 2.2. Pandeminin enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği camilere ait bilgiler

		
Yalova Merkez Cami (YM) CT: Merkez Cami CB: 27 m × 21 m KK: 2100 (pandemide 700)	Fatih Cami (FM) CT: Büyük Ölçekli Mahalle Camisi CB: 21 m × 17 m KK: 1350 (pandemide 450)	Hacı Hasan Sert Cami (HM) CT: Orta Ölçekli Mahalle Camisi CB: 11,5 m × 11,5 m KK: 355 (pandemide 155)
Rüstempaşa Cami (RM) CT: Küçük Ölçekli Cami CB: 8 m × 6 m KK: 60 (pandemide 20)	Güneyköy Cami (GM) CT: Tarihi Cami CB: 11 m × 9 m KK: 120 (pandemide 40)	Safran Köyü Cami (SM) CT: Köy Camisi CB: 18 m × 15 m KK: 600 (pandemide 200)

Kısaltmalar: CT: Cami türü, CB: Cami boyutları, KK: Kişi kapasitesi

2100 kişi kapasitesine sahip olan Yalova Merkez Cami, çarşı bölgesindeki merkezi konumu nedeniyle diğer camilere göre daha fazla cemaat kapasitesine sahiptir. Fatih Cami, ibadet saatlerinde bölge halkının katılım gösterdiği büyük ölçekli bir mahalle camisidir. Hacmi ve cemaat kapasitesi diğer mahalle camilerine göre daha fazladır. Hacı Hasan Sert Cami ve Rüstempaşa Cami ise sırasıyla orta ve küçük ölçekli hacimleri temsil etmektedir. Bu, Hacı Hasan Sert Cami'nin Fatih Cami'ne göre, Rüstempaşa Cami'nin ise Hacı Hasan Sert Cami'ne göre daha küçük cemaat kapasitesine sahip olduğu anlamına

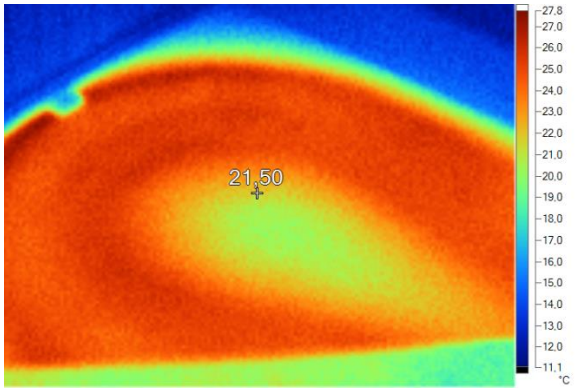
gelmektedir. Ayrıca Rüstempaşa Cami kullanım şekliyle diğer camilerden ayrılmaktadır. Yalova Merkez Cami'nin yanında yer alan bu camide Cuma namazı dışında cemaatle ibadet yoktur ve daha çok mescit hükmündedir. Şehir merkezine uzak olan ve tarihi camileri temsil eden Güneyköy Cami'yi diğerlerinden ayıran en önemli özellik kesme taştan imal edilmiş olan ana duvar malzemesidir. Diğer camilerin duvar malzemeleri ateş tuğlasıdır. Son olarak Yalova'nın Merkez ilçesine bağlı Safran Köyü'nde bulunan Safran Köyü Cami, nüfus yoğunluğunun düşük olduğu kırsal kesimlerde bulunan camilerin bir temsilcisidir. Sözü edilen camilerde yalıtım malzemeleri kullanılmamıştır (Yüksel ve diğ., 2021b).

2.1.1. İklimlendirme Sistemleri

Camide ısıtma sezonunda yerden ısıtma sistemi ve soğutma sezonunda klimalar ve vantilatörler kullanılmaktadır. Öte yandan cami, pencerelerin açılıp kapatılması ile doğal şekilde havalandırılmaktadır. Önceki bölümde özellikleri verilen pencereler, cami görevlileri ve camide bulunan cemaat tarafından havalandırma ihtiyacı duyulduğu taktirde açılmaktadır. Ayrıca yatsı namazından sonra sabah namazına kadar pencereler kapalı tutulmaktadır.

Büyük iç ortam hacimleri nedeniyle camilerde yerden ısıtma sistemlerinin kullanımı oldukça yaygındır. Son yıllarda ülke genelinde doğalgaz kullanımının yaygınlaşması ve yakıt maliyetinin elektrikli ısıtıcılara göre daha düşük olması sebebiyle genellikle toplu halde ibadetlerin gerçekleştirildiği ana holün zeminine yerleştirilen doğalgaz yakıtlı sıcak sulu yerden ısıtma sistemi kullanılmaktadır. Ancak yerden ısıtma sisteminin fiziksel şartlar nedeniyle yerleştirilemediği mihrap gibi camilerin bazı bölgelerinde elektrikli yerden ısıtma sistemleri de tercih edilebilmektedir. Daha önce radyatörlü ısıtma sistemi kullanılan camilerde ise radyatörlü ısıtma sistemi devre dışı bırakılarak önceden var olan beton zemin malzemelerinin üzerine yerden ısıtma sistemi yerleştirilmektedir.

Çalışmada ele alınan Hacı Hasan Sert Cami soğuk kış aylarında doğalgaz yakıtlı yerden ısıtma sistemi ile ısıtılmaktadır. Cami personeli, yerden ısıtma sistemini sadece namaz vakitlerinde çalıştırıldığında alan ısıtmanın sağlanamadığını bildirmiştir. Bu nedenle yerden ısıtma sistemi cami personelleri tarafından sürekli olarak çalıştırılmaktadır.



Şekil 2.5. Isıtma borularının şap üstünden ısıl görüntüsü

Şekil 2.6. Camide klimaların ve vantilatörlerin yerleşimi

Hacı Hasan Sert Cami'deki yerden ısıtma sisteminin kompozisyonu diğer camilerde kullanılan ısıtma sistemleri gibi beton zemin, şilte, ısıtma boruları ve zemin düzeltici şaptan oluşmaktadır. Şapın üzerinde ise ince bir tabanlık ve halı bulunmaktadır. Yerden ısıtma sisteminin kullanıldığı Ocak ayının bir günündeki halı ve tabanlık altından çekilmiş anlık ısı kamerası görüntüsü Şekil 2.5'te verilmiştir. Kolektörde 10 adet giriş ve

10 adet çıkış bulunmakta ve zeminde dolaştırılan 3/4" (0,019 m) çapındaki ısıtma boruları ana kolektöre bu giriş ve çıkış noktalarından montajlanmıştır. İç ortamdaki ısıtma borularının toplam uzunluğu yaklaşık 750 m'dir. Kolektöre aktarılan sıcak suyun ısıtılmasında bir yoğuşmalı kombi (Baymak Luna Avant 24 LN) kullanılmaktadır.

Hacı Hasan Sert Cami, sıcak yaz aylarında iki adet salon tipi split klima (Regal Rac 50) ile soğutulmaktadır. Klimalar caminin ön cephesinde mihrabın iki kenarına yerleştirilmiştir (Şekil 2.6). Ayrıca enerji, ısıtma ve soğutma sınıfları sırasıyla C, B ve C olan klimaların her biri 13,25 kW (42000 BTU/h) soğutma ve 15,2 kW (48000 BTU/h) ısıtma kapasitesine sahiptir. Isıtma için 2,81, soğutma için 2,41 COP değerine sahip klimalarda soğutucu akışkan olarak R410A kullanılmıştır. Her bir cihaz için nem alma kapasitesi 4,6 l/h ve hava akışı 1800 m^3/h'tir. Ayrıca caminin sağ ve sol cephelerindeki duvarlara zeminden yaklaşık 3 m yüksekliğe montajı yapılmış çapı yaklaşık 0,8 m olan iki adet vantilatör ile ortamdaki hava hareketi arttırılmaktadır.

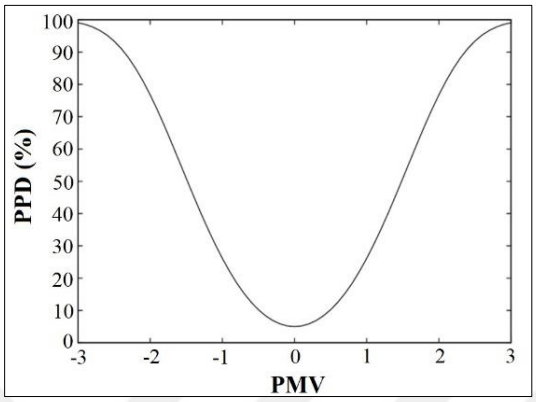
2.2. Deneysel Yöntem

Deneysel çalışmalar vakit, Cuma, Teravih, Bayram namazlarında ve Kandil gecelerindeki yatsı namazlarında yürütülmüştür. Çalışmalar cemaatin katılım gösterdiği namaz vakitlerine ek olarak namaz vakitlerinin dışında caminin kullanılmadığı zamanları da kapsamaktadır. Ölçümler 2018'in Ramazan ayındaki Teravih namazlarıyla başlamış ve değerlendirilmesi planlanan koşulların oluştuğu zamanlarda aralıklı olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada iklimlendirme sistemlerinin kullanım stratejilerine odaklanıldığı için iklimlendirme sistemlerinin kullanılmadığı bahar ayları kapsam dışında bırakılmıştır. Ayrıca 2020 yılının üçüncü çeyreğinden 2022 yılının sonuna kadar kış ve yaz aylarında birisi Cuma günü olmak üzere haftada en az iki gün ısıl konfor ve iç hava kalitesi verileri toplanmıştır. Deneylerin yürütüldüğü zaman dilimi Covid-19 salgını dönemini ve öncesini kapsamaktadır. Bu nedenle çalışmada pandemi önlemlerinin camilerdeki ısıl konfor ve iç hava kalitesi üzerindeki etkileri de incelenmiştir.

2.2.1. Isıl Konfor Ölçümleri

Günümüzde Fanger tarafından ortaya konulan PMV ve PPD indekslerinin kullanıldığı ısıl konfor modeli (Fanger, 1970), en çok kullanılan ısıl konfor modelidir. Şekil 2.7'de PMV

ve PPD arasındaki ilişki verilmiştir (ASHRAE Standard 55, 2017). Bir ortamın PMV indeksinin sıfıra yaklaşması insanların ısıl konfor memnuniyetini arttırmaktadır. PMV indeksinin –0,5 ve +0,5 arasında ve PPD'nin %10'dan daha düşük olması uygun ısıl konfor şartlarının sağlandığı anlamı taşımaktadır.



Şekil 2.7. Isıl konfor indeksleri arasındaki ilişki

EN ISO 7730 (2005) standardında bahsi geçen Fanger Modeli'ne göre ısıl konfor tahmini için gerekli PMV değeri insanın çevresine karşı vücudunda oluşan ısı dengesinin analiz edilmesi ile Denklem 2.1'de verildiği gibi hesaplanmaktadır (Fanger, 1970).

$$\begin{aligned} PMV = {} & [0{,}303\times e^{(-0{,}036\times M)}+0{,}028]\times\{q_M-3{,}05\times10^{-3}\times[5{,}733-6{,}99\times q_M-p_a]- \\ & 0{,}42\times[q_M-58{,}15]-1{,}7\times10^{-5}\times M\times(5867-p_a)-0{,}0014\times M\times(34-t_a)-3{,}96\times10^{-8} \\ & \times f_{cl}\times[(t_{cl}+273)^4-(t_r+273)^4]+f_{cl}\times h_c\times(t_{cl}-t_a)\} \end{aligned} \quad (2.1)$$

Burada M, metabolik hız (met); p_a, kısmi buhar basıncı (Pa); t_a, kuru hazne (hava) sıcaklığı (^oC); f_{cl}, kıyafet yalıtımı alan faktörü; t_{cl}, kıyafet yüzey sıcaklığını (^oC); t_r, ortalama radyant sıcaklık (^oC); h_c, taşınım katsayısı (W/m^2K); W, efektif mekanik güç (W/m^2) olarak ifade edilmektedir. Efektif mekanik güç, ağır işlerin yapılmadığı ev ve ofis gibi mahallerde olduğu gibi camilerde de ihmal edilebilmektedir. PMV değerinin elde edilmesinde kullanılan parametreler çevresel faktörlere ve giysi durumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Terleme ve solunum durumlarında ısı üretimi (q_M) olduğundan metabolik hızın (M) doğru şekilde değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Meydana gelen ısı üretimi (q_M) Denklem 2.2 yardımıyla elde edilmektedir.

$$q_M = M - W \quad (2.2)$$

Gagge (1941) tarafından ortaya konulan çalışmadan itibaren ısıl aktivite birimi olan 1 met, bir bireyin yüzey alanı dikkate alınarak 58,15 W/m^2'ye eşit olarak alınmaktadır. Bu bazal metabolizma hızına (RMR) da karşılık gelmektedir. (Ainsworth ve diğ., 1993; 2000), metabolik hız ile bazal metabolizma arasındaki ilişkiyi Denklem 2.3'teki gibi belirtmiştir.

$$M = MET \times RMR \tag{2.3}$$

Metabolik hız, bazal metabolizma hızının regresyon denklemlerinin çözülmesi ile elde edilebilir. Bu denklemlerin çoğunda kişilerin ağırlığı (W_b) ve boyu (H_b) kullanılmaktadır (Lazzer ve diğ., 2009). RMR için en çok kullanılan regresyon, Harris ve Benedict (1919) tarafından geliştirilmiş ve Denklem 2.4 ve 2.5 ile verilmiştir.

$$\text{Erkekler için: } RMR=66{,}47+13{,}75\times W_b+5\times H_b-6{,}75\times(\text{Kişinin Yaşı}) \tag{2.4}$$

$$\text{Kadınlar için: } RMR=665{,}09+9{,}56\times W_b+1{,}84\times H_b-4{,}97\times(\text{Kişinin Yaşı}) \tag{2.5}$$

Denklem 2.1'de kullanılan kıyafet yalıtımı alan faktörü (f_{cl}), konvektif ısı transfer katsayısı (h_c) ve kıyafet yüzey sıcaklığı (t_{cl}) Denklem 2.6, 2.7 ve 2.8 ile hesaplanmaktadır.

$$f_{cl}=\begin{cases} 1+1{,}29\times l_{cl}, & l_{cl}\leq 0{,}078 \\ 1{,}05+0{,}645\times l_{cl}, & l_{cl}>0{,}078 \end{cases} \tag{2.6}$$

$$h_c=\begin{cases} 2{,}38\times(t_{cl}-t_a)^{0{,}25}, & 2{,}38\times(t_{cl}-t_a)^{0{,}25}>12{,}1\times\sqrt{V_{ar}} \\ 12{,}1\times\sqrt{V_{ar}}, & 2{,}38\times(t_{cl}-t_a)^{0{,}25}<12{,}1\times\sqrt{V_{ar}} \end{cases} \tag{2.7}$$

$$t_{cl}=35{,}7-0{,}028\times(M-W)-I_{cl}\times\{3{,}96\times10^{-8}\times f_{cl}\times[(t_{cl}+273)^4-(t_a+273)^4]+f_{cl}\times h_c\times(t_{cl}-t_a)\} \tag{2.8}$$

Burada, I_{cl}, kıyafet yalıtımı (m^{2}K/W) ve V_{ar} hava akım hızını (m/s) temsil etmektedir. PMV değerlerinin elde edilmesiyle birlikte PPD hesaplanabilir duruma gelmektedir ve Denklem 2.9 ile elde edilmektedir (Schaudienst ve Vogdt, 2017).

$$PPD = 100-95^{(-0{,}03353\times PMV^4-0{,}2179\times PMV^2)} \tag{2.9}$$

Dikkat edilirse PMV ve PPD modelinin hesaplanmasında kişisel ve çevresel faktörler etkili olmaktadır. Kişisel faktörleri oluşturan parametreler metabolik hız, etkili mekanik güç ve giysi yalıtımı iken çevresel faktörler hava sıcaklığı, radyant sıcaklık, bağıl nem ve

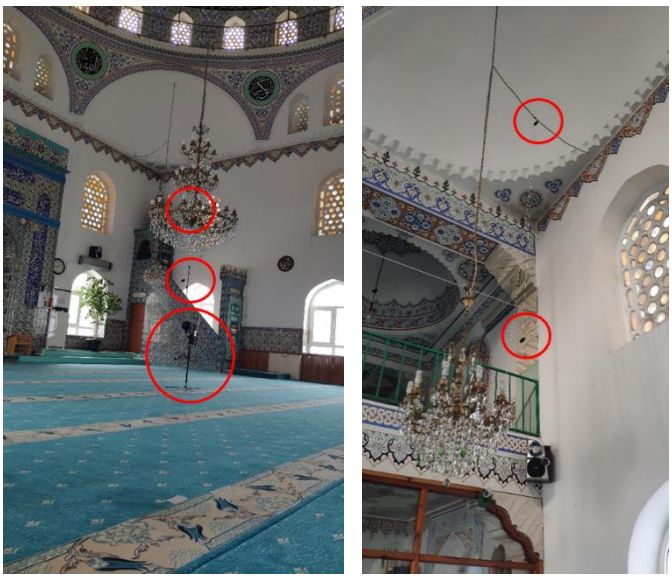
hava hızıdır. Kişisel faktörleri oluşturan parametreler gözleme dayalı çalışmalarla belirlenirken çevresel faktörlerin belirlenmesinde deneysel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

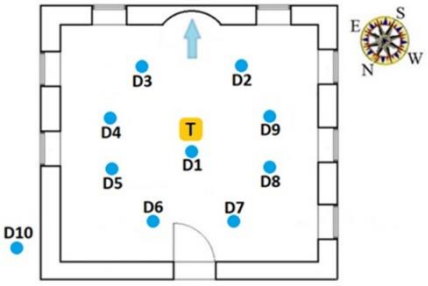
Camilerde kişilerin fabrikalarda olduğu gibi ağır bir eylemde bulunmaması sebebiyle çalışma boyunca etkili mekanik güç 0 met olarak dikkate alınmıştır. Literatürde farklı mahallerde gerçekleştirilen eylemler için metabolik hız değerleri bulunurken camilerde namaz kılma eylemi için bir metabolik hız tanımlanmamıştır (De Dear, 2004; ISO 8996, 2004). Dolayısıyla insanların namaz sırasında yapmış oldukları ayakta durma, eğilme ve oturma eylemleri için metabolik hız en yakın eyleme denk gelen orana göre belirlenmiş ve 1,6 met olarak ele alınmıştır. Kişilerin mevsimsel şartlara bağlı olarak giysi türleri değişkenlik göstermiş ve ölçümler sırasında cemaatin mevcut giysi türüne göre yalıtım değerleri 0,57 ile 1,50 clo arasında değişmiştir. Giysi yalıtımı değerleri, sıcak yaz günlerinde tişört gibi ince giysileri ve soğuk kış günlerinde caminin kısa süreli kullanımında dolayı cemaatin camide dış ortam kıyafetlerini çıkarmayarak mont ve kaban gibi kalın giysilerle ortamda bulunmasını temsil etmektedir.

Şekil 2.8. Testo-480 ısıl konfor ölçüm cihazı ve cihazın camideki konumu

PMV ve PPD indeksleri için kullanılan çevresel faktörlerin deneysel olarak elde edilmesinde Testo-480 ısıl konfor ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 2.8). Cihaz ile doğrudan PMV ve PPD değerleri ölçülmekle birlikte istenildiği taktirde iç ortam sıcaklığı, ortalama radyant sıcaklık, bağıl nem ve hava hızı parametreleri ayrı ayrı toplanarak PMV ve PPD indeksleri Denklem 2.1 ve 2.9'da belirtildiği şekilde hesaplanabilmektedir. Çalışmada Testo-480 ısıl konfor ölçüm cihazı ile doğrudan PMV ve PPD ölçümü gerçekleştirilmiştir. Isıl konfor parametreleri olan iç ortam hava sıcaklığı, ortalama radyant sıcaklık, bağıl nem ve hava hızını sırasıyla ±0,5°C, ±%1 ve ±0,03 m/s hassasiyetle kaydetme özelliğine sahip olan Testo-480 cihazı caminin merkezinde yerden 0,85 m yüksekliğe konumlandırılmış ve dakikada bir PMV ve PPD verileri toplanmıştır (Şekil 2.8).

Şekil 2.9. Testo-174H sıcaklık ve bağıl nem veri kaydedici





'T' – Testo-480
'D1-9' – iç ortamdaki veri kaydediciler
'D10' – dış ortamdaki veri kaydedici

Şekil 2.10. Isıl konfor ölçüm cihazlarının yerleşimi

Çalışmada Testo-480 ısıl ölçüm cihazı PMV ve PPD değerlerinin elde edilmesinde kullanıldığı için ortamdaki sıcaklık ve bağıl nem dağılımlarının incelenmesi için farklı cihazlara ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyacı karşılamak için toplam 10 adet Testo-174H

marka sıcaklık ve bağıl nem veri kaydedici cihazlar kullanılmıştır (Şekil 2.9). Cihazların 9 tanesi ile iç ortamdaki sıcaklık ve bağıl nem dağılımları ve 1 tanesi ile dış ortamdaki sıcaklık ve bağıl nem değişimleri ±0,5ºC ve %±3 hassasiyetle PMV ve PPD ölçümleri ile eş zamanlı olarak dakikada bir izlenmiştir. Ayrıca veri kaydediciler düşey doğrultudaki dağılımları gözlemleyebilmek için zeminden 3 m'ye kadar farklı yükseklikliere ve yatay düzlemde Şekil 2.10'de belirtilen konumlara yerleştirilmiştir.

2.2.2. İç Hava Kalitesi Ölçümleri

Çalışmada uygun ısıl konfor şartları ile birlikte daha sağlıklı bir iç ortamın oluşturulabilmesi için camide iç hava kalitesi incelemeleri yapılmıştır. Bu bağlamda CO_2 ve partikül madde (PM) konsantrasyonlarının günlük değişimleri incelenmiştir.

2018 yılı içerisinde gerçekleştirilen ölçümlerde önceki bölümde genel özelliklerinden bahsedilen ve ısıl konfor ölçüm cihazı olarak adlandırılan Testo-480 cihazına eklenen ve Şekil 2.11'de verilen bir prob yardımıyla ±50 ppm hassasiyetle caminin orta kısmındaki CO_2 konsantrasyonu değişimleri izlenmiştir. 2019 yılının ikinci çeyreğinden itibaren temin edilen 5 adet Trotec BZ30 cihazları ile ortamdaki CO_2 konsantrasyonlarının dağılımları değerlendirilmiştir. Trotec BZ30 cihazı ±75 ppm hassasiyetle CO_2 konsantrasyonu ölçümü yaparken ±1,8ºC ve ±%5 hassasiyetle sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri de yapabilmektedir. Cihazlar ortamda Şekil 2.12'de verildiği gibi muhtelif bölgelere yerleştirilmiş ve ibadetler sırasında, öncesinde ve sonrasında büyük iç ortam hacmindeki CO_2 konsantrasyonu dağılımları incelenmiştir.

Camide, ibadetlerdeki ve ibadetlerin dışındaki 2,5 ve 10 µm çapındaki toz partiküllerin konsantrasyon değişimleri 2 adet PCE-MPC20 cihazı ile incelenmiştir (Şekil 2.11). PCM-MPC20 cihazının ölçüm çözünürlüğü 1 µm/m^3'tür. İç ortamdaki PM konsantrasyonu pencerelerin açık olması durumunda dış ortamdan etkilendiği için camide pencerelerin açık olduğu durumda PM konsantrasyonu ölçüm cihazlarının birisi dış ortama diğeri ise iç ortama yerleştirilmiştir. Pencereler kapalı olduğu durumda ise her iki cihaz da iç ortamdaki konsantrasyon değişimini kaydetmiştir. İnsanların bulunduğu alandaki konsantrasyon seviyesinin belirlenerek sağlığa zarar verebilecek sınır değerlerin elde edilen verilen kıyaslanması için toz partikül konsantrasyonlarının ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle cihazın cami içerisindeki yerleşimi doluluk oranına göre

değişkenlik göstermiştir. Camide tam doluluk sağlandığı Cuma ve Bayram namazlarında cihaz iç ortamın merkezine ve cemaatin bulunduğu ana holün merkezine yerleştirilmiştir. Ancak düşük doluluk oranlarının meydana geldiği vakit namazlarında cihaz cemaatin camide bulunduğu ön bölgeye konumlandırılmıştır.

Şekil 2.11. İç hava kalitesi ölçüm cihazları

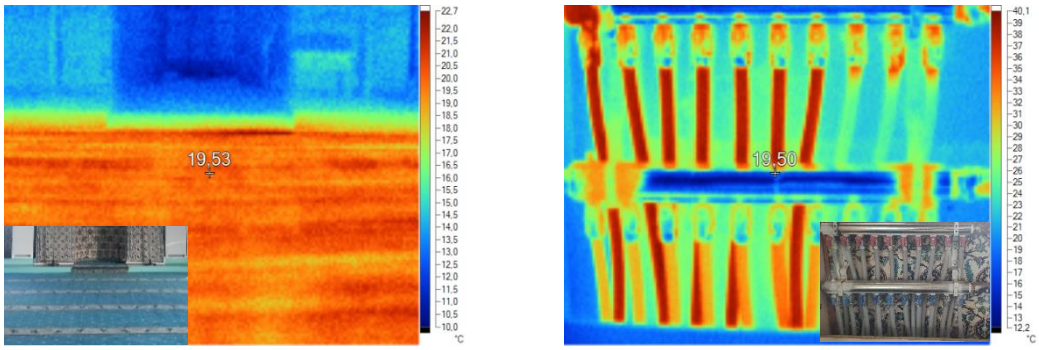
T : Testo-480
P : PCE-MPC20
A1-4 : Trotec BZ30 (iç ortam)
A5 : Trotec BZ30 (dış ortam)

Şekil 2.12. İç hava kalitesi ölçüm cihazlarının camideki yerleşim planı

2.2.3. İklimlendirme Sistemlerine Bağlı Ölçümler

Hacı Hasan Sert Cami doğalgaz yakıtlı sıcak sulu yerden ısıtma sistemi ile ısıtılmaktadır (Şekil 2.13). Çalışmada ısıtma sezonu olarak 2021 yılının Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Kasım ve Aralık ayları dikkate alınmıştır. Dış ortam hava sıcaklığının değişimine bağlı olarak yerden ısıtma sisteminin sıcak su döngü sıcaklığı günlük veya haftalık olarak cami personeli tarafından kombi üzerinde bulunan derece ayarının değiştirilmesi ile manuel olarak ayarlanmıştır. Ayrıca dış ortam sıcaklığının çok düşük olmadığı ve düşük doluluk oranlarının gözlendiği vakit namazlarında cemaatin sadece caminin ön bölgesinde bulunmasından dolayı ana kolektör üzerindeki toplam 10 adet borudan arka bölgeye ulaşan boruların vanaları zaman zaman kapatılmıştır.

Ölçümler sırasında kombi üzerindeki sıcaklık göstergesi, kolektördeki boru sıcaklıkları ve vanaların açık veya kapalı olma durumları ısıtma sisteminin kullanıldığı her ay için ayda en az 10 gün izlenmiştir. Kolektördeki boru sıcaklıkları %2 doğruluğa, -20 ile 250^{o}C çalışma sıcaklığı skalasına ve 120 piksel (yükseklik) ve 160 piksel (genişlik) çözünürlüğe sahip Fluke Ti9 marka ısı kamerası ile görüntülenmiştir (Şekil 2.14). Kolektörden çıkan boruların sıcaklığı maksimum sıcak su döngü sıcaklığını, kolektöre dönen boruların sıcaklığı ise minimum sıcak su döngü sıcaklığını temsil etmektedir. Tablo 2.3'teki aylık maksimum ve minimum sıcak su döngü sıcaklıkları, ısıl görüntülerdeki boruların giriş ve çıkışındaki sıcaklıkların aylık ortalamaları alınarak elde edilmiştir (Şekil 2.13b). Dolaşım suyu debisi Teksens UFM-200H marka ultrasonik debi ölçüm cihazı ile kombi üzerindeki ana dağıtım hattı üzerinden anlık olarak m^3/h cinsinden ölçülmüş ve aylık ortalama açık boru sayısına göre belirlenmiştir (Tablo 2.3). Ultrasonik debi ölçüm cihazı -40 ve 150^{o}C çalışma sıcaklığı aralığına, ±%1 doğruluğa, 15 ve 3000 mm boru çapları için kullanılabilen ölçüm probuna sahiptir. Problar şebeke suyunun ısıtılarak ortama aktarıldığı boru hattına sabitlenmiştir. Debi, dış hava sıcaklığının en düşük olduğu Şubat ayında en yüksek, diğer soğuk aylara göre daha yüksek dış ortam sıcaklıklarının gözlendiği Nisan ayında ise en düşük seviyededir.



Şekil 2.13. Camide zemin ve ana dağıtıcının anlık ısı kamerası görüntüsü

Şekil 2.14. Fluke Ti9 ısı kamerası

Tablo 2.3. Aylık sıcak su döngü suyu sıcaklıkları ve debisi

Parametreler	Birim	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Kasım	Aralık
Sıcak su döngü sıcaklıkları (Min. & Maks.)	^{o}C	25 & 45	22 & 50	20 & 40	32 & 40	28 & 40	25 & 45
Ortalama açık vana sayısı	-	8	10	8	6	7	8
Maksimum döngü suyu debisi	m^3/h	22	27	22	16	19	22

Düzenli bir kullanım stratejisi bulunmayan klima ve vantilatörler yüksek sıcaklıkların meydana geldiği yaz aylarında sadece namaz vakitlerinde cemaatin talebi doğrultusunda açılmaktadır. Sıcak mevsimlerde sabah namazlarında dış ortam sıcaklığı düşük olduğu için her iki cihaz da kullanılmamıştır. Ayrıca klimaların yüksek enerji sarfiyatına neden olması nedeniyle cemaat sayısının düşük olduğu diğer vakit namazlarında da öncelikli olarak vantilatörlerin kullanımı tercih edilmektedir.

Çalışmada klimaların kullanıldığı soğutma sezonu olarak 2022 yılının Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları dikkate alınmıştır. Klimalar yaz ayları boyunca sadece 22^{o}C'ye ayarlanmıştır. Cihazlardan ortama aktarılan hava sıcaklığı Testo 605-H1 sıcaklık ölçüm cihazı ile izlenmiş ve ortalama 11^{o}C olarak ölçülmüştür (Şekil 2.15). Bu sıcaklık değeri 9 ile 12^{o}C aralığında olduğu için klimalarda soğutucu akışkan eksikliğinin bulunmadığını göstermektedir.

Şekil 2.15. Testo 605-H1 sıcaklık ölçüm cihazı

2.2.3. Enerji Tüketim Verilerinin Toplanması

Camilerde ısıtma sistemlerinden kaynaklanan enerji tüketim masrafları camide toplanan yardımlar ile cemaat tarafından karşılanmaktadır. Hacı Hasan Sert Cami'de yerden ısıtma

sistemi için ihtiyaç duyulan sıcak su, doğalgaz yakıtlı bir kombi tarafından karşılanmaktadır. Caminin avlusunda bulunan ve halkın kullanımına açık olan musluklarda sıcak su akışı olmamakla birlikte kombi ile bağlantısı bulunmamaktadır. Sadece yerden ısıtma sisteminin sıcak su temininde kullanılan kombinin aylık yakıt tüketimi Yalova'daki yetkili doğal gaz dağıtım şirketi olan Armagaz şirketi tarafından faturalandırılmaktadır.

Camilerde aydınlatmadan kaynaklanan elektrik tüketimi harcamaları Diyanet İşleri Başkanlığı tarafından karşılanırken, iklimlendirme sistemlerinden kaynaklanan elektrik tüketimi cemaat tarafından karşılanmaktadır. Bu nedenle aydınlatma ve iklimlendirme sistemlerinin elektrik tüketimlerinin birbirinden bağımsız şekilde faturalandırılması için Hacı Hasan Sert Cami'de 2 adet sayaç bulunmaktadır. Her iki sayaç da Yalova'daki tek elektrik dağıtım şirketi olan Uludağ Elektrik Dağıtım Şirketi (UEDAŞ) personeli tarafından okunmakta ve faturalaması yapılmaktadır. Klima sistemlerinin çok sık kullanılmaması ve tüketimin düşük seviyelerde olması nedeniyle dağıtım şirketi her ay için düzenli faturalandırma yapmamıştır.

Çalışmada Hacı Hasan Sert Cami için ısıtma ve soğutma sistemlerinin enerji tüketimleri değerlendirilirken Covid-19 salgınının enerji tüketimi üzerindeki etkileri Bölüm 2.1'de belirtildiği gibi altı farklı cami üzerinde incelenmiştir. İlgili camilerin Haziran 2018 ve Aralık 2021 dönemi arasındaki aydınlatma ve iklimlendirme sistemlerinden kaynaklanan aylık enerji tüketim verileri toplanmıştır. Daha önce belirtildiği gibi ödemeler Diyanet İşleri Başkanlığı ve camiye gelen cemaatin yardımları ile karşılandığı için tüm camilerde ikişer adet sayaç bulunmaktadır. Sayaçlardan birisi aydınlatma sistemlerinin, diğeri ise iklimlendirme sistemlerinin elektrik tüketim değerlerini kaydetmektedir. Pandemi sürecinde alınan tedbirler kapsamında bazı aylar sokağa çıkma yasaklarının getirilmesi nedeniyle görevli tarafından sayaçlar okunamadığı için tüketim verileri alınamamıştır. Pandeminin enerji tüketimi üzerindeki etkisini değerlendirmek için, pandemi öncesi (Mart 2019 – Mart 2020) ve pandemi sırasındaki (Mart 2020 – Mart 2021) yıllık elektrik tüketimi verileri kıyaslanmıştır.

2.3. Simülasyon Yöntemi

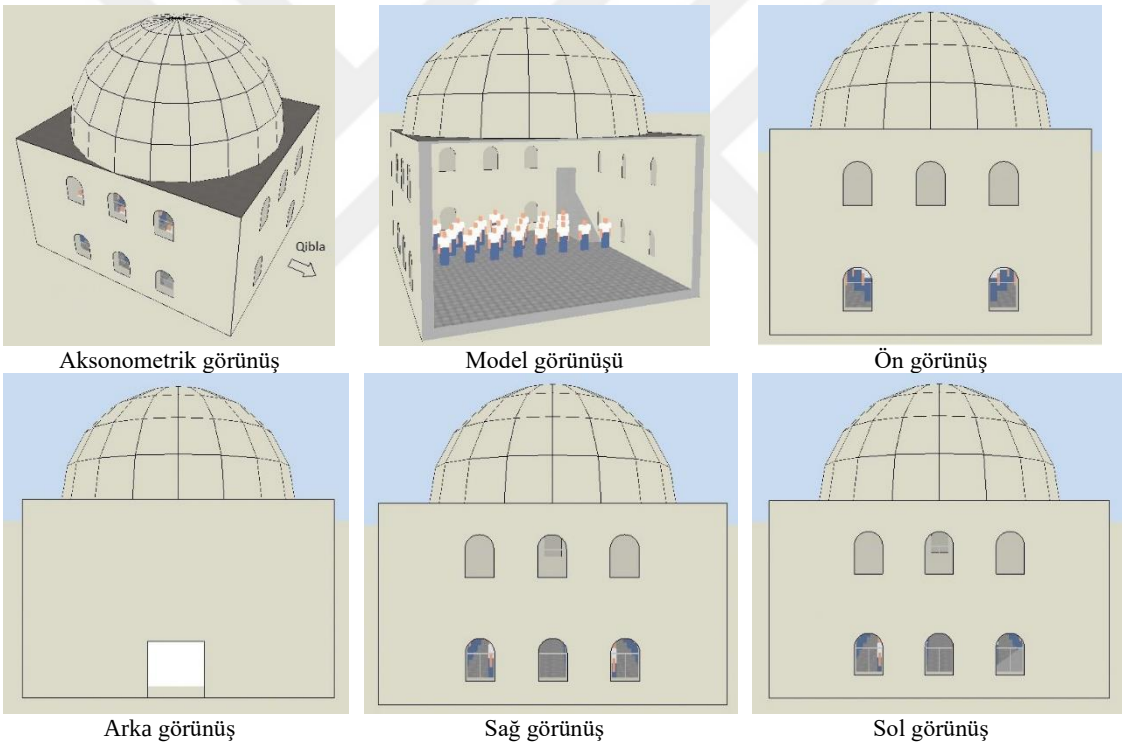
Bina enerji simülasyonu, sanal bir tasarım üzerinde fizik tabanlı hesaplamalar yapmak için bir bilgisayar yazılımı kullanılarak gerçekleştirilir. Enerji simülasyonu için, herhangi bir dönem için pik yükler, sistem boyutu ve enerji tüketimi gibi çeşitli çıktıları belirlemek için bina modeli, kullanım modeli ve bölgenin dış ortam hava durumu gereklidir. Bu bilgi, elektrik faturalarını tahmin etmek ve çeşitli tasarım stratejilerinin maliyet-fayda analizlerini değerlendirmek için kullanılabilir. Bina enerji simülasyonu araçları, (i) erken tasarım kararları, (ii) bileşen veya malzeme seçimi ve (iii) iyileştirme kararları amaçlarından birisi veya daha fazlası için kullanılmaktadır (Garg ve diğ., 2020).

Bir binanın enerji simülasyonu sistematik bir yaklaşım ile daha kolay şekilde gerçekleştirilebilir. Bu sebeple oluşturulacak model için öncelikle yapının bulunduğu konum ve konuma bağlı dış hava koşulları, yapının geometrisi ve yapı malzemeleri, yapının kullanım sıklığı ve şekli, iklimlendirme sistemlerinin çalışma stratejileri belirlenmelidir. Simülasyon programı, binada ortaya çıkan çeşitli yükleri saatlik olarak tahmin etmek için geometrik modelin dış ortam koşulları, doluluk ve bina sistemlerinin kullanımı ile eşzamanlı etkileşimini sağlar. Hesaplamalar için temel fizik yasaları ve enerji dengesi denklemleri kullanılır. Isı ve diğer yüklere karşılık gelen sistemlerin çalışması için enerji tüketimi de aynı zaman ölçeğinde hesaplanır. İşleme sonuçları bir sonraki zaman diliminin hesaplamalarına aktarılır ve çıktı olarak sunulur. Bu süreç, simülasyonun tüm süresi boyunca devam eder ve nihai çıktı toplu olarak veya hesaplamaların yapıldığı aynı zaman diliminde bir dosya olarak verilir. Simülasyon araçlarının çoğu, farklı bina bileşenlerinden geçen enerji akışlarını, kabuk ve sistemlerin geçici etkileri de dahil olmak üzere saatlik olarak simüle edebilir. Enerji simülasyonunun klasik yönteme göre avantajı, enerji hesaplamalarında malzemelerin termofiziksel özelliklerinin çeşitli etkilerinin ve çeşitli sistemlerin değişen dış ve iç çevre koşulları altındaki performansının dikkate alınmasıdır (Garg ve diğ., 2020).

2.3.1. DesignBuilder Programı

DesignBuilder, EnergyPlus programının ara yüzü olarak kullanılan bir yazılım aracıdır. EnergyPlus, çeşitli sistemler ve enerji kaynakları kullanılarak bir binanın ısıtılması ve soğutulması için gerekli enerjiyi ve iç ortamda oluşan ısıl konfor parametrelerini elde

etmek için kullanılan bir programdır. Analizler, farklı çevre ve çalışma koşulları altında bina ve ilgili enerji sistemlerinin simüle edilmesi ile gerçekleştirilir. Simülasyonun temeli, ısı dengesi ilkelerine dayanmaktadır ve denklemler C++ ile oluşturulan kodlar sayesinde çözümlenir (U.S. Department of Energy, 2022). Programda, tüm sıcaklıklar için başlangıç koşulları tüm bölge ve yüzeyler için 23^{o}C'dir ve kullanıcı tarafından değiştirilememektedir. Diğer parametreler için başlangıç koşulları kullanıcı tarafından girilen dış ortam şartları referans alınmaktadır (Garg ve diğ., 2020). Öte yandan program, çıktılar için kullanıcının belirlediği ilk tarihteki başlangıç şartlarını dikkate alarak arka planda iterasyonlar yapmaktadır. İterasyonlar, çıktı alınacak ilk günün sonuçları yakınsayana kadar devam etmekte ve iterasyon sayısı kullanıcı tarafından bilinmemektedir.



Şekil 2.16. Cami modelinin görünüşü

Bölüm 2.3.'te belirtildiği gibi DesignBuilder programında öncelikle yapının bulunduğu konum tanımlanmaktadır. Yalova ili program kütüphanesinde bulunmadığı için koordinatları ve iklim sınıfı manuel olarak girilmiştir. Ayrıca ülkenin saat dilimi (GMT+3) tanımlanarak Yalova ilinin sahip olduğu yıllık dış ortam koşulları ".epw" uzantılı bir dosya ile programa aktarılmıştır. Caminin sahip olduğu ısıtma ve soğutma

sistemleri programın kütüphanesinde bulunmaktadır. Çalışmada, belirtilen kütüphanede bulunan sistem tasarımları kullanılmış olup camideki iklimlendirme sistemlerinin özellikleri Bölüm 2.1.1.'deki gibi düzenlenmiştir. Ayrıca cami geometrisi ve yapısal özellikler Bölüm 2.1.'de verildiği gibi oluşturulmuştur (Şekil 2.16). Isıtma ve soğutma sezonlarında deneysel olarak elde edilen ısıl konfor ve enerji tüketimi verilerinin iyileştirilmesi için camideki yerden ısıtma sistemi ve klimaların kullanım stratejileri için farklı senaryolar geliştirilmiştir ve modellenmiştir.

Dünya'nın kendi eksenindeki 23,45^{o} 'lik eğim ve güneşin etrafındaki dönüşü mevsimlerin oluşmasını sağlamaktadır. Dünya'nın kendi eksenindeki ve Güneş çevresindeki dönüşü sırasında oluşturduğu açı deklinasyon açısı olarak tanımlanmaktadır. Tablo 2.4'te verilen her ayı temsil eden günler deklinasyon açısının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Ayları temsil eden günlerde oluşan mevsimsel etkiler, aylık ortalama mevsimsel etkilere karşılık gelmektedir (URL-5). Dolayısıyla çalışmada ısıtma ve soğutma sezonları için geliştirilen senaryoların günlük verilerinin kıyaslanmasında Tablo 2.4'te verilen her ayı temsil eden günler baz alınmıştır. Ancak Haziran ayında klimaların kullanımına 17 Haziran'da başlandığı için Haziran ayını temsil eden gün 11 Haziran olmasına rağmen faturalama döneminin ortasındaki 28 Haziran günü ayı temsil eden gün olarak dikkate alınmıştır.

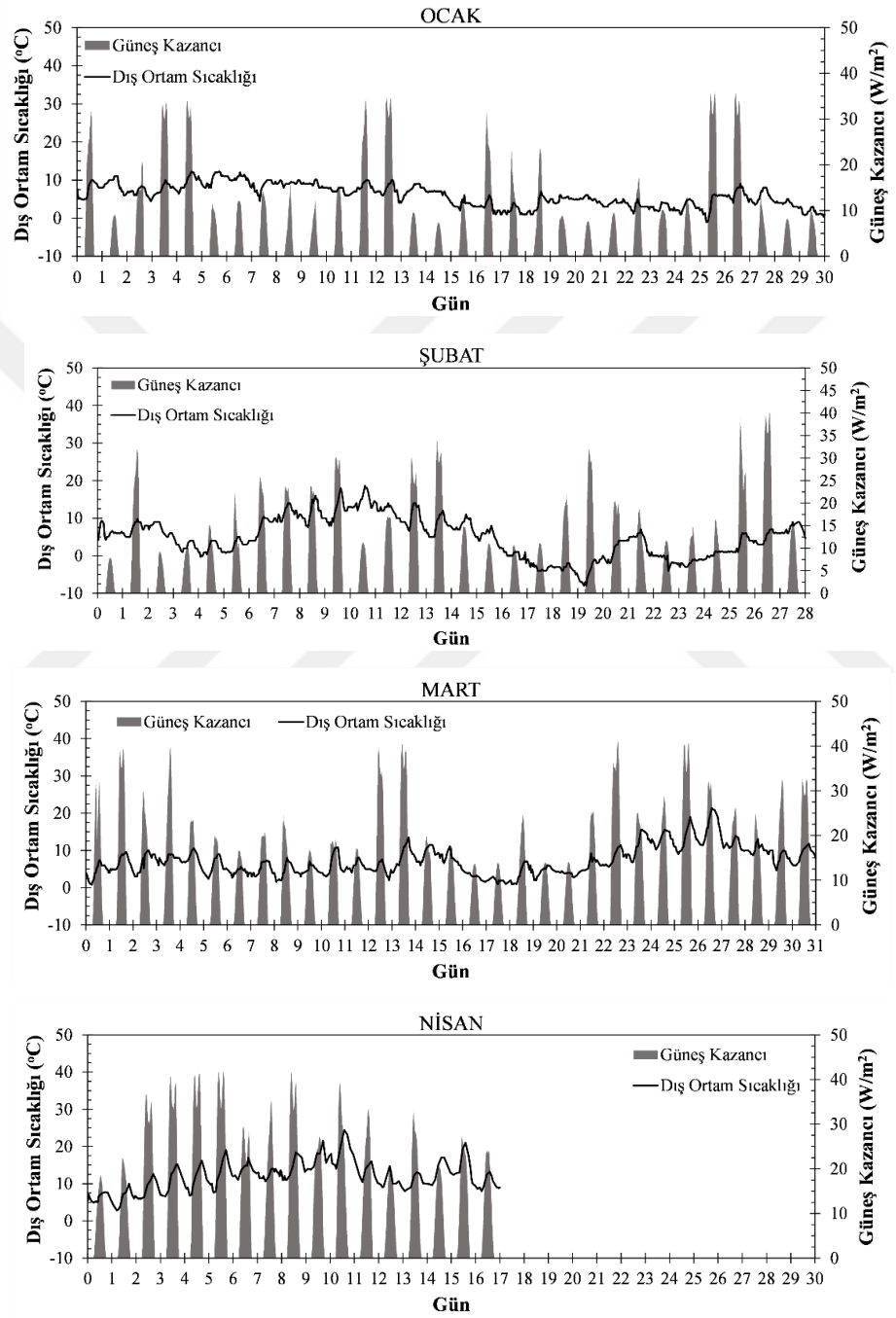
Tablo 2.4. Her ayı temsil eden günler

	Aylar	**Ayı temsil eden gün**
Isıtma Sezonu	Ocak	17 Ocak
	Şubat	16 Şubat
	Mart	16 Mart
	Nisan	15 Nisan
	Kasım	14 Kasım
	Aralık	10 Aralık
Soğutma Sezonu	Haziran	28 Haziran
	Temmuz	17 Temmuz
	Ağustos	16 Ağustos

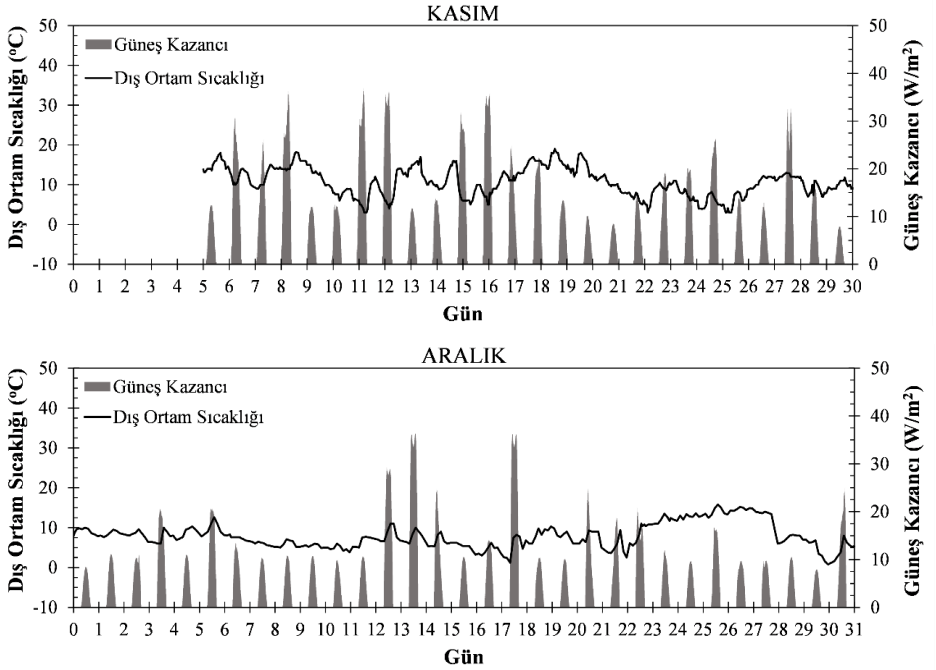
2.3.2. Yerden Isıtma Sisteminin Modellenmesi

Yerden ısıtma sisteminin modellemesinde, Hacı Hasan Sert Cami'de kullanılan yerden ısıtma sistemine ait yapısal özellikler ve çalışma prensipleri kullanılmıştır. 2021 yılının kış mevsimindeki dış ortam hava sıcaklıkları ve radyasyondan kaynaklanan güneş kazançları Türkiye Meteoroloji Müdürlüğü tarafından temin edilmiş ve Şekil 2.17'de

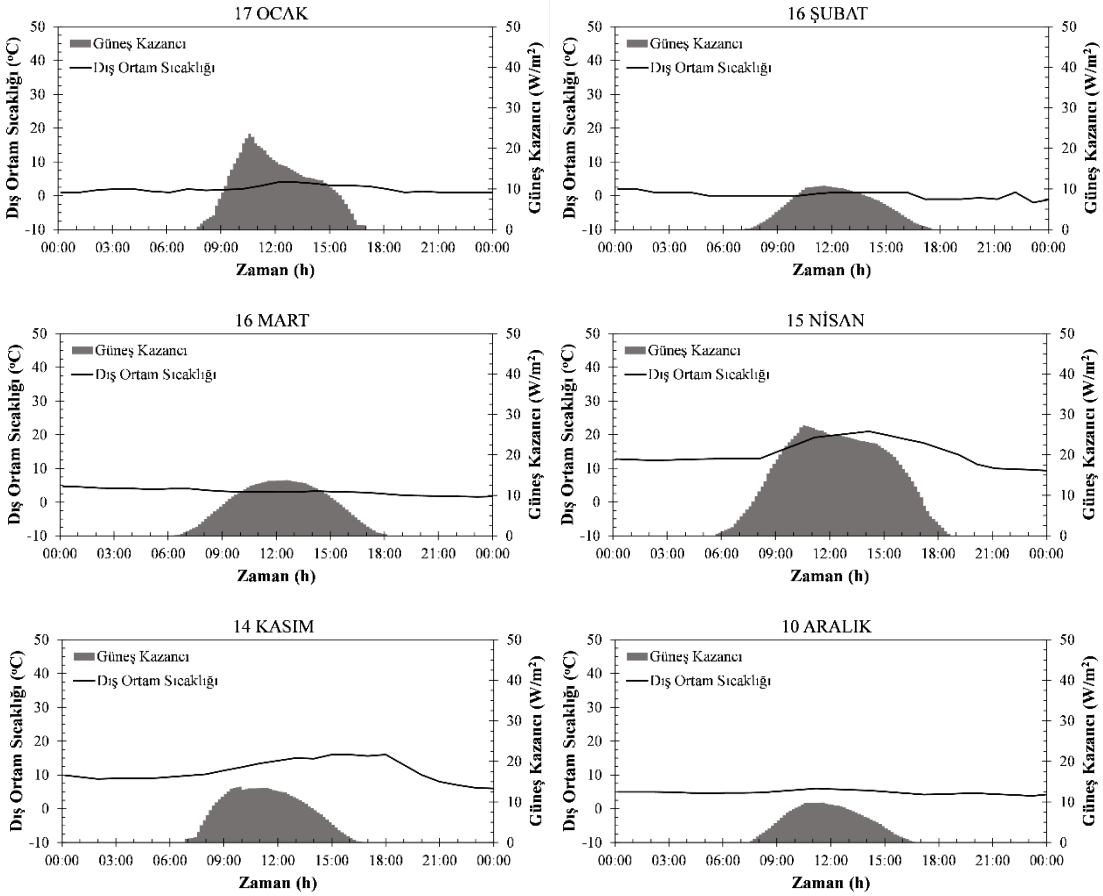
gösterilmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022; URL-6). Her ayı temsil eden günlerdeki dış ortam sıcaklıkları ve güneş kazançları ise Şekil 2.18'de verilmiştir. Tablo 3.6'da belirtildiği gibi yerden ısıtma sistemi 17 Nisan ve 5 Kasım 2021 tarihleri arasında kullanılmadığı için çalışmalar ısıtma yapılmayan bu dönemi kapsamamaktadır.



Şekil 2.17. Isıtma sezonunda dış ortam sıcaklığı ve güneş kazançları



Şekil 2.17. (Devam) Isıtma sezonunda dış ortam sıcaklığı ve güneş kazançları



Şekil 2.18. Isıtma sezonunda her ayı temsil eden günlerde dış ortam sıcaklıkları ve güneş kazançları

2021 yılının ısıtma sezonunda yerden ısıtma sisteminden kaynaklanan doğalgaz tüketimlerine ait fatura bilgileri Tablo 2.5 ile verilmiştir.

Tablo 2.5. Yerden ısıtma sisteminin doğalgaz tüketimine ait fatura bilgileri

Aylar	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Kasım**	**Aralık**
Fatura dönemi	03/01/2021 05/02/2021	05/02/2021 02/03/2021	02/03/2021 06/04/2021	06/04/2021 10/05/2021	05/11/2021 08/12/2021	08/12/2021 10/01/2022
Yerden ısıtma sisteminin çalıştırıldığı gün sayısı	33	25	35	11	33	33
Ayı temsil eden gün	17 Ocak	16 Şubat	16 Mart	15 Nisan	14 Kasım	10 Aralık
Fatura (kWh/m^2)	67,53	80,17	67	17,32	48,09	68,08

Tablo 2.6, ısıtma sezonu boyunca camiye gelen kişilerin metabolik hız ve giysi yalıtımı girdilerini göstermektedir. Ayrıca giysi yalıtımı ile dış hava sıcaklığı arasındaki ilişkiyi vurgulamak için tabloda Yalova'nın 2021 yılındaki aylık ortalama dış hava sıcaklığı verilmiştir. Giysi yalıtımı, deney günlerinde mevsimsel etkilere bağlı olarak cemaatin giysi durumlarının gözlemlenmesi ile yaygın olarak giyilen giysi türlerine göre belirlenmiştir. Namaz vakitleri uzun olmadığı için cemaat camiye girerken genellikle mont, kaban gibi dış giysilerini çıkarmamayı tercih etmektedir. Ayrıca metabolik faktör, cemaat sadece erkeklerden (1,0) ve çocuklardan (0,75) oluştuğu için 0,9 olarak tanımlanmış olup cemaatin camide gerçekleştirdiği ibadet faaliyetlerine karşılık gelen metabolizma hızı 1,6 met olarak belirlenmiştir.

Tablo 2.6. Isıtma sezonunda ortalama dış ortam sıcaklığı ve kişisel ısıl konfor parametreleri

Parametre	**Birim**	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Kasım**	**Aralık**
Metabolik hız	Met	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Giysi yalıtımı	Clo	1,35	1,50	1,30	1,25	1,25	1,35
Ortalama dış ortam sıcaklığı	^oC	5,76	4,88	7,25	12,06	10,59	7,87

Simülasyon çalışması, deneysel yöntemlerden ve gözlemlerden elde edilen verilerin kullanımıyla yürütülmüştür. Ancak caminin simüle edilmesi için gerekli olan ve deneysel

olarak belirlenemeyen bazı parametreler için varsayımlar yapılmıştır. Çalışmada dikkate alınan varsayımlar aşağıdaki gibidir:

- Cemaat camiyi sadece günlük namazlar için (günde 5 vakit) kullanmaktadır ve her namaz 25 dakika sürmektedir.
- Tüm aylar için sabah, öğle, ikindi, akşam ve yatsı doluluk oranları sırasıyla %5, %15, %15, %15 ve %20 olarak gerçekleşmektedir.
- Cami girişinde ve çıkışında kapı açıldığından ve caminin kış sezonunda pencereleri genellikle kapalı tutulmasına rağmen cemaatin bazı pencereleri rastgele zamanlarda açabilmesinden dolayı, içeriye taze hava girişi (doğal havalandırma) saatte hacmin %15'ini oluşturmaktadır.
- İnsanların metabolizma hızları mevsimsel etkilere bağlı olarak değişmemektedir.
- Isıtma borularındaki yük dağılımı üniformdur.
- Yerden ısıtma sisteminde kullanılan kazanın nominal ısıl verimi %90'dir. Yoğuşmalı kazan verimi 30, 40, 50 ve 60^{o}C için sırasıyla 1,08, 1,06, 1,05 ve 1,03 olarak kabul edilmektedir.
- Sirkülasyon pompasının enerji tüketimi, kazan tarafından üretilen ısı miktarına göre düşüktür. Ayrıca senaryolarda pompanın elektrik tüketimleri arasındaki farklar düşüktür. Bu nedenle analizde sirkülasyon pompasının elektrik tüketimi ihmal edilmektedir
- Conversion Guidelines (2022) ve Carbonindependent (2022) referanslarına göre CO_2 salım faktörü 52,1 g/MJ olarak alınmıştır. Simülasyonlarda aylık ve günlük sonuçlar için CO_2 salımı hem kg hem de kg/m^2 birimleri ile sunulmuştur.

Tablo 2.7. Isıtma sezonunda Yalova ili için aylık ortalama namaz saatleri

	Ortalama namaz başlangıç ve bitiş zamanları				
Aylar	Sabah namazı	Öğle namazı	İkindi namazı	Akşam namazı	Yatsı namazı
Ocak	06:19 – 06:44	12:44 – 13:09	15:14 – 15:39	17:33 – 17:58	19:04 – 19:29
Şubat	05:57 – 06:22	12:49 – 13:14	15:44 – 16:09	18:09 – 18:34	19:35 – 20:00
Mart	05:14 – 05:39	12:43 – 13:08	16:05 – 16:30	18:42 – 19:07	20:08 – 20:33
Nisan	04:29 – 04:54	12:36 – 13:01	16:17 – 16:42	19:08 – 19:33	20:38 – 21:03
Kasım	05:49 – 06:14	12:20 – 12:45	14:55 – 15:20	17:16 – 17:41	18:45 – 19:10
Aralık	06:13 – 06:38	12:30 – 12:55	14:51 – 15:16	17:09 – 17:34	18:42 – 19:07

Kış sezonunda cemaatin camiye giriş ve çıkış saatleri Yalova ilinin astronomik saatlerine göre değişen namaz vakitlerinin aylık ortalamaları alınarak Tablo 2.7'de tanımlandığı

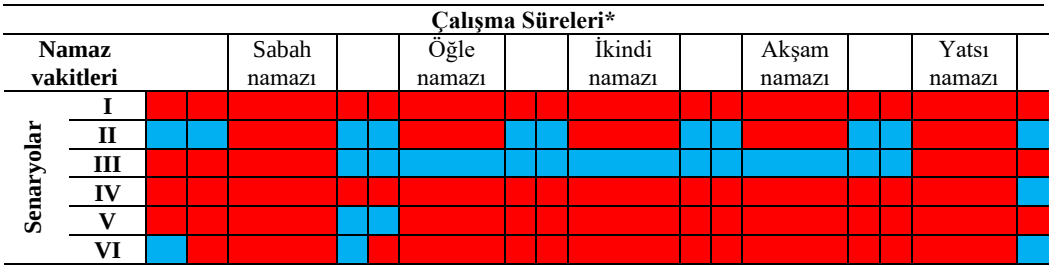
şekilde ele alınmıştır (URL-7; Yılmaz ve Tiryakioğlu, 2018). Deneysel koşullarda elde edilen iç ortamdaki ısıl konfor şartları sağlanırken yerden ısıtma sisteminden kaynaklanan yakıt tüketimini ve CO_2 salımını azaltma olasılıklarını gözlemlemek için namaz vakitlerine göre belirlenen yerden ısıtma sisteminin farklı çalışma stratejilerine dayalı altı senaryo tasarlanmıştır (Tablo 2.8 ve 2.9). Ayrıca, zemindeki ısıtıcı borularda dolaşan sıcak suyun ortalama döngü sıcaklıkları, yerden ısıtma sistemi üreticileri tarafından önerilen çalışma sıcaklığı aralıklarına (35-60^{o}C) göre 30 ile 60^{o}C arasında değiştirilmiştir (Trade Supplies, 2022). Zeminde kullanılan yapı malzemelerinin ve halının ısıl direnci nedeniyle zemin yüzey sıcaklığı, su sıcaklığından önemli ölçüde düşüktür. Bu nedenle 60^{o}C'lik bir üst düzey döngü sıcaklığı, kişilerde önemli bir rahatsızlık riski oluşturmamaktadır.

Tablo 2.8 ve 2.9'da verilen senaryolara ilişkin bilgiler aşağıdaki gibidir:

- Senaryo I: Yerden ısıtma sisteminin sürekli çalışması; ortalama sıcak su döngü sıcaklığı (OSSDS) 30, 40, 50 veya 60^{o}C olarak ayarlanmıştır.
- Senaryo II: Yerden ısıtma sisteminin aralıklı çalışması; OSSDS, namaz vakitlerinde 30, 40, 50 veya 60^{o}C'ye ayarlanmış ve sistem namazlardan 10, 20, 30 veya 60 dakika önce çalıştırılmıştır.
- Senaryo III: Yerden ısıtma sisteminin aralıklı çalışması; OSSDS, 30, 40, 50 veya 60^{o}C'ye ayarlanmış ve sistem yatsı namazının başlangıcından sabah namazının sonuna kadar (gece) çalıştırılmıştır.
- Senaryo IV: Yerden ısıtma sisteminin aralıklı çalışması; OSSDS, 30, 40, 50 veya 60^{o}C'ye ayarlanmış ve sistem sabah namazından 0, 2, 4 veya 6 saat önce başlayarak yatsı namazının bitimine kadar (gündüz) çalıştırılmıştır.
- Senaryo V: Yerden ısıtma sisteminin aralıklı çalışması; OSSDS, 30, 40, 50 veya 60^{o}C'ye ayarlanmış ve sistem öğle namazına 0, 2, 3, 4 veya 5 saat öncesinden öğle namazına kadar çalıştırılmayarak kalan zamanlarda çalıştırılmıştır.
- Senaryo VI: Senaryo IV ve V'in bir kombinasyonu olarak sabah ile öğle namazı arasında ve yatsı ile sabah namazı arasında yerden ısıtma sisteminin çalışmaması stratejisine dayanmaktadır. Önceki senaryolardan yola çıkarak deneysel şartlardaki ısıl konfor koşullarının sağlandığı uygun ortalama sıcak su döngü sıcaklıkları ve yerden

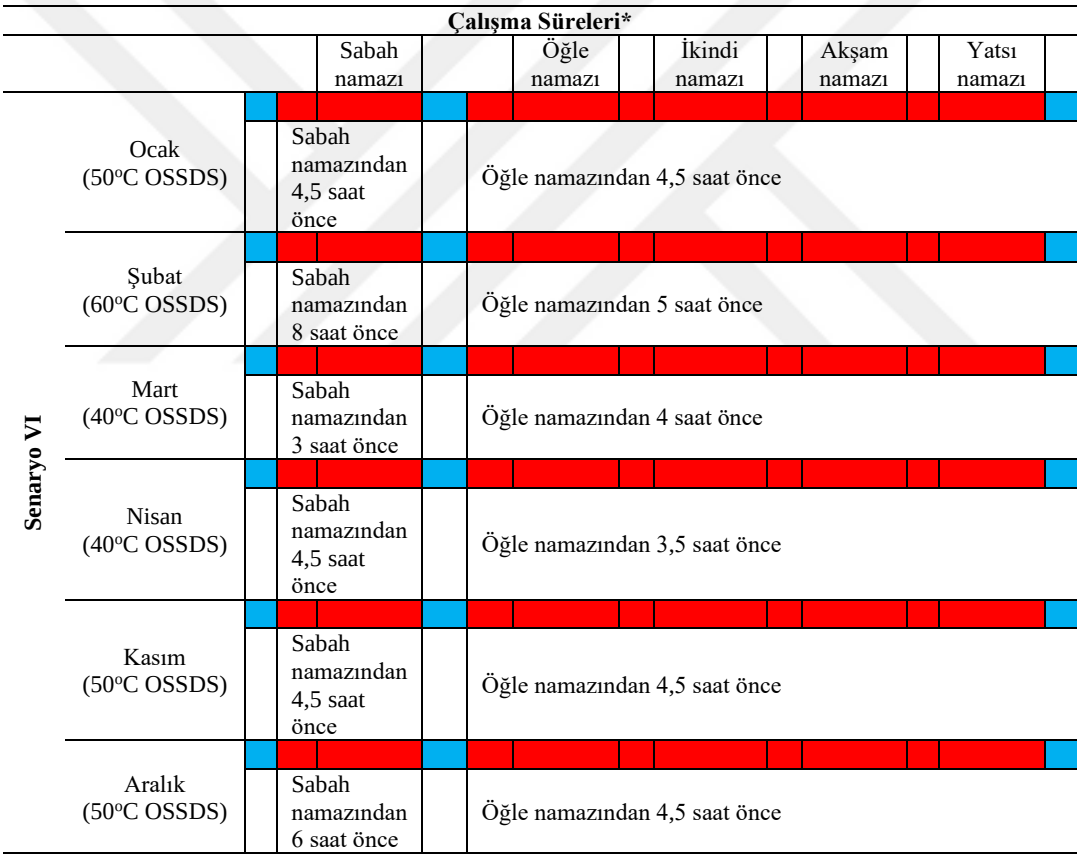
ısıtma sisteminin çalışma süreleri her ay için ayrı ayrı belirlenmiş ve Tablo 2.9'da tanımlanmıştır.

Tablo 2.8. Altı senaryo için yerden ısıtma sistemi çalışma stratejileri



**Kırmızı ve mavi renkler yerden ısıtma sisteminin sırasıyla çalışması ve çalışmamasını temsil etmektedir.*

Tablo 2.9. Senaryo VI için yerden ısıtma sisteminin çalışma stratejisi

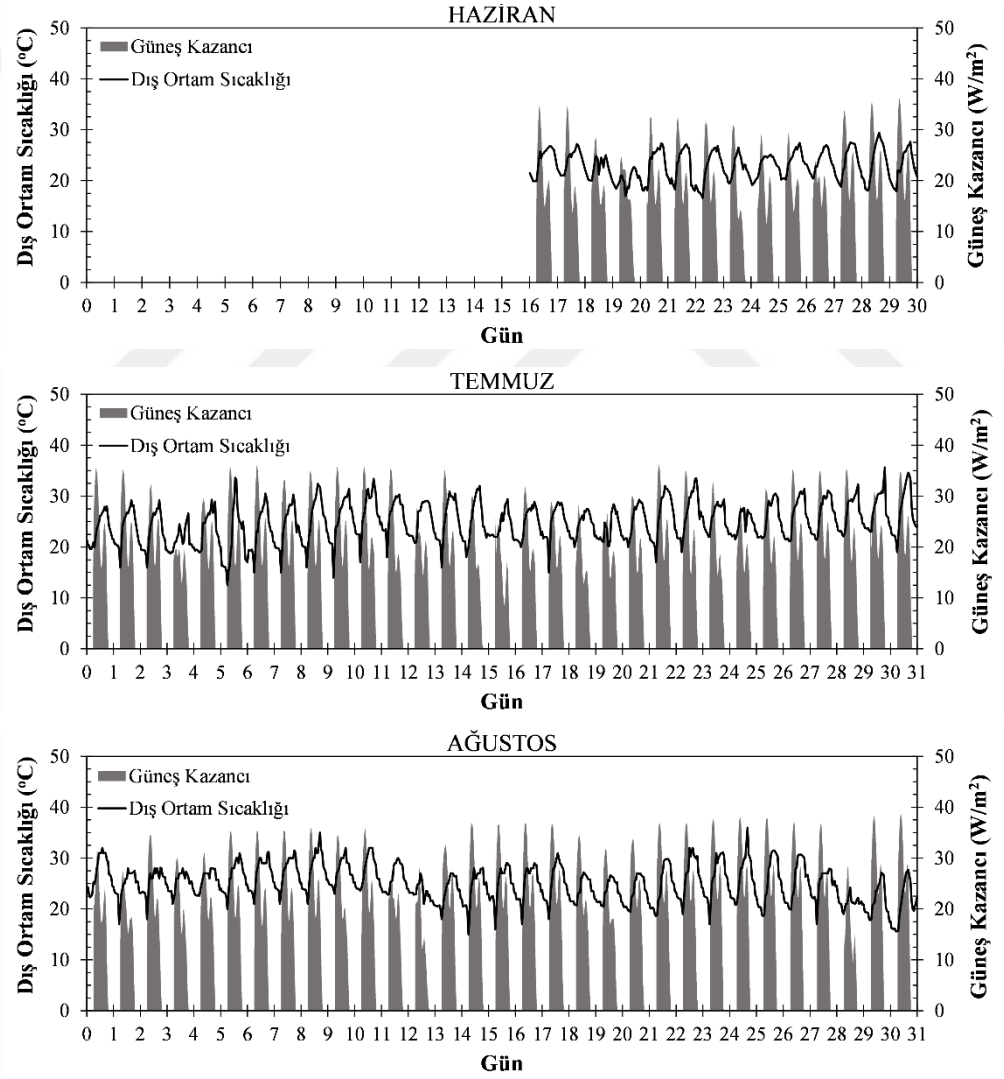


**Kırmızı ve mavi renkler yerden ısıtma sisteminin sırasıyla çalışması ve çalışmamasını temsil etmektedir.*

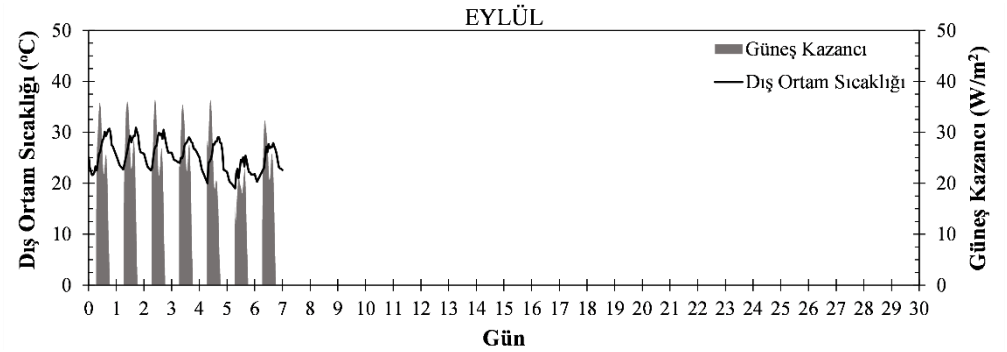
2.3.3. Soğutma Sisteminin Modellenmesi

Hacı Hasan Sert Cami'de sıcak yaz aylarında iç ortamı soğutmak için iki adet klima kullanılmaktadır. Ayrıca önceki bölümlerde belirtilen caminin yapısal özellikleri ve klimaların teknik özellikleri kullanılarak camideki soğutma sistemi modellenmiştir. 2022

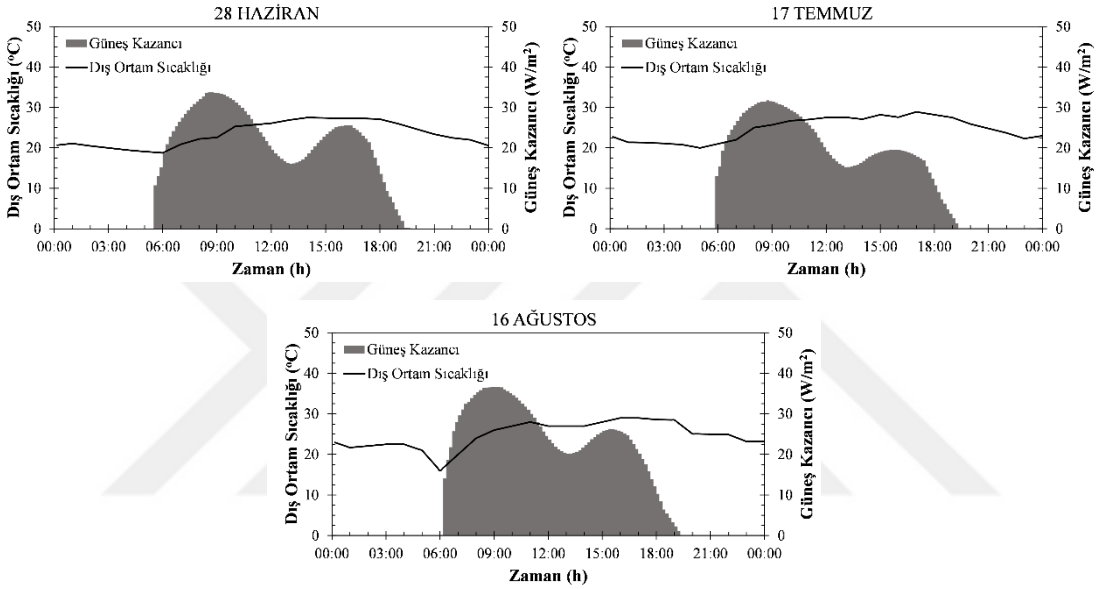
yılının yaz mevsimindeki dış ortam hava sıcaklıkları ve radyasyondan kaynaklanan güneş kazançları yerden ısıtma sisteminin modellenmesinde olduğu gibi Türkiye Meteoroloji Müdürlüğü tarafından temin edilmiş ve Şekil 2.19'de gösterilmiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022). Soğutma sezonu için her ayı temsil eden günlerdeki dış ortam sıcaklıkları ve güneş kazançları ise Şekil 2.20'de verilmiştir. Tablo 3.7'de belirtildiği gibi 2022 yılında klimalar 16 Haziran'dan önce ve 7 Eylül'den sonra kullanılmadığı için çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Ayrıca Eylül ayının ilk haftası Ağustos ayına ait faturaya dahil edildiği için simülasyon çalışmasında da Ağustos ayına dahil edilmiş ve Eylül ayı için ayrıca çalışma yürütülmemiştir.



Şekil 2.19. Soğutma sezonunda dış ortam sıcaklığı ve güneş kazançları



Şekil 2.19. (Devam) Soğutma sezonunda dış ortam sıcaklığı ve güneş kazançları



Şekil 2.20. Soğutma sezonunda her ayı temsil eden günlerde dış ortam sıcaklıkları ve güneş kazançları

2022 yılındaki klima kullanımına bağlı olarak yapılan faturalandırma bilgileri Tablo 2.10'da verilmiştir.

Tablo 2.10. Klimalardan kaynaklanan elektrik tüketimine ait fatura bilgileri

Aylar	Haziran	Temmuz	Ağustos
Fatura dönemi	09/05/2022 04/07/2022	04/07/2022 04/08/2022	04/08/2022 07/09/2022
Klimaların çalıştırıldığı gün sayısı	4	8	15
Ayı temsil eden gün	28 Haziran	17 Temmuz	16 Ağustos
Fatura (kWh/gün)	22,81	7,42	7,81

Soğutma sezonu boyunca camiye gelen kişilerin metabolik hızları yapılan aktivite değişmediği için ısıtma sezonunda olduğu gibi 1,6 met alınmıştır. Haziran, Temmuz ve

Ağustos için aylık ortalama dış ortam sıcaklıkları sırasıyla 22,93, 25,01 ve 24,99^{o}C'dir. İnsanlar ortalama dış ortam sıcaklıkları bağlı olarak sıcak yaz aylarında genellikle tişört ve pantolon giyerek camiye gelmeyi tercih ettiği için giysi yalıtımı 0,57 clo olarak ele alınmıştır. Isıtma sezonunda olduğu gibi metabolik faktör tüm aylar için 0,9 olarak tanımlanmıştır. Soğutma sezonunda da caminin simüle edilmesi için gerekli olan ve deneysel olarak belirlenemeyen bazı parametreler için varsayımlar yapılmıştır. Çalışmada dikkate alınan varsayımlar aşağıdaki gibidir:

- Cemaat camiyi sadece günlük namazlar için (günde 5 vakit) kullanmaktadır ve her namaz 25 dakika sürmektedir.
- Tüm aylar için sabah, öğle, ikindi, akşam ve yatsı doluluk oranları sırasıyla %5, %15, %15, %15 ve %20 olarak gerçekleşmektedir.
- İnsanların metabolizma hızları mevsimsel etkilere bağlı olarak değişmemektedir.
- Klimalarda ayarlanan sıcaklık değeri 22^{o}C'dir.
- Klima kullanıldığı süre boyunca iç ortama 11^{o}C'de hava üflemektedir.
- Conversion Guidelines (2022) ve Carbonindependent (2022) referanslarına göre CO_2 salım faktörü 168,33 g/MJ olarak alınmıştır. Simülasyonlarda aylık ve günlük sonuçlar için CO_2 salımı hem kg hem de kg/m^2 birimleri ile sunulmuştur.

Cemaatin yaz sezonunda camiye giriş ve çıkış saatleri Yalova ilinin astronomik saatlerine göre değişen namaz vakitlerinin aylık ortalamaları alınarak Tablo 2.11'de tanımlandığı şekilde ele alınmıştır (URL-7).

Tablo 2.11. Soğutma sezonunda Yalova ili için aylık ortalama namaz başlama saatleri

	Ortalama namaz başlangıç ve bitiş zamanları				
Aylar	Sabah namazı	Öğle namazı	İkindi namazı	Akşam namazı	Yatsı namazı
Haziran	03:29 – 03:54	13:04 – 13:29	17:07 – 17:32	20:39 – 21:04	22:35 – 23:00
Temmuz	03:46 – 04:11	13:10 – 13:35	17:08 – 17:33	20:32 – 20:57	22:22 – 22:47
Aralık	04:33 – 04:58	13:08 – 13:33	16:57 – 17:22	20:00 – 20:25	21:36 – 22:01

Simülasyon modelinde oluşturulan klima kullanım senaryoları ile camide düzenli klima kullanımından kaynaklanan elektrik tüketiminin en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda beş klima kullanım stratejisi geliştirilmiştir (Tablo 2.12). Camide iki adet klima bulunmasından dolayı tüm senaryolarda tek ve çift cihaz kullanımının ısıl konfor ve enerji tüketimi üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Ayrıca senaryolarda yaz

aylarında pencerelerin açılıp kapatılması ile iç ortamın doğal şekilde havalandırılması dikkate alınmıştır. Cemaatin ve cami görevlilerinin bazı pencereleri muhtelif zamanlarda açmasından ve pencerelerdeki hava akışının anlık rüzgâr hızına göre değişmesinden dolayı simülasyonda kullanılacak hava debisi deneysel yollarla tespit edilememiştir. Bu nedenle yetişkin bir insan için taze hava ihtiyacının 30 m^3/h olduğu dikkate alınarak (URL-8), iç ortamın pencereler yardımıyla havalandırılmasında havanın iç ortama 900, 2100 veya 3600 m^3/h oranlarında aktarıldığı durumlar değerlendirilmiştir. DesignBuilder programında pencerelerin açık olması durumları pencerelerden kaynaklanan hava akış kontrolü seçeneği ile düzenlenmiştir.

Tablo 2.12. Beş senaryo için klimaların çalışma stratejileri

	Çalışma Süreleri*																					
Namaz vakitleri			Sabah namazı			Öğle namazı			İkindi namazı			Akşam namazı			Yatsı namazı							
Senaryolar	**I**																					
	II																					
	III																					
	IV																					
	V																					

***Mavi ve kırmızı renkler klimaların sırasıyla çalışması ve çalışmamasını temsil etmektedir.*

Tablo 2.12'de verilen senaryolara ilişkin bilgiler aşağıdaki gibidir:

- Senaryo I: Klimaların çalıştırılmaması ve sürekli çalışması; pencereler klimalar çalıştırıldığı durumda sürekli kapalı durumda, klimalar çalıştırılmadığı durumda ise sürekli açık veya sadece gece açık durumdadır.
- Senaryo II: Klimaların aralıklı çalışması; sistem sabah namazı dışında namaz vakitlerinde ve namazlardan 10, 20, 30 veya 60 dakika önce çalıştırılmıştır. Ayrıca pencereler sürekli kapalı, sadece gece açık veya klima kullanımı dışında açık durumdadır.
- Senaryo III: Klimaların aralıklı çalışması; sistem yatsı namazının başından sabah namazının sonuna kadar çalıştırılmıştır. Ayrıca gece kullanımı olduğu için pencereler sürekli kapalı durumdadır.
- Senaryo IV: Klimaların aralıklı çalışması; sistem sabah namazının başından yatsı namazının sonuna kadar çalıştırılmıştır. Ayrıca pencereler sürekli kapalı veya klima kullanımı dışında açık durumdadır.

- Senaryo V: Klimaların aralıklı çalışması; sistem öğle namazının başından yatsı namazının sonuna kadar çalıştırılmıştır. Ayrıca pencereler sürekli kapalı veya klima kullanımı dışında açık durumdadır.

2.4. Yalıtım Uygulaması

Hacı Hasan Sert Cami, mevcut şartlar altında yalıtımsız bir duvara sahiptir. Camideki yalıtımsız duvar toplam 1,501 W/m^{2}K U-değerine sahipken iken yalıtım uygulaması ile duvarın U-değeri 0,5 W/m^{2}K'e düşürülmüştür. Bu sayede camideki duvar yalıtımının ısıl konfor ve enerji tüketimi üzerindeki etkileri simülasyon çalışmaları yürütülerek değerlendirilmiştir. Önceki bölümde belirtilen ve kış ve yaz aylarını kapsayan simülasyon çalışmalarının tüm senaryoları, caminin yalıtımlı olma durumu dikkate alınarak tekrar ele alınmıştır. Kış ve yaz ayları için ele alınan senaryolara ait bilgiler Tablo 2.13'te verilmiştir.

Tablo 2.13. Yalıtım uygulamasında dikkate alınan senaryolar

	Isıtma sezonu
Senaryo-I:	Yerden ısıtma sisteminin tüm aylar için 30^{o}C OSSDS'de sürekli çalışması
Senaryo-II:	Yerden ısıtma sisteminin tüm aylar için namazlardan 60dk önce 60^{o}C OSSDS'de aralıklı çalıştırılması
Senaryo-III:	Yerden ısıtma sisteminin tüm aylar için yatsı namazından sabah namazına kadar 60^{o}C OSSDS'de gece çalıştırılması
Senaryo-IV:	Yerden ısıtma sisteminin sabah namazından 2 saat önce yatsı namazının sonuna kadar Ocak, Şubat ve Aralık ayları için 40^{o}C OSSDS'de, Mart, Nisan ve Kasım ayları için 30^{o}C OSSDS'de çalıştırılması
Senaryo-V:	Yerden ısıtma sisteminin tüm aylar için öğle namazından 2 saat önce sabah namazının sonuna kadar 30^{o}C OSSDS'de çalıştırılması
Senaryo-VI:	Yerden ısıtma sisteminin Tablo 2.8'de verildiği koşullar altında çalıştırılması (yatsı-sabah ve sabah-öğle namazları arasında çalışmama durumu)
	Soğutma sezonu
Senaryo-I:	Pencereler kapalı durumdayken klimaların sürekli çalıştırılması
Senaryo-II:	Pencereler klima kullanımı dışında açıkken klimaların sabah namazı dışındaki namazlardan 60 dk önce aralıklı çalıştırılması
Senaryo-IV:	Pencereler klima kullanımı dışında açıkken klimaların sabah namazından yatsı namazının sonuna kadar çalıştırılması
Senaryo-V:	Pencereler klima kullanımı dışında açıkken klimaların öğle namazından yatsı namazının sonuna kadar çalıştırılması

Kış ayları için Senaryo I-V'de yerden ısıtma sisteminin en düşük enerji sarfiyatının gerçekleştiği çalışma şartları ve ısıl konfor şartlarının sağlanabildiği koşullar ele alınmıştır. Senaryo-VI, caminin yalıtımsız durumundaki en iyi şartları temsil ettiği için

yalıtım, doğrudan Senaryo-VI şartları altında uygulanmıştır. Yaz aylarında ise camide bulunan klimaların her ikisi birlikte çalıştığı ve klima kullanımı dışında pencerelerin açık olduğu durumlar dikkate alınarak Senaryo-I, II, IV ve V için yalıtım uygulamasının elektrik tüketimi ve iç ortamdaki ısıl konfor üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Klimaların sadece gece çalıştırıldığı durumu gösteren Senaryo-III'te gündüz saatlerinde elde edilen camideki konfor şartları oldukça kötü olduğu için yalıtım uygulamasının yürütülmesine ihtiyaç duyulmamıştır.

2.5. Anket Çalışması

Camide ısıl konfor şartlarının değerlendirilmesinde kullanılan Fanger'in PMV ve PPD indekslerinin gerçek şartlar ile kıyaslanabilmesi için camiyi kullanan kişiler üzerinde ısıl konfor hissiyatlarına dair bir anket çalışması yürütülmüştür. Ayrıca iç hava kalitesi ölçümlerinde elde edilen olumsuz bulguların insanlar tarafından hissedilip hissedilmediğini araştırmak için anket sorularına camideki iç hava kalitesinin değerlendirileceği sorular eklenmiştir (Şekil 2.21).

Camideki Kişi Sayısı: **Tarih:** / /

CAMİLERDE ISIL KONFOR VE İÇ HAVA KALİTESİ ANKET ÇALIŞMASI

Bu anket çalışması Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı doktora çalışmalarında kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Doktora çalışması, camilerde kişilerin ibadetlerini daha konforlu ve sağlıklı şartlar altında yerine getirmeleri için yapılacak düzenlemeleri kapsamaktadır. Anket, ısıl konfor ve iç hava kalitesi olmak üzere iki aşamadan ve toplam 22 adet sorudan oluşmaktadır.

GENEL SORULAR

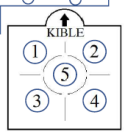
Yaş: Kilo: Meslek:

Terleme veya üşümeye neden olan herhangi bir sağlık probleminiz var mı: EVET / HAYIR

Hangi vakitte camide bulundunuz: Sabah / Öğle / İkindi / Akşam / Yatsı

İbadetin türü: Vakit Namazı / Cuma Namazı / Bayram Namazı

Caminin hangi bölgesinde bulunduğunuzu lütfen yan taraftaki şekilde işaretleyiniz. (*NOT: Caminin üst katında bulunduysanız bu soruyu cevaplamayıp sadece bulunduğunuz bölgeyi temsilen **sol** veya **sağ** yazınız.)*



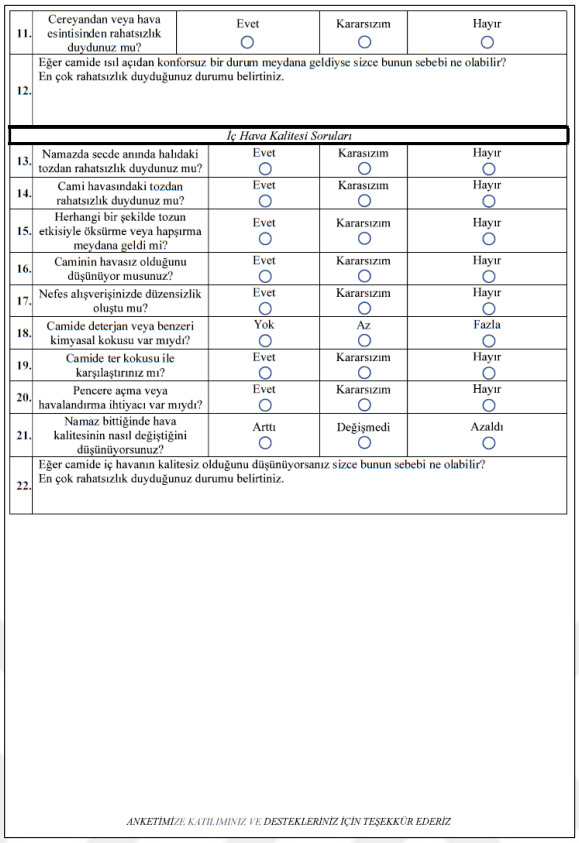
ANKET SORULARI

Isıl Konfor Soruları

1.	Üzerinizdeki kıyafetin türü nedir?	Mont ○	Uzun Kaban ○	Ceket/Hırka ○	Kazak ○	Tişört/Gömlek ○
2.	Camide namazı nerede kıldınız?	Pencereye yakın ○	Duvara yakın ○	Üst katta pencere kenarı ○	Üst katta duvar kenarı ○	Dış kapıya yakın ○
3.	Namaz sırasında camideki sıcaklık nasıldı?	Çok Sıcak ○	Hafif Sıcak ○	Ilık ○ / Normal ○	Hafif Serin ○	Serin ○ / Soğuk ○
4.	Namaz sırasında terleme veya üşüme durumu meydana geldi mi?	Çok Terleme ○	Hafif Terleme ○	Terleme veya Üşüme Olmadı ○	Hafif Üşüme ○	Çok Üşüme ○
5.	Camideki sıcaklıktan rahatsızlık duydunuz mu?	Evet ○		Kararsızım ○	Hayır ○	
6.	Güneşten dolayı rahatsızlık duydunuz mu?	Evet ○		Kararsızım ○	Hayır ○	
7.	Namaz sırasında camideki nem durumu nasıldı?	Çok Nemli ○	Hafif Nemli ○	Normal ○	Hafif Kuru ○	Çok Kuru ○
8.	Camideki nem miktarından rahatsızlık duydunuz mu?	Evet ○		Kararsızım ○	Hayır ○	
9.	Camideki nemin sağlığınızı tehdit ettiğini düşünüyor musunuz?	Evet ○		Kararsızım ○	Hayır ○	
10.	Ortamda herhangi bir hava esintisi hissedildi mi?	Evet ○		Kararsızım ○	Hayır ○	

ANKETİMİZE KATILIMINIZ VE DESTEKLERİNİZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİZ

Şekil 2.21. Anket formu



11.	Cereyandan veya hava esintisinden rahatsızlık duydunuz mu?	Evet ○	Kararsızım ○	Hayır ○
12.	Eğer camide ısıl açıdan konforsuz bir durum meydana geldiyse sizce bunun sebebi ne olabilir? En çok rahatsızlık duyduğunuz durumu belirtiniz.			
	İç Hava Kalitesi Soruları			
13.	Namazda secde anında halıdaki tozdan rahatsızlık duydunuz mu?	Evet ○	Karasızım ○	Hayır ○
14.	Cami havasındaki tozdan rahatsızlık duydunuz mu?	Evet ○	Karasızım ○	Hayır ○
15.	Herhangi bir şekilde tozun etkisiyle öksürme veya hapşırma meydana geldi mi?	Evet ○	Kararsızım ○	Hayır ○
16.	Caminin havasız olduğunu düşünüyor musunuz?	Evet ○	Kararsızım ○	Hayır ○
17.	Nefes alışverişinizde düzensizlik oluştu mu?	Evet ○	Kararsızım ○	Hayır ○
18.	Camide deterjan veya benzeri kimyasal kokusu var mıydı?	Yok ○	Az ○	Fazla ○
19.	Camide ter kokusu ile karşılaştırınız mı?	Evet ○	Kararsızım ○	Hayır ○
20.	Pencere açma veya havalandırma ihtiyacı var mıydı?	Evet ○	Kararsızım ○	Hayır ○
21.	Namaz bittiğinde hava kalitesinin nasıl değiştiğini düşünüyorsunuz?	Arttı ○	Değişmedi ○	Azaldı ○
22.	Eğer camide iç havanın kalitesiz olduğunu düşünüyorsanız sizce bunun sebebi ne olabilir? En çok rahatsızlık duyduğunuz durumu belirtiniz.			

ANKETİMİZE KATILIMINIZ VE DESTEKLERİNİZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİZ

Şekil 2.21. (Devam) Anket formu

Isıl konfor ve iç hava kalitesi memnuniyeti anket formu başlığı ile düzenlenen ankette 2 ve 6, 4 ve 5, 7 ve 8, 16 ve 20. sorular birbirleriyle ilişkili ve doğrulama soruları olarak belirlenmiştir. Katılımcıların doğrulama sorularına verdikleri yanıtların çelişmesi durumunda katılımcının anketi geçersiz sayılmıştır. Anketler, deneylerin yürütüldüğü zaman dilimlerinde namaz vakitlerinin sonunda bireysel olarak soru-cevap şeklinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca cami çıkışında oluşabilen yoğunluk sebebiyle cemaat namaz öncesinde namazın ardından yapılacak olan anket çalışmasına dair bilgilendirilmiş ve anket formları caminin giriş bölümünde cemaatin kolaylıkla ulaşacağı bir masaya yerleştirilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde ısıtma ve soğutma sezonunda Hacı Hasan Sert Cami'deki ısıl konfor, iç hava kalitesi ve enerji tüketimi verilerinin mevcut durumu ve simülasyon programında oluşturulan model yardımıyla geliştirilen senaryoların bulguları sunulmaktadır. Ayrıca çalışmanın Covid-19 salgınının etkin olduğu döneme tekabül etmesinden dolayısıyla camideki ısıl konfor ve iç hava kalitesi üzerindeki etkilerine ek olarak pandemi önlemlerinin camilerde enerji tüketimi üzerindeki etkileri altı farklı türdeki caminin enerji tüketim faturaları incelenerek elde edilen bulgulara değinilmiştir.

3.1. Camideki Isıl Konfor

İklimlendirme sistemlerinin kullanıldığı kış ve yaz aylarına ait Hacı Hasan Sert Cami'nin mevcut ısıl konfor parametreleri sonuçları ve iklimlendirme sistemlerinin farklı kullanım stratejilerine yönelik yürütülen simülasyon çalışmasından elde edilen ısıl konfor bulguları bu bölümde verilmiştir.

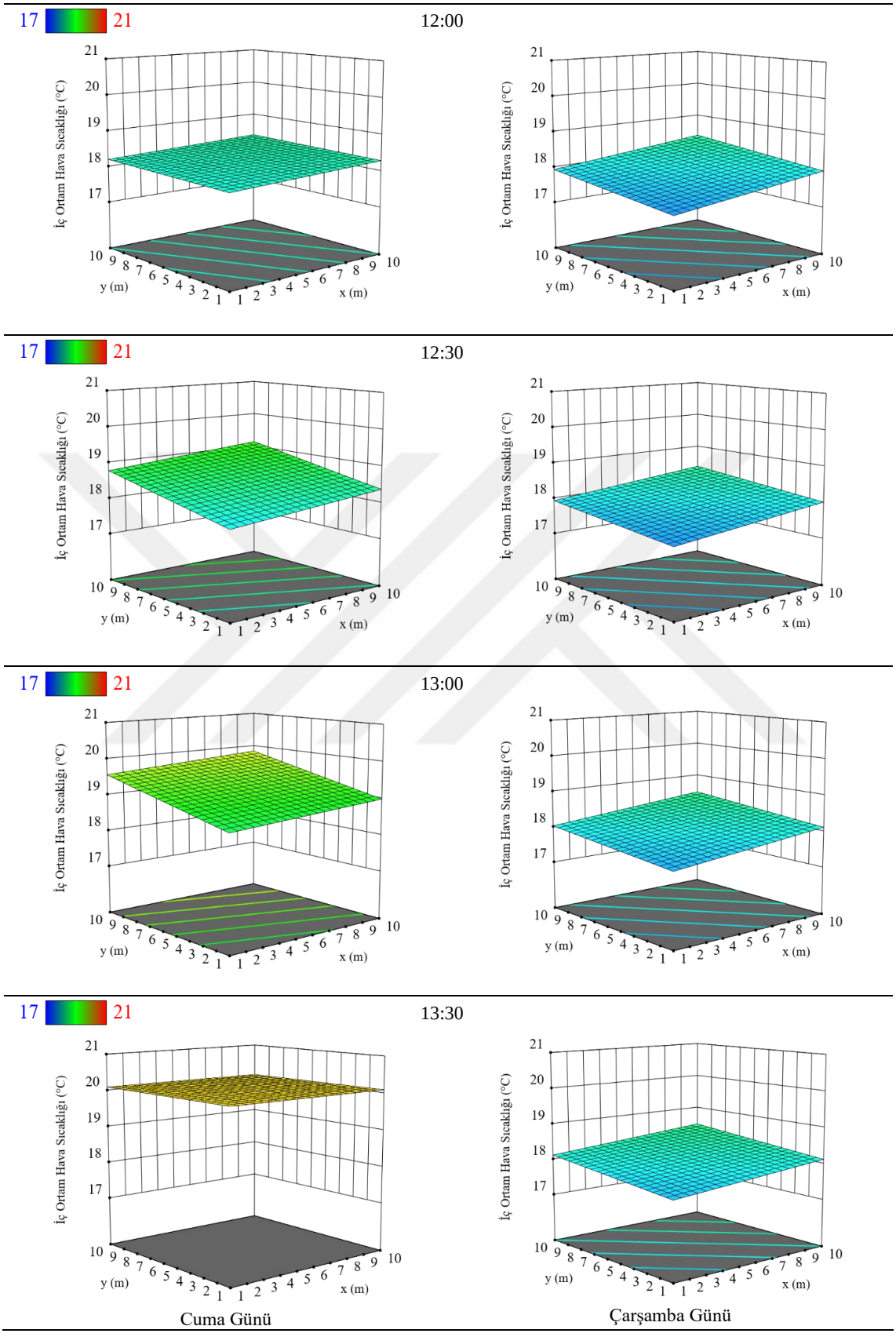
3.1.1. Kış Sezonu Bulguları

3.1.1.1. Kış Sezonunda İç Ortam Sıcaklığı

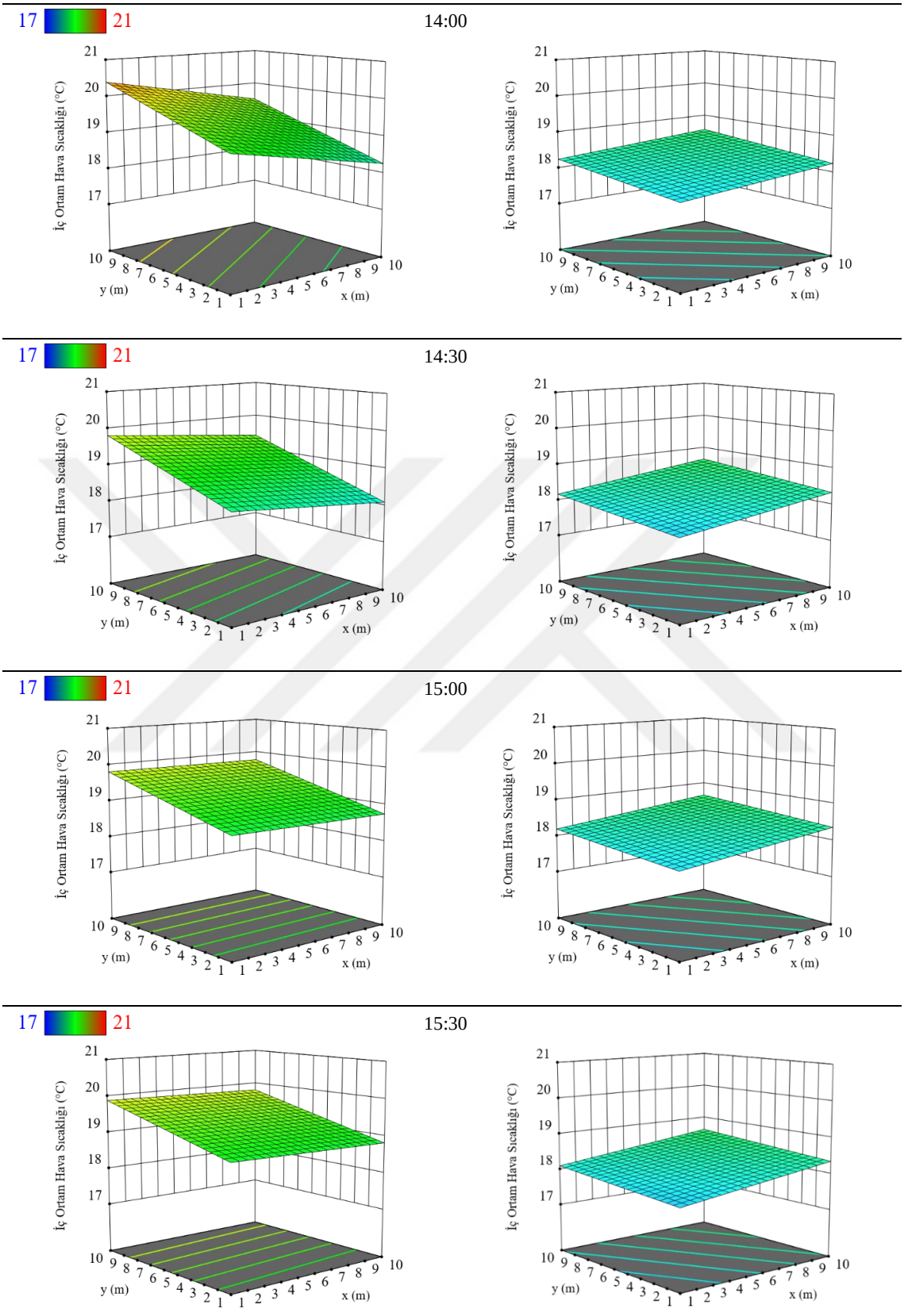
Hacı Hasan Sert Cami'nin bir kış gününde çeşitli bölgelerinden ve dış ortamından elde edilen ısı kamerası görüntüleri Ek-B'de verilmiştir. Öte yandan, Ocak ayındaki Çarşamba ve Cuma günlerine ait öğle ve Cuma namazları öncesinde, sırasında ve sonrasında iç ortam sıcaklık dağılımları Şekil 3.1'de verilmiştir. Şekilde (0,0) koordinatları caminin sol arka bölümünü, (10,10) koordinatları ise sağ ön bölümünü temsil etmektedir. Çarşamba günü sıradan günlere ait düşük doluluk oranının gözlemlendiği öğle namazlarını temsil ederken Cuma günü caminin tam doluluk oranında kullanıldığı durumu göstermektedir. Ele alınan günlerde öğle ve Cuma namazları sırasıyla 13:08 ve 13:12'de başlarken cemaat camiye 12:57 ve 12:20'de giriş yapmaya başlamış ve namazlar esnasında doluluk oranları yaklaşık %15 ve %99 olmuştur. Kış mevsimi olması nedeniyle pencereler kapalı durumdayken cami personeli tarafından yerden ısıtma sistemi 40^{o}C'ye ayarlanmış ve kolektöre bağlı 10 vananın Cuma günü 8 tanesi, Çarşamba günü ise 4 tanesi açık duruma getirilmiştir. Saat 12:00'da Cuma ve Çarşamba günleri ortalama iç ortam sıcaklıkları sırasıyla 18,2 ve 18^{o}C iken açık vana sayısına bağlı olarak Cuma gününde Çarşamba

gününe göre daha homojen bir sıcaklık dağılımı gözlenmiştir. Çarşamba günü için caminin kuzey yönüne bakan sol arka kısmı caminin en soğuk bölgesi ve güney yönüne bakan sağ ön kısmı caminin en sıcak bölgesi olarak belirlenmiştir. Ancak tam doluluğun sağlandığı saat 13:00'da cemaat ortamda homojen şekilde yerleşmiş olduğu için ortam sıcaklığında da homojenlik söz konusu olmuştur. 13:30'a kadar geçen sürede camiye erken gelen kişilerin caminin ön bölgelerine oturmaları nedeniyle caminin önce ön bölgesi daha sonra arka bölgesinin sıcaklığında artış gözlenmiştir. Cuma günü namaz sırasında ortalama iç ortam sıcaklığı 20,1^{o}C olarak belirlenirken, cemaatin iç ortam sıcaklığını yaklaşık 2^{o}C arttırdığı tespit edilmiştir. Çarşamba günü öğle namazında ise kişi sayısının az olması nedeniyle cemaatin ortam sıcaklığı üzerinde dikkate değer bir etkisi olmamıştır. Ayrıca ortamdaki en sıcak (sağ ön) ve en soğuk (sol arka) bölgeleri arasında yaklaşık 1^{o}C fark meydana gelmiştir. Ancak güneşin hareketine bağlı olarak sıcaklık gradyanının caminin sağ duvarı ile yaptığı açı 14:30'dan sonra azalmıştır. Bu, öğle saatlerinden sonra caminin sağ arka ile sağ ön bölümlerinin sıcaklıkları arasındaki farkın azaldığını göstermektedir. Ayrıca benzer durum caminin sol ön ve sol arka bölgesinin arasındaki sıcaklık farkı için de söz konusu olmuştur. Cuma günü namazın tamamlanmasının ardından cemaatin yaklaşık %60'ı caminin arka kısmında bulunan kapıdan camiyi hızlı bir şekilde boşalttığı için caminin arka bölümünde ön bölümüne göre yaklaşık 2^{o}C'lik bir fark meydana gelmiştir. Caminin sol ön bölgesinde bulunan yaklaşık 11 kişilik cemaat namazın hemen ardından camiyi terk etmeyerek ibadetlerine devam ettikleri için 15:30'a kadar en sıcak bölge caminin sol ön bölgesi olarak kalmıştır. Cuma namazının tamamlanmasının ardından 15:30'a kadar ortalama iç ortam sıcaklığı 1,4^{o}C kadar azalmıştır.

Kış sezonunda Cuma ve öğle namazlarındaki iç ortam sıcaklık dağılımları, büyük iç ortam hacmine sahip olan camilerde güneşin konumuna göre yaklaşık 1^{o}C'lik fark oluşabildiğini göstermiştir. Ayrıca camideki doluluk oranının namazlardan sonraki azalışının caminin kış aylarındaki iç ortam sıcaklığı üzerinde 2^{o}C'ye kadar etkili olabilmektedir.

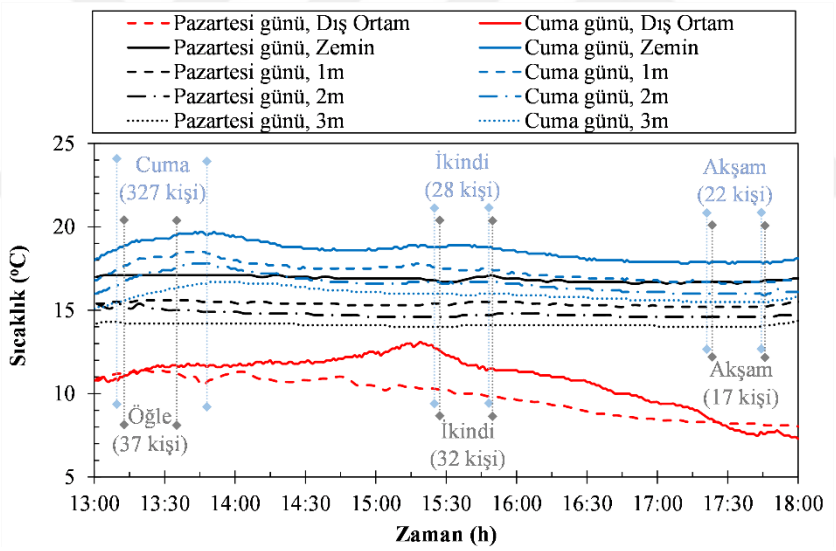


Şekil 3.1. Isıtma sezonunda iç ortamın yatay doğrultudaki sıcaklık değişimi



Şekil 3.1. (Devam) Isıtma sezonunda iç ortamın yatay doğrultudaki sıcaklık değişimi

Aralık ayında Cuma ve vakit namazları için zeminden 3 m yüksekliğe kadar olan dikey doğrultudaki iç ortam sıcaklık dağılımı Şekil 3.2'de verilmiştir. Pencerelerin sürekli kapalı durumda olduğu Cuma günü kombi göstergesi 45°C'ye ve Pazartesi günü 40°C'ye ayarlanmıştır. Sıcak suyun iç ortama ulaştırıldığı boruların bağlı olduğu kolektördeki vanaların Cuma günü 8 tanesi ve Pazartesi günü 5 tanesi açılmıştır. Cuma namazında katılım gösteren kişi sayısı 327 iken öğle namazına katılım gösteren kişi sayısı 37 olmuştur. Bu sebeple %100'e yakın doluluk oranının sağlandığı Cuma namazında cemaatin sıcaklıklar üzerinde belirgin bir etkisi olduğu gözlemlenirken öğle namazında kişi sayısının az olması sebebiyle sıcaklık değişimi neredeyse olmamıştır. Maksimum sıcaklıklar hem Cuma hem de Pazartesi günleri için yerden ısıtma sistemine en yakın seviye olan halının üzerinde gözlemlenmiştir. Maksimum zemin sıcaklıkları Cuma günü için Cuma namazının sonunda saat 13:43'te 19,7°C ve Pazartesi günü için ise hem öğle hem de ikindi namazlarında 17,1°C olarak ölçülmüştür.

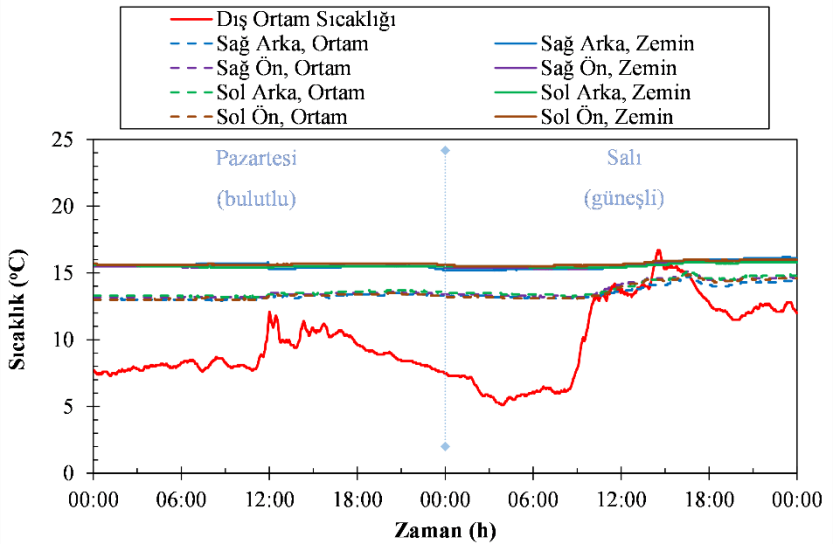


Şekil 3.2. Isıtma sezonunda iç ortamın dikey doğrultudaki sıcaklık değişimi

Cuma günü zemin ve 1 m yükseklik arasında ortalama 1,5°C fark bulunurken 1 ve 2 m arasında 0,62°C ve 2 ve 3 m arasında 0,64°C fark meydana gelmiştir. Pazartesi günü ise zemin ve 1 m yükseklik arasında ortalama 1,23°C, 1 ve 2 m arasında 0,71°C ve 2 ve 3 m arasında 0,9°C fark oluşmuştur. Doluluk durumu fark etmeksizin zeminden yukarı doğru çıkıldıkça sıcaklıkta düşüş meydana gelmiş ve en düşük sıcaklık farkı 1 ve 2 m arasında oluşmuştur. Namazlar sırasında cemaatin çoğunlukla ayakta durması ve solunum ile

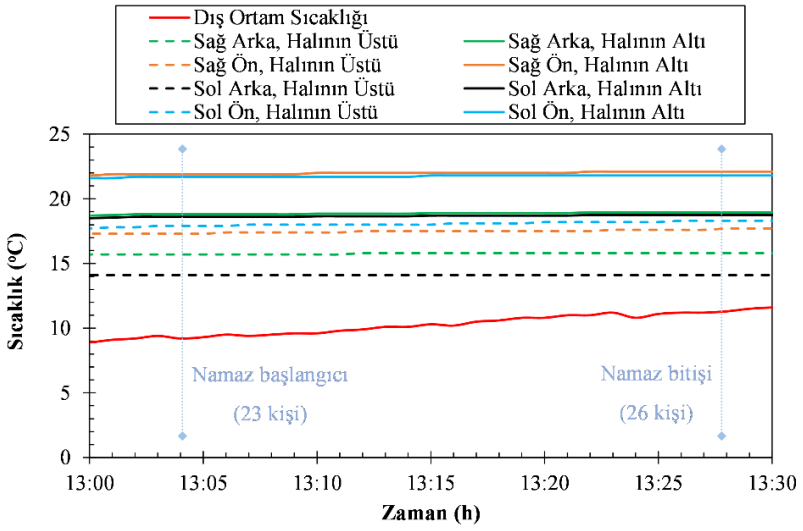
ortama ısı aktarmaları, 1 ve 2 m arasındaki sıcaklık farkının daha düşük olmasına neden olmuştur.

Camide yerden ısıtma söz konusu olduğu için zemin ve ortamdaki sıcaklık farkını tespit etmek amacıyla ölçümler gerçekleştirilmiştir. Sadece vakit namazlarının en fazla %15 doluluk oranında kılındığı Şubat ayının bir Pazartesi ve bir Salı günü için halının üstünden ölçülen zemin ve 1 m yükseklikten ölçülen ortam sıcaklıkları Şekil 3.3'te verilmiştir. Ölçümler sırasında kombi 40°C'ye ayarlanmış ve kolektördeki sıcak su borularına bağlı vanaların tamamı açılmıştır. Pazartesi günü bulutlu, Salı günü ise güneşli bir dış ortam koşulu temsil edilmektedir. Ayrıca her iki gün içerisinde de pencereler açılmamıştır. Kolektördeki vanaların tamamı açık olmasından dolayı her iki gün için cami zemininin her bölgesinde ortalama 16°C olarak neredeyse aynı sıcaklık değeri gözlemlenmiştir. Pazartesi günü zemin ve iç ortam sıcaklıkları arasında ortalama 2,3°C, Salı günü ise ortalama 1,7°C fark meydana gelmiştir. Salı günü dış ortamdaki sıcaklık artışı güneşin etkisiyle birlikte iç ortam sıcaklığının yaklaşık 1,6°C artmasını sağlamıştır. Ancak zemin sıcaklığı dış ortam koşullarındaki değişimlerden belirgin şekilde etkilenmemiş ve yaklaşık 0,3°C artmıştır. Ayrıca güneşin etkisiyle zemin ve iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 1°C'ye kadar düşmüştür. Maksimum iç ortam sıcaklıkları Pazartesi günü için 13,6°C ve Salı günü için 14,9°C olarak belirlenmiştir. Belirlenen maksimum iç ortam sıcaklıkları cemaatin camide bulunduğu namaz vakitlerinde elde edilmiş olsa bile kış şartları için uygun konfor sıcaklığı olan 21°C'nin altında kalmıştır.



Şekil 3.3. Şubat ayında zemin ve ortam sıcaklıkları

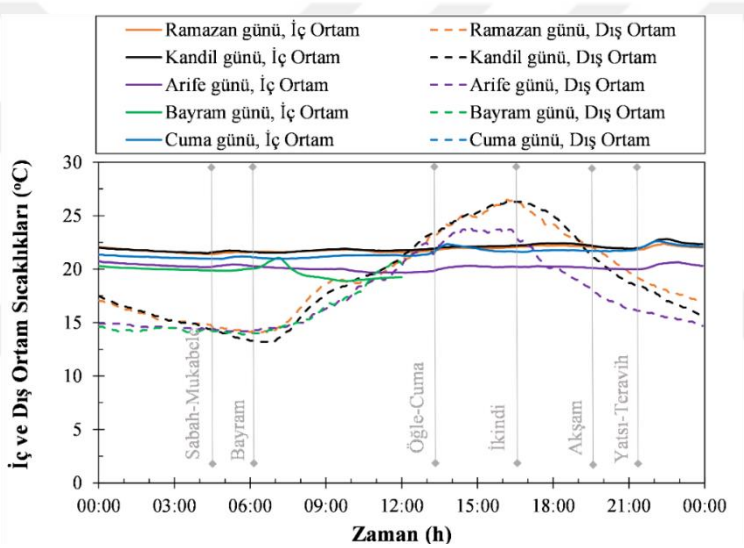
Halının altında bulunan altlık malzemenin ve halının toplam kalınlığı yaklaşık 2 cm olması nedeniyle sıcaklık veri kaydedicileri ile halının altı ve üstündeki bölgesel sıcaklık dağılımları incelenmiştir. Ocak ayında sıradan bir Cumartesi günü yürütülen çalışmada pencereler kapalı durumda iken cami personeli tarafından kombinin sıcaklık göstergesi 40°C'ye ayarlanmış ve yerden ısıtma sistemine bağlı vanaların 5 tanesi açılmıştır. Öğle namazında alınan ve Şekil 3.4'te verilen ölçüm bilgilerine göre namaz sırasında camide bulunan 26 kişinin zemin sıcaklığı üzerinde bir etkisi bulunmamaktadır. Ayrıca yerden ısıtma sisteminin etkin olduğu caminin ön bölgesinde arka bölgesine göre daha yüksek sıcaklıklar görülmüştür. Namaz sırasında dış ortam sıcaklığı ortalama 10,3°C'dir. Ön ve arka bölgeler için halının altındaki sıcaklık dağılımı sağ ve sol bölgelerde benzerlik göstermiş ve caminin ön bölgesinde ortalama 22°C, arka bölgesinde ise ortalama 18,8°C olarak tespit edilmiştir. Halının üstündeki sıcaklık dağılımından ise en düşük sıcaklığın sol arka bölgede (ortalama 14,1°C), en yüksek sıcaklığın ise caminin sol ön (ortalama 18°C) ve sağ ön (ortalama 17,6°C) bölgelerinde meydana geldiği görülmektedir. Caminin sol arka bölgesinin kuzey cephesine bakması ve yerden ısıtma sisteminin bu bölgede etkin olmaması nedeniyle en düşük sıcaklık bölgesi olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.4. Zeminde bulunan halının altında ve üstündeki sıcaklık dağılımı

2022 yılında yatsı namazlarının ardından Teravih namazlarının kılındığı Ramazan ayı Nisan ayının son haftalarına tekabül etmiştir. Nisan ayında gece ve gündüz arasındaki dış ortam sıcaklık farkı yaklaşık 15°C'ye kadar ulaşmıştır. Dış ortam sıcaklığının gün içerisindeki artışı ve gece saatlerindeki düşüşü göz önünde bulundurularak Teravih

namazlarının gece kılınması sebebiyle camide yerden ısıtma sistemi düşük sıcaklıkta (35ºC) ve çoğu zaman ısıtma borularına bağlı vanalardan 3 tanesi aktif olarak kullanılmıştır. Ortalama %55 doluluk oranının sağlandığı Teravih namazının kılındığı sıradan bir Ramazan gününe, %100 doluluk oranına ulaşılan ve Teravih namazının kılındığı Kandil gününe, uzun süreli şekilde Teravih namazı kılınmayan ancak %70 doluluk oranının sağlandığı ve ardından dua etmek için caminin hızlı şekilde boşalmadığı Arife gününe, sabah namazından bir süre sonra %100 doluluk oranıyla namaz kılınan Bayram gününe ve Teravih namazına ek olarak öğle saatlerinde öğle namazı yerine %100 doluluk oranı ile namaz kılınan Cuma gününe ait iç ve dış ortam sıcaklık değişimleri Şekil 3.5'te verilmiştir.



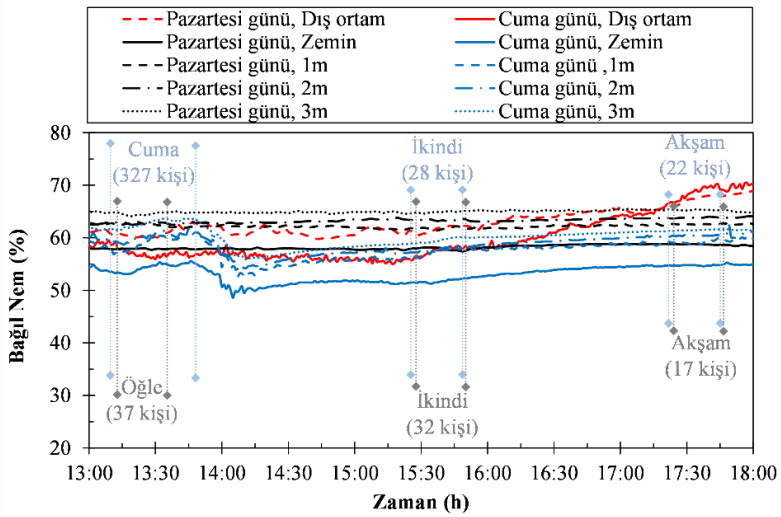
Şekil 3.5. Ramazan ayında iç ve dış ortam sıcaklık dağılımı

Bayram günü dışında camide sabah namazlarının ardından gerçekleştirilen mukabeleye (birlikte Kur'an-ı Kerim okumak) yaklaşık 20 kişi katılmış ve mukabeleler ortalama 50 dakika sürmüştür. Belirtilen günlerde genellikle pencereler kapalı durumda olmakla birlikte namaz vakitleri başta olmak üzere muhtelif zamanlarda birkaç pencerenin açılmasının tüm pencereler aynı anda açılmadığı için ortalama iç ortam sıcaklık değişimi üzerinde gözle görülür bir etki oluşturmamıştır. Saat 21:00'dan sonra Teravih namazlarının gerçekleşmesiyle caminin iç ortam sıcaklığı ortalama 21,8ºC'den 22,4ºC'ye çıkmıştır. Kandil gecesi ise ortalama 21,9ºC olan iç ortam sıcaklığı 22,9ºC'ye ulaşmıştır. Ayrıca Cuma ve Bayram namazlarında sırasıyla ortalama 0,7 ve 1,2ºC artış gözlenmiştir. Tüm günler için ikindi namazlarına katılım gösteren kişi sayısının az olması sebebiyle iç

ortamda sıcaklık değişimi meydana gelmemiştir. Ramazan ayında tutulan oruçların akşam ezanı ile birlikte açılmasından dolayı akşam namazı için camide sadece ezan okumak ile görevlendirilen cami görevlisi kısa süreli olarak bulunmaktadır. Dolayısıyla akşam namazı vaktinde camide kimsenin olmaması sıcaklığın değişmemesini sağlamıştır.

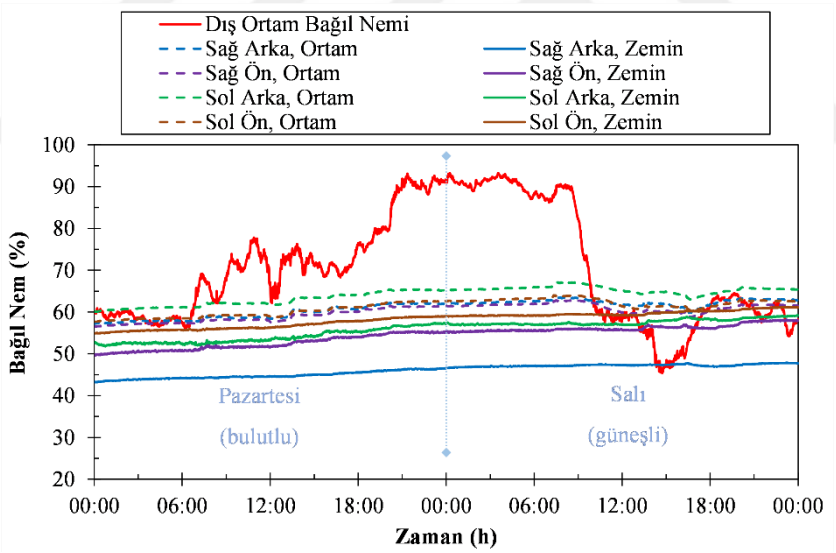
3.1.1.2. Kış Sezonunda Bağıl Nem

Aralık ayının Pazartesi ve Cuma günleri için ölçülen ve Şekil 3.2'de verilen sıcaklık değerleriyle birlikte bağıl nem verileri elde edilmiş ve 3 m'ye kadar olan dikey doğrultudaki ortalama iç ve dış ortam bağıl nem dağılımı Şekil 3.6'da verilmiştir. Cuma namazındaki yüksek doluluk oranı (327 kişi), iç ortam sıcaklığı artarken bağıl nem miktarının da artmasına neden olmuştur. Bu durum cemaatin terleme ve nefes alışverişi gibi durumlarından kaynaklanmıştır. Cuma günü dış ortamdaki maksimum bağıl nem %71 iken caminin zemin seviyesinde ve 1, 2 ve 3 m yüksekliklerde en yüksek bağıl nem miktarları cuma namazı sırasında sırasıyla %56, %62, %63 ve %64 olarak elde edilmiştir. Hem Pazartesi hem de Cuma günü için zeminden yukarı gidildikçe iç ortam sıcaklıkları azalırken (Şekil 3.2) bağıl nem miktarında artış meydana gelmiştir. Pazartesi günü sıcaklık dağılımı Cuma gününe göre daha düşük olduğu için bağıl nem miktarı daha yüksektir. Ayrıca Pazartesi günü namaz vakitlerinde küçük dalgalanmalar meydana gelmesine rağmen gün içerisinde neredeyse sabit kalmıştır. Caminin iç ortamındaki dikey doğrultudaki bağıl nem miktarlarının tümü hem Cuma hem de Pazartesi günleri için uygun konfor şartları için gerekli olan %40 ve %70 aralığındadır (Yaşar ve diğ., 2007).



Şekil 3.6. Isıtma sezonunda iç ortamın dikey doğrultudaki bağıl nem değişimi

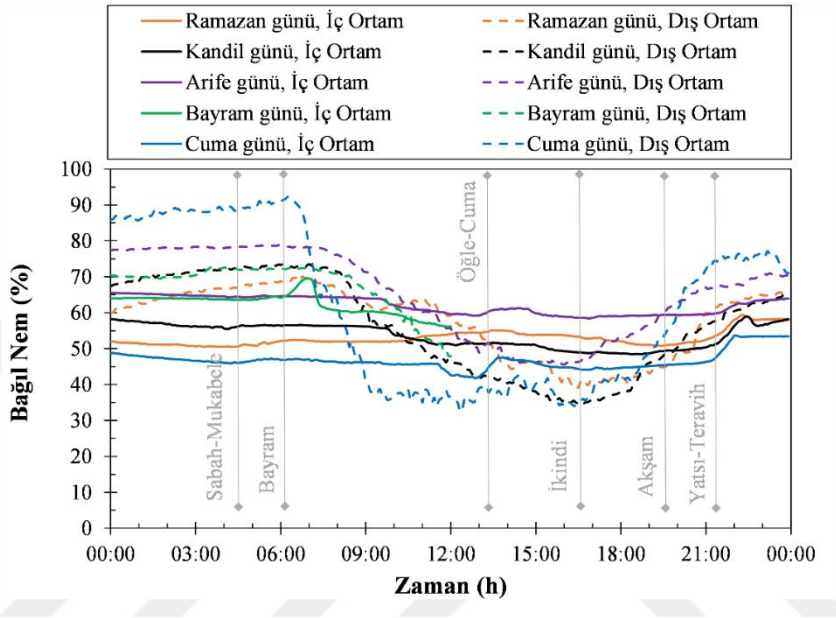
Şubat ayında bulutlu ve güneşli bir gün için camideki zemin ve ortam sıcaklıklarının dağılımları daha önce Şekil 3.3'te verilmişti. Aynı tarihlere ve aynı bölgelere ait bağıl nem dağılımları ise Şekil 3.7'de görülmektedir. Zemin ve ortamdaki sıcaklık dağılımlarında homojenlik söz konusu iken bağıl nem dağılımı bölgesel olarak farklılık göstermiştir. Ancak daha önce belirtilen konfor şartlarının (%40 ve %70 aralığı) dışına çıkılan bir durum söz konusu olmamıştır. Pazartesi günü dış ortamda bulutlu bir havanın olması sebebiyle dış ortam bağıl neminde artış meydana gelirken Salı günü güneşin etkili olduğu saatlerde bağıl nemde düşüş gözlenmiş ve öğle saatlerinde en düşük bağıl nem değeri yaklaşık %45 olarak ölçülmüştür. Her iki günde de pencerelerin kapalı olması, iç ortamın dış ortamdaki bağıl nem değişiminden etkilenmesini engellemiştir. Dış ortamdaki maksimum bağıl nem Pazartesi ve Salı günleri için %93 olarak ölçülürken iç ortamdaki maksimum bağıl nem miktarı sol arka bölümdeki ortam havasında ve Pazartesi günü saat 21:56'da %65 ve Salı günü saat 07:39'da %67 olarak belirlenmiştir. Ortamdaki sol arka bölüm dışında kalan diğer bölgelerde bağıl nem değerleri benzerlik göstermiştir.



Şekil 3.7. Şubat ayında zemin ve ortam bağıl nem dağılımı

2022 yılının Ramazan ayında elde edilen bağıl nem verileri Şekil 3.8'de görülmektedir. Grafikte verilen verilerin elde edildiği sırada doluluk oranları ve pencerelerin açık veya kapalı olması gibi parametreler Şekil 3.5'in açıklama kısmında verildiği gibidir. Cemaatin yüksek katılım gösterdiği ve camide tam doluluk sağlanan Cuma, Teravih ve Bayram namazlarında iç ortamdaki bağıl nem miktarlarında ortalama %6 artış gözlemlenmiştir. Bu durum insanların nefes alışverişi ve terleme gibi durumlarından kaynaklanmıştır.

Arife günü Teravih namazı kılınmadığı için yatsı namazı sırasında diğer günlerde olduğu büyük bir artış meydana gelmemiştir. İç ortamdaki en yüksek bağıl nem bayram namazı sırasında %70 olarak saptanmıştır. İç ortamdaki en düşük bağıl nem ise cuma namazının öncesinde cemaatin camiye girişi esnasında meydana gelmiş ve %42 olarak belirlenmiştir.

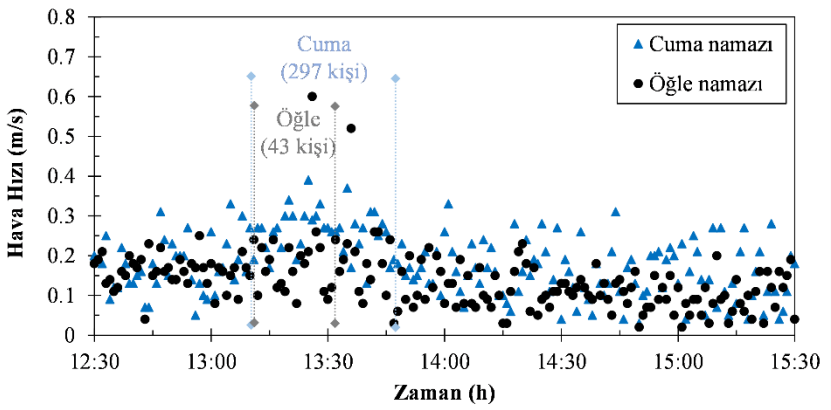


Şekil 3.8. Ramazan ayında iç ve dış ortam bağıl nem dağılımı

3.1.1.3. Kış Sezonunda Hava Hızı

Ocak ayında Cuma namazının kılındığı bir Cuma günü ve günlük vakit namazlarının kılındığı bir Cumartesi günü için namazlar sırasında, namazdan önce ve sonraki hava hızı değişimi Şekil 3.9'de verilmiştir. Pandemi önlemlerinin sona ermesinin ardından yapılan ölçümlerde insanlarda pandemiden kaynaklanan çekincelerin devam etmesi nedeniyle camide Cuma namazı sırasında tam doluluk sağlanamamış olup yaklaşık %84 doluluk oranı ile ibadet gerçekleştirilmiştir. Öğle namazına katılım durumunda ise büyük bir farklılık gözlenmemiş ve yaklaşık %12'lik doluluk durumu meydana gelmiştir. Cuma namazı ve öğle namazlarının başlama vakitleri arasında yaklaşık 1 dk varken namaz süreleri sırasıyla yaklaşık 40 ve 25 dk idi. Cuma ve Cumartesi günlerinde namazlar sırasında cemaat üyeleri ölçüm cihazının yakınına çok yaklaşmadığı için ani artış ve azalışlar gözlemlenmemiş ve maksimum hava hızları sırasıyla 0,4 ve 0,26 m/s olarak ölçülmüştür. Her iki gün için hava hızının saat 12:30 ve 12:45 arasında (namazlardan

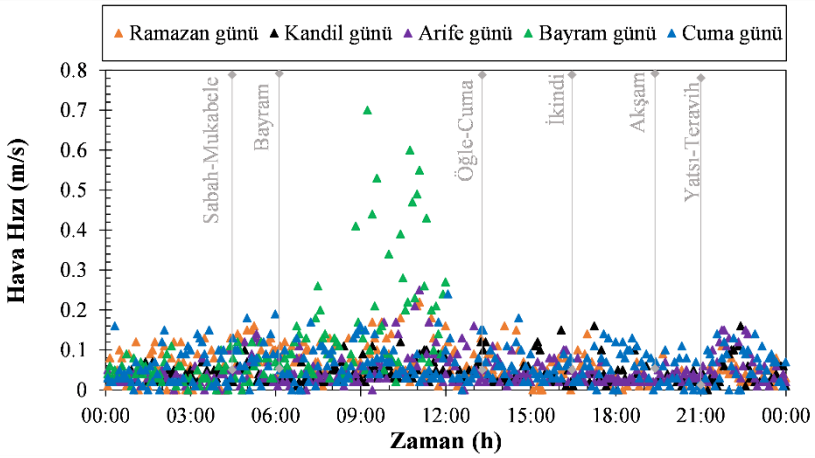
önce) birbirine yakın ve ortalama 0,15 m/s olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Cuma gününde namazlar esnasında ve sonrasında Cumartesi gününe göre ortalama 0,5 m/s daha yüksek hava hızı saptanmıştır. Dolayısıyla Cuma günü gerçekleştirilen Cuma namazının etkisi namazdan sonra da devam etmiştir. 12:30 ve 15:30 arasındaki ortalama hava hızı, Cuma günü için 0,2 m/s iken cumartesi günü için 0,13 m/s olarak belirlenmiştir. Cumartesi ve Cuma günleri için minimum hava hızları ise sırasıyla 0,02 ve 0,03 m/s olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.9. Isıtma sezonunda iç ortamın hava hızı değişimi

Ramazan ayında diğer aylara göre insanlar camiyi daha yoğun şekilde kullanmaktadır. Bu sebeple Ramazan ayının farklı günleri için hava hızı değişimleri izlenmiş ve Şekil 3.10'da hava hızı dağılımı verilmiştir. Daha önce belirtildiği gibi Ramazan ayına bağlı günlerde yatsı namazına ile birlikte kılınan Teravih namazları Hacı Hasan Sert Cami'de ortalama %55 doluluk oranı ile gerçekleştirilmekte ve namaz süresi yaklaşık 50 dk'ya ulaşmaktadır. Kış sezonu olduğu için genellikle pencereler kapalı durumdadır ve Teravih namazlarında cemaatin etkisiyle hava hızı 0,22 m/s'ye ulaşmaktadır. Ancak sıradan bir Ramazan günü için günlük ortalama hava hızı 0,06 m/s olarak belirlenmiştir. Kandil gecesi Teravih namazı sırasında tam doluluk durumu meydana gelmiş ve doluluk oranının artmasıyla ortalama 0,04 m/s olan iç ortamdaki hava hızı en fazla 0,16 m/s'ye yükselmiştir. Grafikte bayramdan önceki gün Arife günü olarak belirtilmiş ve ilgili günde Teravih namazı kılınmamasına rağmen Ramazan ayı dışında kalan sıradan günlere göre yatsı namazına katılım yaklaşık %15 daha fazla olmuştur. Arife günü için ortalama hava hızı 0,05 m/s iken maksimum hava hızı öğle namazı sırasında 0,25 m/s olarak ölçülmüştür. Teravih veya diğer namazlara göre daha yüksek bir hava hızının elde edilmesinin nedeni öğle namazı sırasında 4 kişilik bir grubun ölçüm cihazının yakınında

namazlarını kılmalarından kaynaklanmıştır. Teravih namazına ek olarak Cuma namazının da gerçekleştiği Ramazan ayının bir Cuma gününe ait hava hızı verilerine göre maksimum hava hızı tam doluluk sağlanan Cuma namazı sırasında 0,24 m/s olarak belirlenmiştir. Cuma günü boyunca hava hızı ortalama 0,07 m/s olarak ölçülmüştür. Sabah namazının ardından Bayram namazının kılındığı Bayram günüde ise namaz sırasında hava hızı maksimum 0,26 m/s olarak elde edilmiştir. Namazın ardından hava hızı 0,03 m/s'ye kadar düşmüştür. Cemaatin camiyi terk etmesi sırasında ortamın havalandırılması için tüm pencereler açılmış ve Ramazan ayındaki en yüksek hava hızı (0,7 m/s) bu saatlerde gözlemlenmiştir. Bayram günü saat 12:00'ye kadar yapılan ölçümlerde pencerelerin açık olmasının da etkisiyle ortalama hava hızı diğer günlerden daha yüksek ve 0,11 m/s olarak tespit edilmiştir.

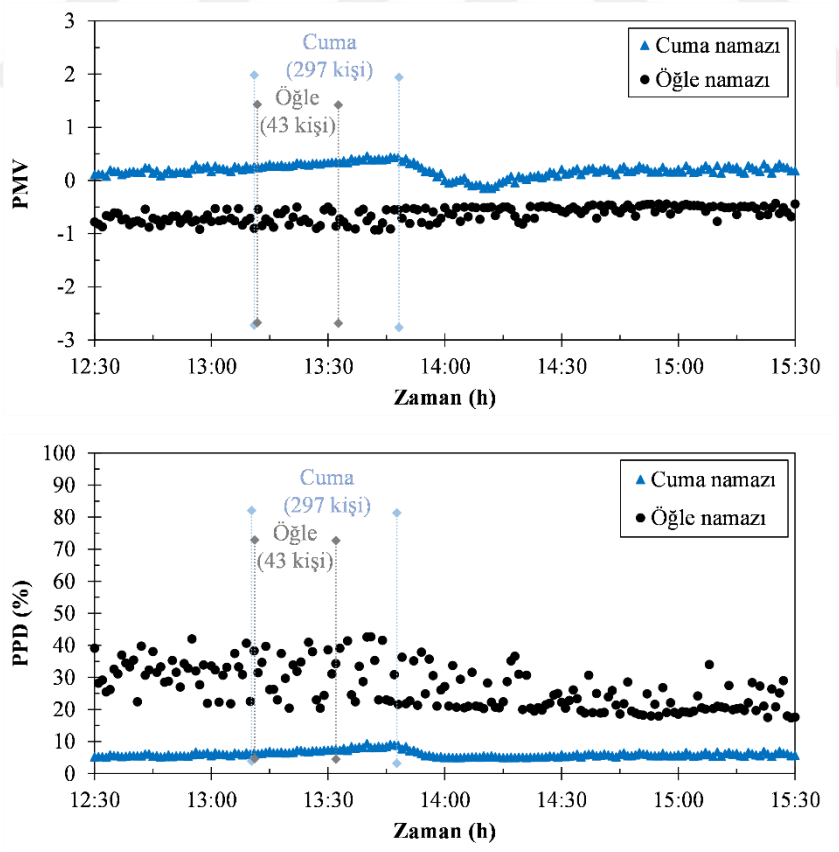


Şekil 3.10. Ramazan ayında iç ortam hava hızı değişimi

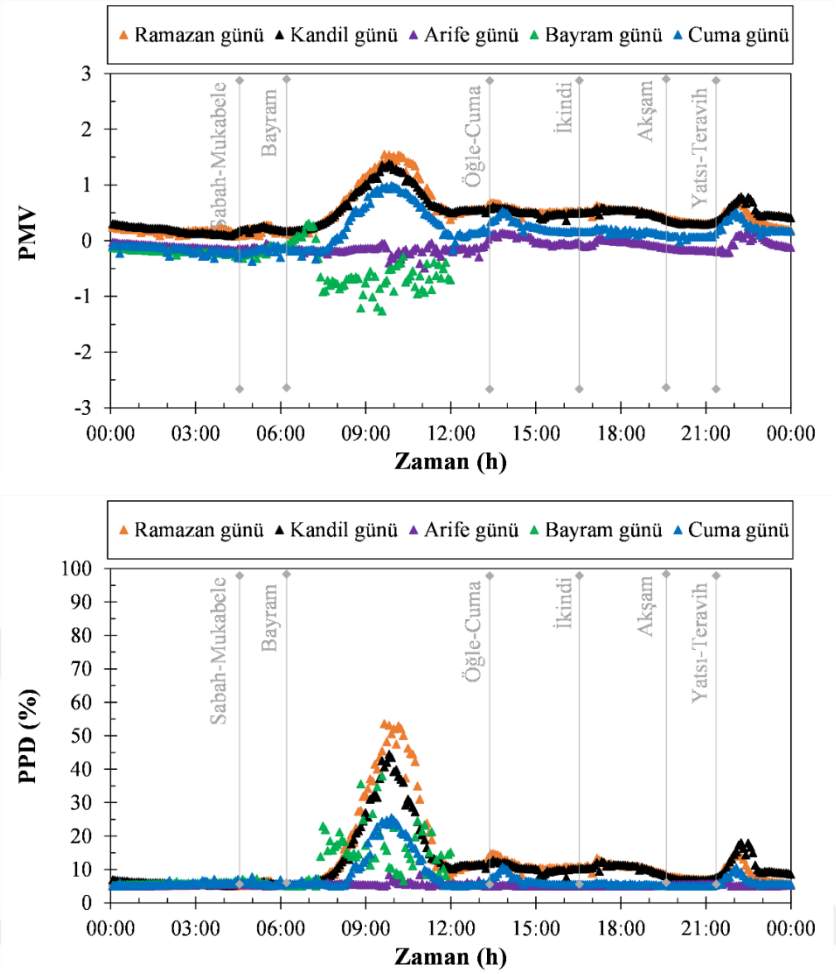
3.1.1.4. Kış Sezonunda Isıl Konfor İndeksleri

Ocak ayında Cuma namazının kılındığı bir Cuma günü ve günlük vakit namazlarının kılındığı bir Cumartesi günü için namazlar sırasında, namazdan önce ve sonraki iç ortamın ısıl konfor indeksleri (PMV-PPD) Şekil 3.11'de verilmiştir. Cuma günü kombinin sıcaklık göstergesi 45ºC'ye, Cumartesi günü 35ºC'ye ayarlanmıştır. Pandemi önlemlerinin sona ermesinin ardından yapılan ölçümlerde insanlarda pandemiden kaynaklanan çekincelerin devam etmesi nedeniyle camide cuma namazı sırasında tam doluluk sağlanamamış olup yaklaşık %84 doluluk oranı ile ibadet gerçekleştirilmiştir. Öğle namazında ise cami yaklaşık %12'lik doluluk oranında kullanılmıştır. Cuma namazı ve öğle namazlarının süreleri sırasıyla yaklaşık 40 ve 25 dk idi. Cumartesi günü minimum

ve maksimum PMV değerleri -0,93 ve -0,43 iken ortamdaki maksimum ve minimum memnuniyetsizlik oranları sırasıyla %18 ve %60 olarak belirlenmiştir. Cuma günü ise minimum ve maksimum PMV değerleri -0,15 ve 0,46 olarak tespit edilirken minimum ve maksimum PPD değerleri %5 ve %9 olarak saptanmıştır. Cemaatin camiye girişi ile birlikte Cuma günü PMV değerinde yaklaşık 0,3 artış gözlenirken, Cumartesi günü düşük doluluk oranı nedeniyle gözlemlenebilir bir değişiklik meydana gelmemiştir. Öte yandan kış şartlarına rağmen, ısıtma sisteminin aktif olmasıyla birlikte caminin Cuma günü tam doluluk oranında kullanılması namaz sırasında PPD değerinin %5'ten %10'a doğru bir artış göstermesi ile sonuçlanmıştır. Ancak öğle namazı sırasındaki düşük doluluk oranı, PMV değerinde olduğu gibi PPD değerinin de cemaatten etkilenmediğini göstermektedir. Cuma günü kombi sıcaklığının arttırılması ve cuma namazında doluluk oranının Cumartesi gününe göre %72 daha fazla olması sebebiyle namaz sırasında iç ortamdaki konfor parametreleri kabul edilebilir seviyelere ulaşmış hatta kış sezonu olmasına rağmen PMV değeri pozitif değerlere kadar yükselmiştir. Cuma ve Cumartesi günleri için ortalama PMV ve PPD değerleri sırasıyla 0,2 (%6) ve -0,63 (%27) olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.11. Isıtma sezonunda ısıl konfor indeksleri



Şekil 3.12. Ramazan ayında iç ortamın ısıl konfor indeksleri değişimi

Kış sezonundaki Ramazan ayında elde edilen ısıl konfor indekslerine (PMV ve PPD) ait verilerdeki değişimler Şekil 3.12'de verilmiştir. Vakit namazlarının az sayıda kişi ile kılınması sebebiyle Testo-480 cihazı konum itibariyle cemaate daha yakın bir bölgeye yerleştirilmiştir. Cihazın bulunduğu bölgeye sabah 07:00 ve 08:00 saatleri arasında güneş ışınlarının gelmesi ve saat 10:00 civarında güneşin hareketine bağlı olarak cihazın üzerine gölge düşmesi sebebiyle PMV ve PPD indekslerinde büyük bir değişim söz konusu olmuş ve her iki değerde de artış gözlenmiştir. Ancak Arife günü ve Bayram günü belirtilen saatlerde havanın bulutlu olması diğer günlerde görülen değişimlerin meydana gelmemesini sağlamıştır. Güneş ışınlarının ulaştığı ve ulaşmadığı bölgeler için PMV değerleri arasındaki fark yaklaşık ortalama 1,0 olarak tespit edilirken ortamda yerden ısıtma sisteminin çalışıyor olması sebebiyle memnuniyetsizlik oranı (PPD) %52'ye kadar çıkmıştır. Cuma günü cuma namazından önce 0,1 seviyesine düşen PMV değeri namazda tam doluluk sağlanması ile namaz sonunda yaklaşık 0,5 civarına yükselmiş ve %5 olan

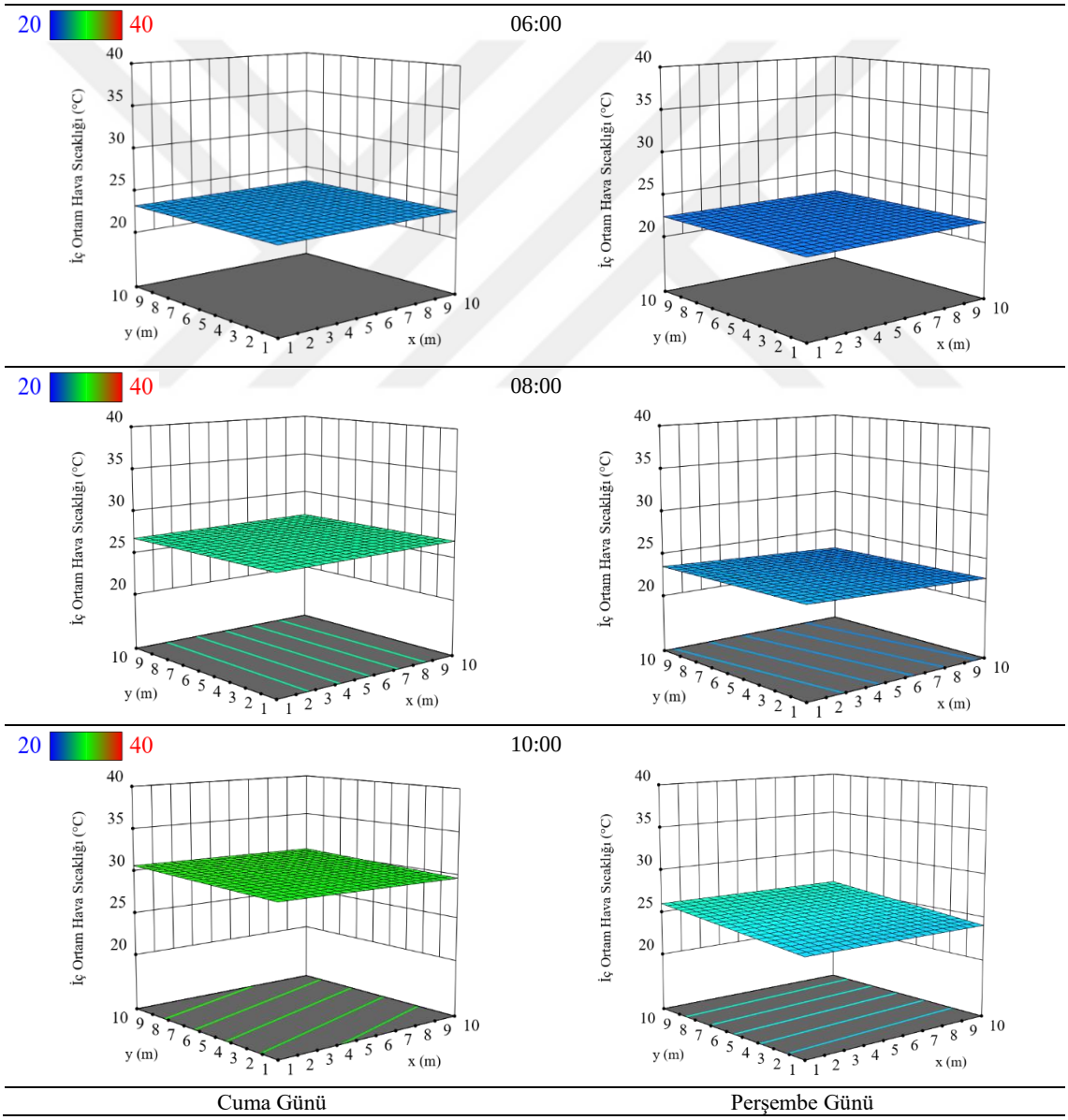
memnuniyetsizlik oranı yaklaşık %10'a çıkmıştır. Kandil gününde 0,31 olan PMV değeri tam doluluk sağlanan Teravih namazında 0,76'ya yükselerek PPD değerinin yaklaşık %15 artışına sebep olmuştur. Diğer günlerde kılınan Teravih namazlarında ise yaklaşık %55 doluluk sağlandığı için PPD değerindeki artış yaklaşık %5 olarak belirlenmiştir. Bayram namazında ise -0,32 olan PMV değeri Bayram namazının sonunda 0,28'e yükselmiş ve PMV değerinin %23'e kadar artması söz konusu olmuştur. Ancak Bayram namazının hemen ardından pencerelerin açılması nedeniyle PMV değeri -1,19'a kadar gerilemiş ve ortamdaki memnuniyetsizlik oranının %40'a kadar çıkmasına neden olmuştur. Bu durum saat 09:35'te camide cemaatin bulunmadığı zamana tekabül etmesinden dolayı insanlar tarafından olumsuzluk teşkil etmemiştir. Arife gününde Teravih namazı kılınmamasına rağmen yatsı namazı için camiye gelen cemaatin etkisiyle PMV değeri -0,22'den 0,08'e yükselmiş ve belirtilen değişim sıfır noktasına yakın değerler olduğu için PPD değeri ortalama %5,2 olarak neredeyse sabit kalmıştır.

3.1.2. Yaz Sezonu Bulguları

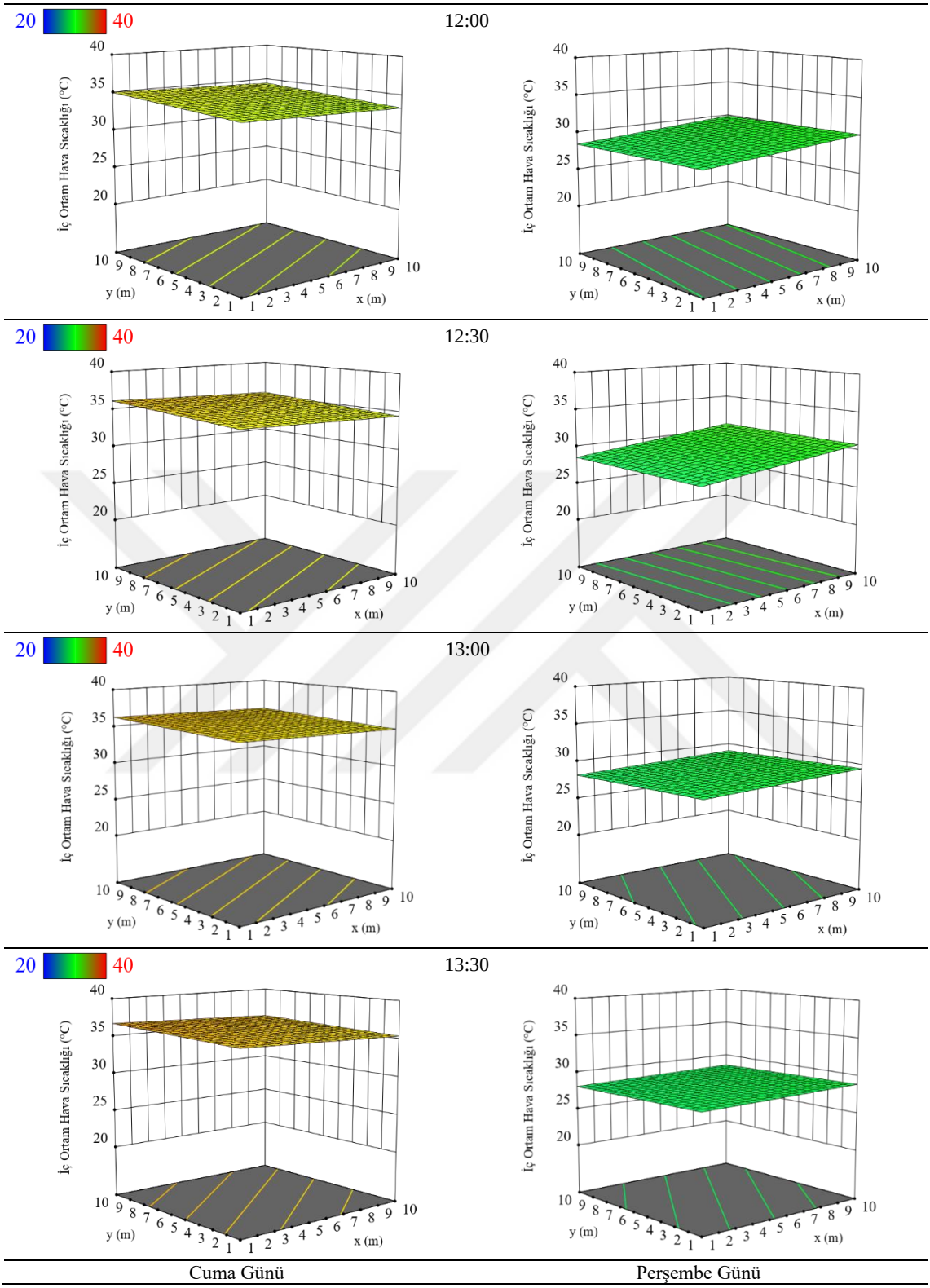
3.1.2.1. Yaz Sezonunda İç Hava Sıcaklığı

Hacı Hasan Sert Cami'nin yaz sezonuna ait bir Perşembe ve Cuma günü için iç ortamdaki yatay sıcaklık değişimi Şekil 3.13'de verilmiştir. Şekilde (0,0) koordinatları caminin sol arka, (10,10) koordinatları ise sağ ön bölgesini göstermektedir. Ele alınan günlerde öğle ve Cuma namazları saat 13:04'te başlamış ve sırasıyla 13:43 ve 13:30'da tamamlanmıştır. Her iki günde de sadece pencereler açık tutulmuş olup klima kullanılmamıştır. Sabah saat 06:00'da Cuma ve Perşembe günleri için sırasıyla ortalama 23,49 ve 23,16^{o}C iç ortam sıcaklıkları gözlenmiş ve ortamda homojen bir dağılım elde edilmiştir. Güneşin doğuşu ile birlikte saat 08:00'da ortalama iç ortam sıcaklıklarında Cuma ve Perşembe günleri için sırasıyla 3,43 ve 0,68^{o}C artış meydana gelmiştir. Saat 10:00'da ise Cuma günü, Perşembe gününe göre daha yüksek dış ortam sıcaklığına sahip olduğu için daha yüksek bir artış gözlenmiş ve caminin bazı bölgelerinde 30^{o}C'yi aşan sıcaklıklar tespit edilmiştir. Öğle saatlerine kadar caminin ön bölgesindeki sıcaklık güneşin hareketine bağlı olarak daha fazla artmıştır. Cuma namazının öncesinde iç ortam sıcaklığı 35^{o}C'yi aşarak 35,2^{o}C'e ulaşmıştır. Perşembe günü aynı saatte (12:30) ise ortalama sıcaklık 28,9^{o}C iken ortamın bazı bölgelerinde sıcaklık 30^{o}C'yi aşmıştır. Cuma namazının başlamasıyla birlikte iç ortam sıcaklık ortalaması 35,7^{o}C olurken Perşembe günü 28,68^{o}C olarak belirlenmiştir.

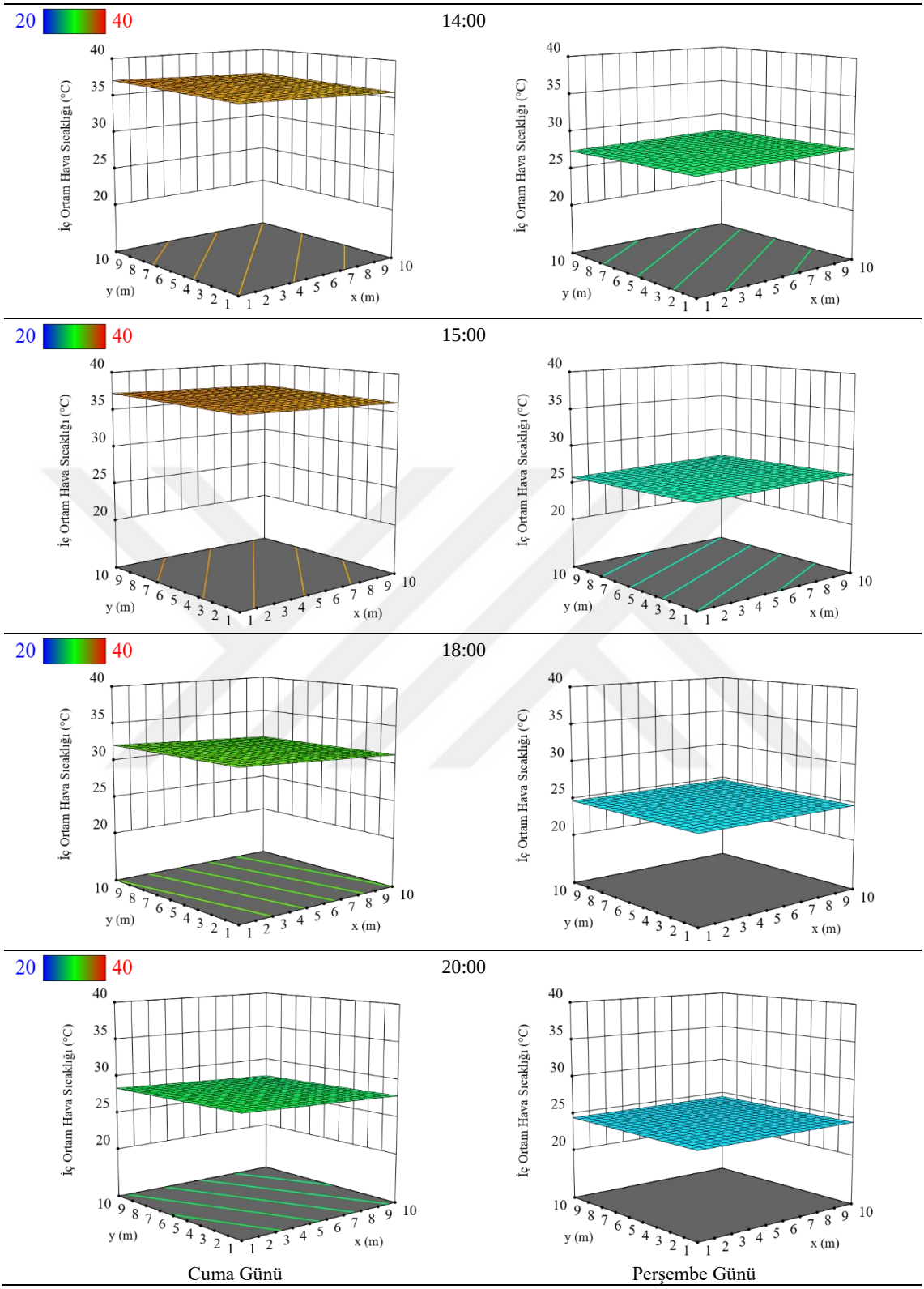
Cemaatin camiyi terk etmesi ve pencerelerin açık olmasına rağmen namazın ardından Cuma günü yüksek iç ortam sıcaklık değeri korunmuş ve ortalama 36,54°C sıcaklığa ulaşılmıştır. Öğleden sonra güneş ışınlarının caminin sağ bölgesinden camiye ulaşması nedeniyle Perşembe günü caminin sağ bölgesi sol bölgesinden daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Güneş ışınlarının ikindi saatlerinde daha yatay şekilde camiye ulaşması ile birlikte iç ortam sıcaklıklarında dikkate değer şekilde düşüş meydana gelmiş ve Cuma ve Perşembe günleri için saat 18:00'da ortalama 30,78 ve 24,85°C iç ortam sıcaklıkları saptanmıştır. Akşam saatlerinde ise belirtilen sıcaklık değerleri daha da azalarak Cuma ve Perşembe günleri için ortalama 28,48 ve 24,4°C'ye kadar gerilemiştir.



Şekil 3.13. Soğutma sezonunda iç ortamın yatay doğrultudaki sıcaklık değişimi



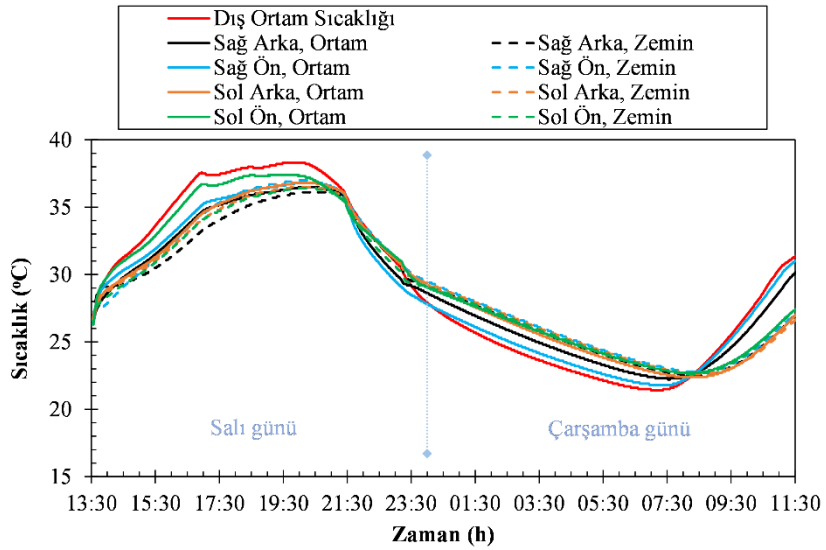
Şekil 3.13. (Devam) Soğutma sezonunda iç ortamın yatay doğrultudaki sıcaklık değişimi



Şekil 3.13. (Devam) Soğutma sezonunda iç ortamın yatay doğrultudaki sıcaklık değişimi

Temmuz ayında bir Salı ve Çarşamba günü için yapılan sıcaklık ölçümlerinde zemin ve ortamdaki sıcaklık değişimleri Şekil 3.14'te verilmiştir. Camide yaz sezonunda genellikle

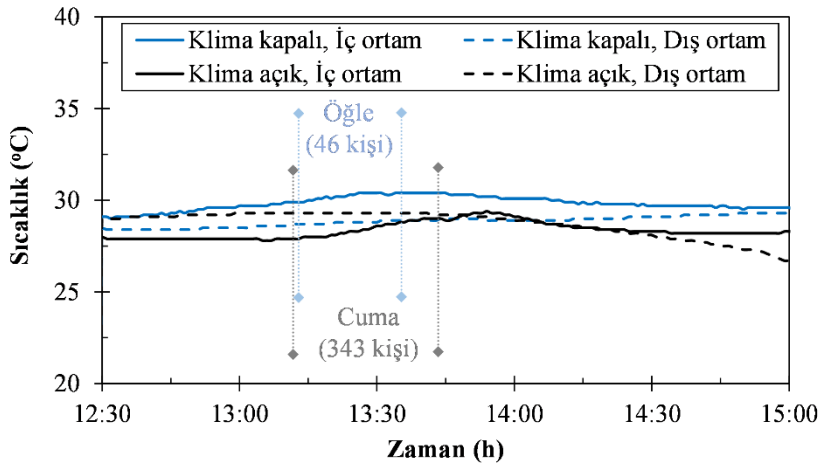
pencereler yatsı namazından sonra kapatılıp sabah namazının ardından gündüz saatlerinde açık bırakılmaktadır. Ancak belirtilen Salı ve Çarşamba günleri için dış ortam sıcaklığı yaklaşık 39°C'ye kadar ulaşabildiği için gece saatlerinde caminin sağ bölgesindeki bazı pencereler açık bırakılmıştır. İlgili günlerde vakit namazları ortalama %13 gibi düşük doluluk oranlarında gerçekleştirildiği için cemaatin namaz vakitlerinde camide bulunmasının iç ortam sıcaklığı üzerinde belirgin bir etkisi olmamıştır. Zemin ve ortamdan alınan ölçüm sonuçlarına göre zemin sıcaklığının ortamın çoğu bölgesinde benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Zeminden yaklaşık 1 m yükseklikten alınan iç ortam sıcaklık verileri ise çoğu zaman benzerlik göstermesine rağmen öğleden sonraki saatlerde (Salı gününde 13:30 ve 20:00 arası) sol ön bölgenin sıcaklık değeri diğer bölgelerden ortalama 1°C daha yüksek olmuştur. Gece saatlerinde ise caminin sağ bölgesi dış ortam sıcaklık değişiminden daha çok etkilenmiştir. Bu durum caminin sağ bölgesindeki pencerelerin gece saatlerinde de açık bırakılmasından kaynaklanmıştır. Dolayısıyla camide açık pencerelerin bulunduğu bölgeler dış ortamdaki şartlardan zaman açısından daha hızlı etkilenirken, iç ortam hacminin büyük olması sebebiyle pencerelerden uzak olan bölgeler zaman açısından daha yavaş etkilenmiştir. Zemindeki sıcaklık değişiminin kaydedildiği ölçüm cihazlarının pencerelerden daha uzak noktalara yerleştirilmesi ile dış ortam sıcaklık değişiminin zemini yaklaşık 1 saat sonra etkilediği belirlenmiştir.



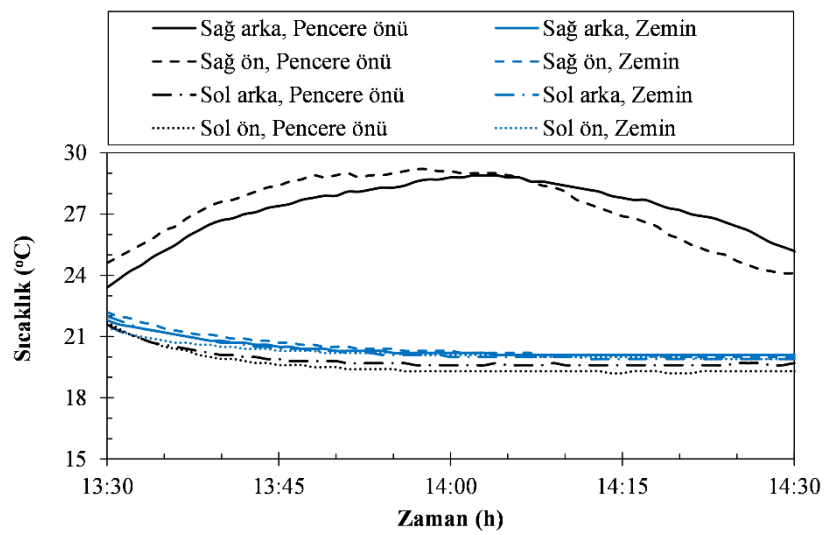
Şekil 3.14. Soğutma sezonunda iç ortamın dikey doğrultudaki sıcaklık değişimi

Yaz aylarında pencere kullanımına ek olarak klima kullanımının iç ortamdaki sıcaklık değişimine etkisinin inceleyebilmek amacıyla klima kullanılan ve kullanılmayan

durumlar ele alınmış ve iç ortamdaki sıcaklık değişimleri Şekil 3.15'te verilmiştir. Pandemi sürecinde alınan tedbirler kapsamında klima kullanımı söz konusu olmamıştır. Ancak pandeminin bitmesiyle birlikte camide sadece dış ortam sıcaklığının oldukça yüksek olduğu bazı cuma günlerinde cuma namazlarında klima kullanılmış ve sıcaklık göstergesi 24°C'ye ayarlanmıştır. Cuma günü klimalar saat 12:10 ve 14:05 arasında çalıştırılmış ve tüm pencereler 15:30'a kadar kapatılmıştır. Cuma namazında elde edilen sıcaklık verileri, klima kullanılmayan ve doluluk oranının cuma namazına göre yaklaşık %84 daha az olduğu bir öğle namazının iç ortam şartları ile kıyaslanmıştır. Öğle namazının öncesinde, esnasında ve sonrasında camide üç pencere açık durumdadır. Bu sebeple ortalama iç ortam sıcaklığı, ortalama dış ortam sıcaklığına göre 0,9°C daha yüksektir. Klima kullanılan cuma gününde ise ortalama iç ve dış ortam sıcaklıkları arasında fark bulunmayıp yaklaşık 28,3°C iken namaz sırasındaki sıcaklık farkı 1,4°C'ye kadar ulaşmıştır. Ancak cemaat namaza gelmeden önce ve camiye geldikten sonraki kısa süre içerisinde meydana gelen iç ve dış ortam sıcaklıkları arasındaki fark yüksek doluluk oranının etkisiyle kapanarak namaz sonunda iç ortamın dış ortamdan 0,2°C daha yüksek olmasına sebep olmuştur. Cemaatin büyük bölümü camiyi namazın hemen ardından terk ederken yaklaşık 40 kişi namazdan hemen sonra camiden çıkmamıştır. 13:55'ten sonra camide tek kişi varken klimalar etkisini göstermeye başlamış ancak camide cemaat bulunmadığı için klimalar 14:05'te kapatılmıştır. Pencereler klimaların kapatılmasının ardından açılmadığı için iç ortam sıcaklığı ölçüm sürecinin sonuna kadar binanın ısıl ataletinden dolayı sıcaklığı neredeyse korumuş hemen hemen aynı düzeyde seyretmiştir.

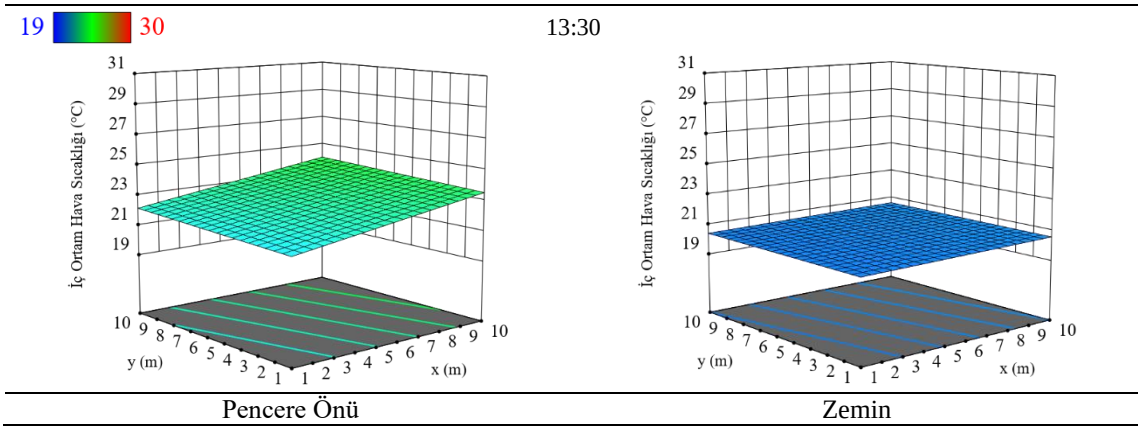


Şekil 3.15. Camide klima kullanımı durumunda iç ortam sıcaklık değişimi

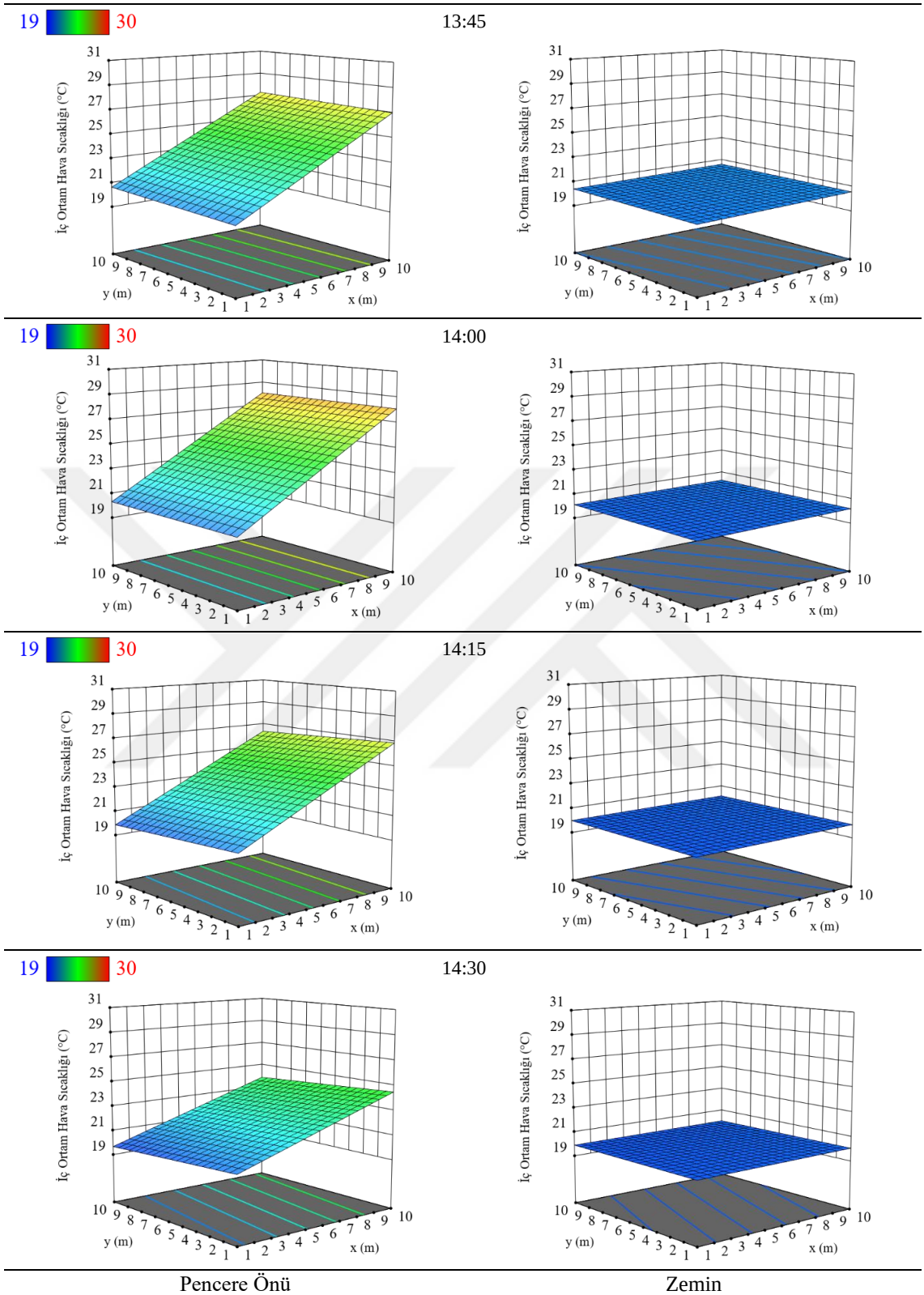


Şekil 3.16. Pencere önü ve zemindeki yatay sıcaklık dağılımları

Yaz sezonunun sonunda sıcak bir günde aynı anda zeminde ve pencerelerin önünde yapılan öğle saatlerindeki sıcaklık ölçümleri Şekil 3.16 ve 3.17'de verilmiştir. Pencereler açık durumdayken yapılan incelemelerde güneş caminin iç ortamına sağ cepheden ulaşmaktadır. Bu sebeple sağ bölgedeki pencere önü sıcaklıkları diğer bölgelere ve zemine göre daha yüksek sıcaklık değerlerine sahiptir. Güneşin en etkili olduğu saat 14:00 civarında sağ bölgedeki pencere önü sıcaklıklar 29ºC'ye kadar ulaşmıştır. Ancak zemin sıcaklıkları çalışma süresi boyunca birbirine oldukça yakın ve ortalama 20ºC olmuştur. Aradaki 9ºC'ye varan sıcaklık farkı doğrudan güneş ışınlarının etkisiyle oluşmuştur. Caminin kuzey cephesi iç ortamın sol bölgesine tekabül ettiği için sol bölgedeki pencere önü sıcaklıklar hem zeminden hem de diğer sağ bölgedeki pencere önü sıcaklıklarından daha düşük olmuştur.



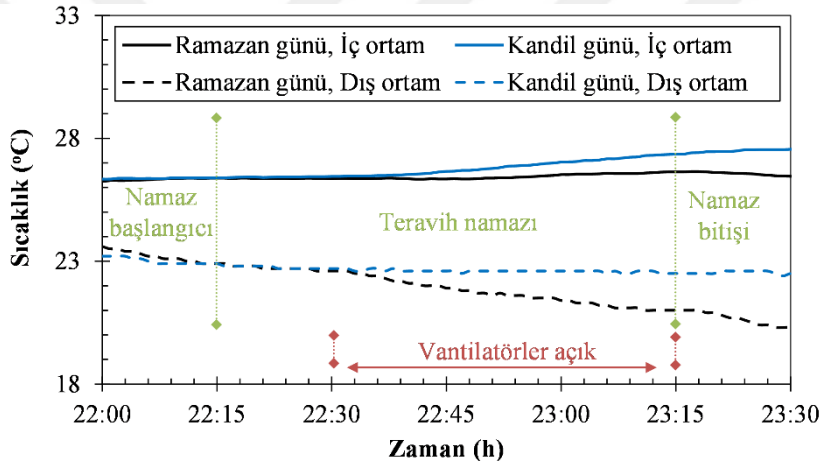
Şekil 3.17. Soğutma sezonunda yatay sıcaklık dağılımı



Şekil 3.17. (Devam) Soğutma sezonunda yatay sıcaklık dağılımı

2018 yılının yaz sezonuna Ramazan ayında gerçekleştirilen Teravih namazları sırasında farklı doluluk oranları için iç ortamdaki sıcaklık değişimi Şekil 3.18'de verilmiştir.

Sıradan bir Ramazan gününde Teravih namazı sırasında doluluk oranı %40 iken Kandil gecesi %100'e varan doluluk oranı meydana gelmiştir. Vantilatörler her iki gecede de 22:30 ve 23:15 arasında çalıştırılırken pencereler namaz sırasında sürekli açık durumdadır. Tam doluluk durumunda (Kandil gecesi) iç ve dış ortam hava sıcaklıkları arasında maksimum 5°C fark bulunurken %40 doluluk durumunda 6°C fark oluşmuştur. İki doluluk seviyesi için de dış ortam sıcaklıkları arasındaki artan fark, iç ortam hava sıcaklıkları arasındaki farkla tam olarak örtüşmemektedir. Bu durum, pencereler açık olmasına rağmen dış ortam hava sıcaklığının oda sıcaklığı üzerindeki anlık etkisinin sınırlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca dış ortam havasının iç ortama düşük düzeyde giriş yapıyor olması ve taze havanın kullanılan alanda homojen olarak dağılmaması başka bir muhtemel neden olarak gösterilebilir.



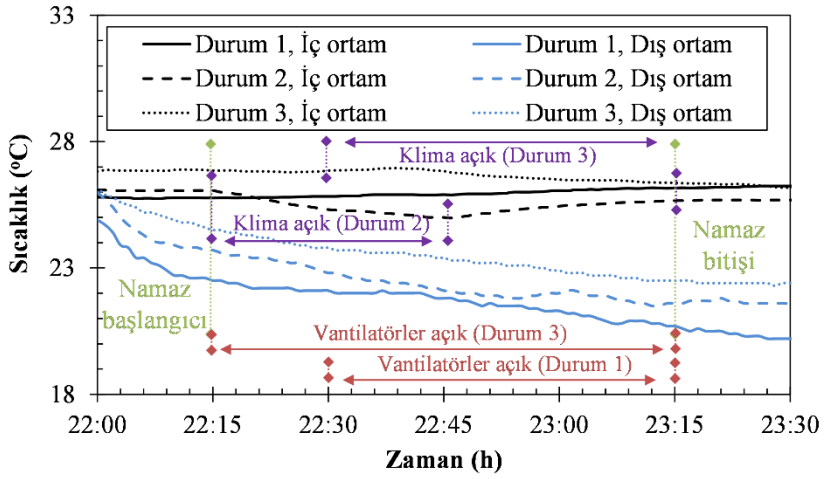
Şekil 3.18. Teravih namazlarında doluluk oranının sıcaklık üzerindeki etkisi

Yaklaşık %40 doluluk oranında kılınan teravih namazları sırasında camideki klima, vantilatör ve pencerelerin durumuna (Tablo 3.1) bağlı olarak değişen iç ortam sıcaklıkları Şekil 3.19'da verilmiştir. Durum 1'deki doğal havalandırma iç hava sıcaklığının düşürülmesine yardımcı olmamıştır. Durum 2 ve 3'te klimaların etkisi belirgindir. Durum 2'de klimaların kullanıldığı süre (22:15 ve 22:45 arasında) içerisinde iç ortam hava sıcaklığı düşmüş ve klimalar 22:45'te kapatıldıktan sonra hava sıcaklığı tekrar yükselmeye başlamıştır. Durum 3'te, klimalar 22:30'da açılmış ve iç ortam hava sıcaklığı düşmeye başlamıştır. Ancak her iki durumda da klimayı açmak iç ortam hava sıcaklığını yalnızca yaklaşık 1°C düşürdüğü için klimaların ortam sıcaklığı üzerinde etkisi sınırlı olmuştur. İncelenen tüm durumlarda, namazın sonuna doğru camideki iç hava sıcaklığı

yaklaşık 26°C idi. Bu sıcaklık değeri, Tablo 1.2'ye dikkat edilirse ısıl ortamın olması gerektiğinden biraz daha sıcak olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.1. Ramazan ayında klima, vantilatör ve pencerelerin durumu

	Doluluk Oranı	Klimalar	Vantilatörler	Pencereler
Durum 1	%40	Kapalı	Açık (22:30 – 23:15)	Açık (22:15 – 23:15)
Durum 2	%40	Açık (22:15 – 22:45)	Kapalı	Kapalı
Durum 3	%40	Açık (22:30 – 23:15)	Açık (22:15 – 23:15)	Kapalı

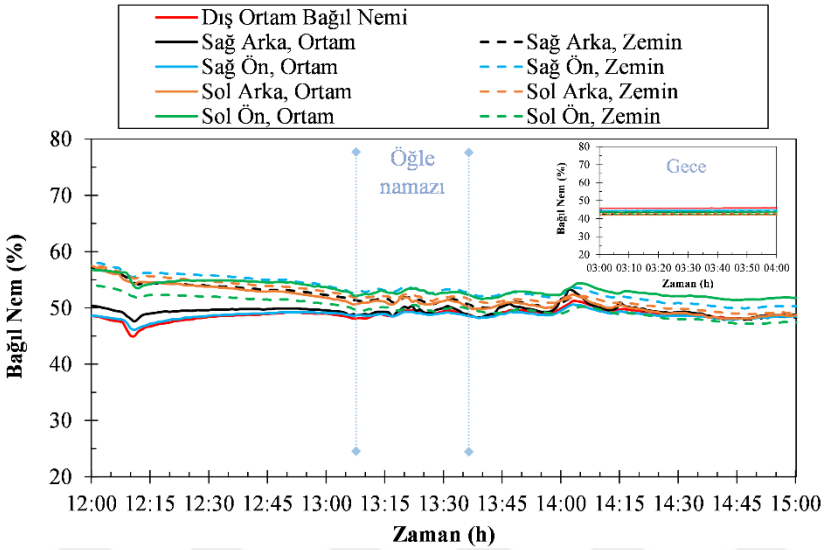


Şekil 3.19. Teravih namazlarında iç ortam hava sıcaklığı değişimi

3.1.2.2. Yaz Sezonunda Bağıl Nem

Temmuz ayında sıradan bir gün için zemin ve ortamda elde edilen bağıl nem değişimi Şekil 3.20'de verilmiştir. Pencereler çalışmanın yürütüldüğü gündüz saatlerinde açık, gece saatlerinde ise kapalı tutulmuştur. Örneklem gününde öğle namazı sırasında caminin doluluk oranı yaklaşık %15 idi ve namaz 13:36'da tamamlanmasına rağmen namaza geç kalan ve namaz bittikten sonra bireysel şekilde namazlarını kılan kişilerin ibadetlerinin tamamlayarak camiyi terk etmeleri 14:15'e kadar sürmüştür. Pencereler kapalı olduğu taktirde caminin kullanılmadığı gece saatlerinde dış ortamdaki bağıl nem ortalama %45 idi. Bu saatlerde ortamın farklı noktalarındaki bağıl nem miktarı birbirine oldukça yakın ve ortalama %42 idi. Sabah saatlerinde güneşin doğuşuyla birlikte ortamın farklı noktalarında bağıl nem farkı meydana gelmiştir. Gün içerisinde caminin sol bölümünde sağ bölümüne göre daha yüksek bağıl nem miktarı gözlenmiştir. Dış ortam bağıl nemi

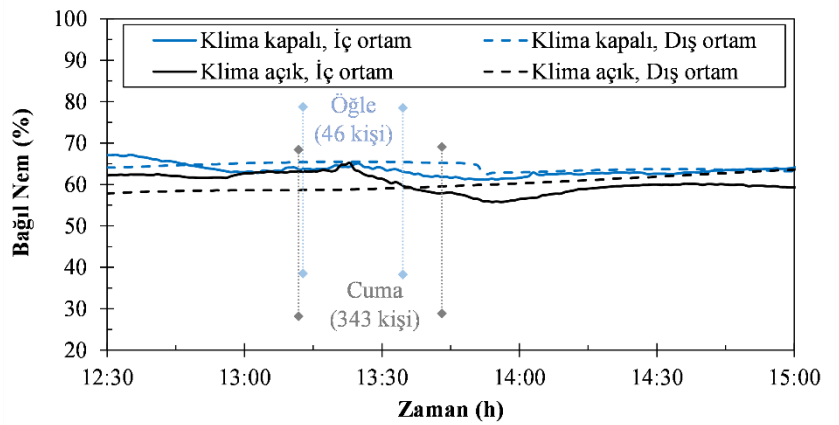
ortalama %48,8 iken en yüksek ortalama bağıl nem sol ön ortamda %53,3 olarak elde edilmiştir. Zemindeki ortalama en yüksek bağıl nem miktarı ise sağ ön bölgede %53,2 olarak ölçülmüştür. Pencerelerin açık olması dış ortam ile iç ortamın farklı noktaları arasındaki ortalama bağıl nem miktarları arasında maksimum %4,5 fark oluşmasını sağlamıştır.



Şekil 3.20. Temmuz ayında zemin ve ortamdaki bağıl nem değişimleri

Klima kullanılan bir Cuma namazı ve klimaların yerine iç ortamın pencerelerle havalandırıldığı bir öğle namazı sırasında iç ve dış ortam bağıl nem miktarındaki değişim Şekil 3.21'de verilmiştir. 46 kişi ile kılınan öğle namazından önce sıcaklık değişimine bağlı olarak dış ortamdan daha yüksek seviyede olan iç ortam bağıl nem miktarı saat 12:45'ten sonra daha düşük duruma gelmiştir. Ancak namazın başlamasının ardından bağıl nem miktarındaki düşüş ortadan kalkarak namaz sonuna doğru iç ve dış ortam bağıl nem miktarı neredeyse eşit seviyeye gelmiştir. Cemaatin büyük çoğunluğu öğle namazının ardından yapılan duadan önce camiyi terk etmeye başladığı için iç ortamda bağıl nem miktarı namaz öncesindeki gibi düşmeye başlamıştır. Cuma günü klimalar saat 12:10 ve 14:05 arasında çalıştırılmış ve tüm pencereler kapatılmıştır. Cemaat namaza ezandan daha önce gelmeye başladığı için camideki bağıl nem miktarı namaz öncesinde artmaya başlamıştır. Cemaatin küçük bir bölümü ezandan önce camiye gelse de çoğu kişi namazın başlama saatinde camiye giriş yaptığı için klimalar nem alma görevini istenildiği şekilde yerine getirememiştir. Buna rağmen %65'e yükselen bağıl nem klimalar sayesinde namazın ortasında düşüş eğilimine geçmiş ve yaklaşık %55'e kadar azalmıştır.

Namazın ardından iç ortam hava sıcaklığı ile orantılı olarak bağıl nem miktarı artmaya başlamış ve yaklaşık %4 artış göstermiştir.

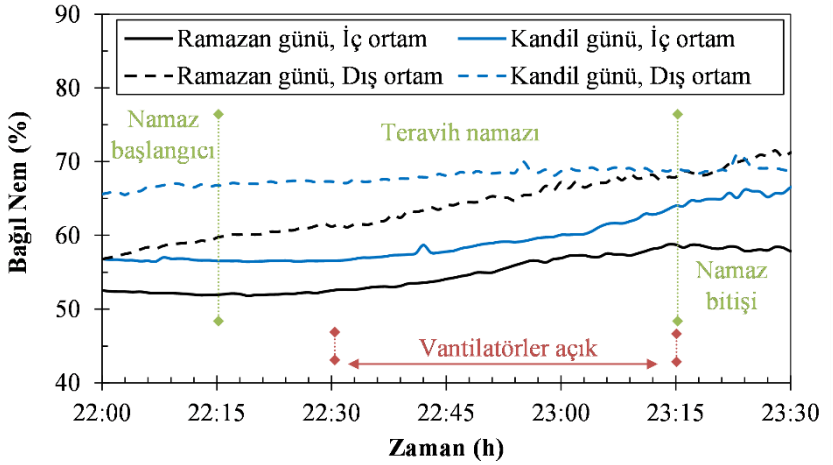


Şekil 3.21. Camide klima kullanım durumunda bağıl nem değişimi

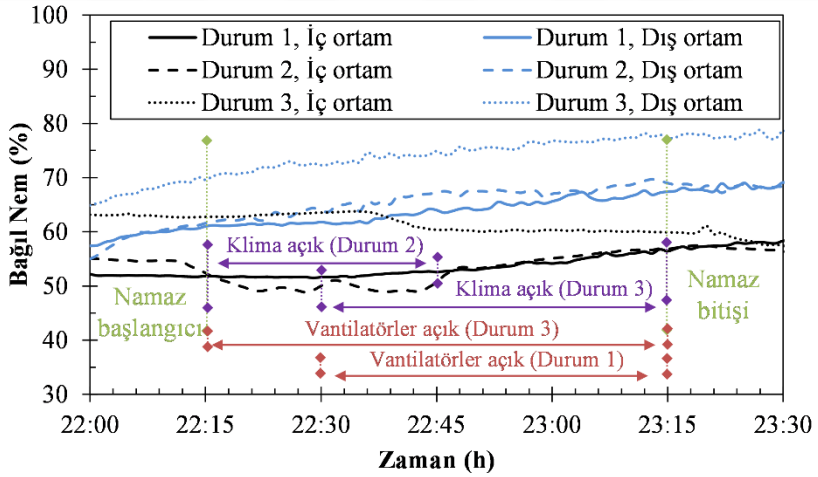
Ramazan ayında kılınan teravih namazları sırasında caminin farklı doluluk oranlarında kullanımı sırasında bağıl nem miktarındaki değişim Şekil 3.22'de verilmiştir. Ramazan günü olarak belirtilen günde cami yaklaşık %40 doluluk oranında kullanılırken Kandil gecesi tam doluluk oranı meydana gelmiştir. Her iki günde de klimalar çalıştırılmazken pencereler sürekli açık ve vantilatörler 22:30 ve 23:15 arasında çalışır durumdadır. Cami tamamen dolmasından itibaren iç ortam bağıl nem miktarı hızla artmıştır. Bu durum, cemaatte bulunan kişilerin terleme ve solunumundan kaynaklanmaktaydı. Cemaat tarafından üretilen nem miktarı %40 doluluk durumunda tam doluluk durumuna göre önemli ölçüde daha düşüktü. İç ortam bağıl nem miktarındaki artışın bir diğer nedeni ise kısmen dış ortam havasının iç ortama sızması idi. Pencerelerin açık olmasının olumsuz etkileri görülse de ölçümler sırasında yüksek bağıl nem miktarı ile ilgili herhangi bir sorun meydana gelmemiştir.

%40 oranında doluluk durumunun gerçekleştiği Teravih namazları sırasında ve Tablo 3.1 ile verilen durumlar altında camideki bağıl nem miktarı değişimi Şekil 3.23 ile verilmiştir. Klimaların açılması, iç ortam havasındaki bağıl nem miktarında %5 ile %10 gibi oranlarda hafif bir düşüş sağlamıştır. Bu durum, yüzey sıcaklıkları çiy noktasının altında olan klimaların soğutucularında buharın yoğuşmasından kaynaklanmıştır. Durum 2'de klima kullanılmayan saatlerdeki bağıl nem değişimi klima kullanılmayan Durum 1'dekine benzerlik göstermekteydi. Ancak Durum 1'de dış ortamdaki bağıl nem miktarı

Durum 2'ye göre hemen hemen %3 daha fazlaydı. İç ortam bağıl nem değişimlerindeki farklılıklara rağmen, araştırılan tüm durumlarda camideki bağıl nem miktarı önerilen sınırların (%30 ile %70) arasında kalmıştır (Tablo 1.2).



Şekil 3.22. Teravih namazlarında doluluk oranının bağıl nem miktarı üzerindeki etkisi

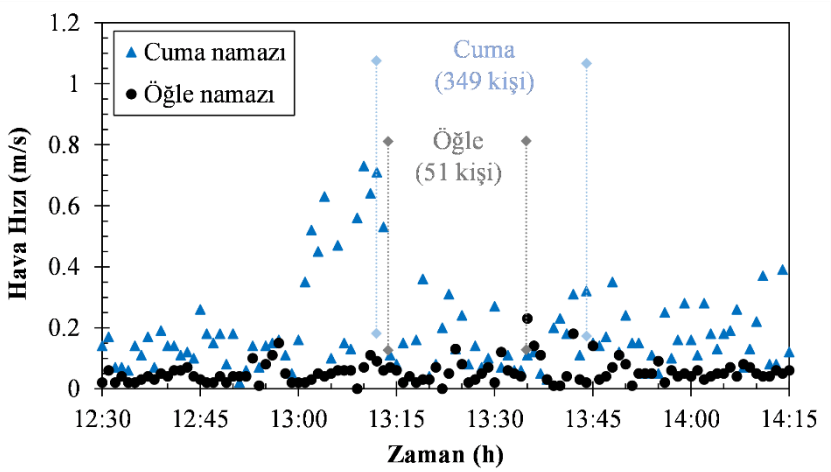


Şekil 3.23. Teravih namazlarında iç ortam bağıl nem değişimi

3.1.2.3. Yaz Sezonunda Hava Hızı

Pencerelerin açık olduğu bir Pazartesi ve Cuma gününde kılınan öğle ve Cuma namazları sırasındaki hava hızı değişimi Şekil 3.24'te verilmiştir. Cuma günü ortalama hava hızı yaklaşık 0,2 m/s iken öğle namazının kılındığı Pazartesi gününde ortalama hava hızı yaklaşık 0,05 m/s olarak belirlenmiştir. Caminin cemaat tarafından kullanılmadığı zamanlarda da pencereler açık olduğu için dış ortam hava hızına ve yönüne bağlı olarak iç ortamdaki hava hızı değişkenlik göstermiştir. Ancak Cuma günü Cuma namazının

öncesinde cemaatin camiyi hızlı bir şekilde doldurması, en yüksek hava hızının (0,74 m/s) gözlemlenmesine neden olmuştur. Pazartesi günü ise öğle namazının öncesinde ve sonrasında cemaatin hareketine bağlı olarak hava hızının arttığı görülmektedir. Öğle namazının bitmesinin ardından en yüksek hava hızı 0,23 m/s olarak ölçülmüştür. Her iki günde de cemaatin namaz sırasında yapmış olduğu aktiviteler hava hızını büyük ölçüde etkilememiş olup namazdan önce ve sonra cemaatin camiye girdiği ve çıktığı zamanlarda hava hızının arttığı belirlenmiştir.

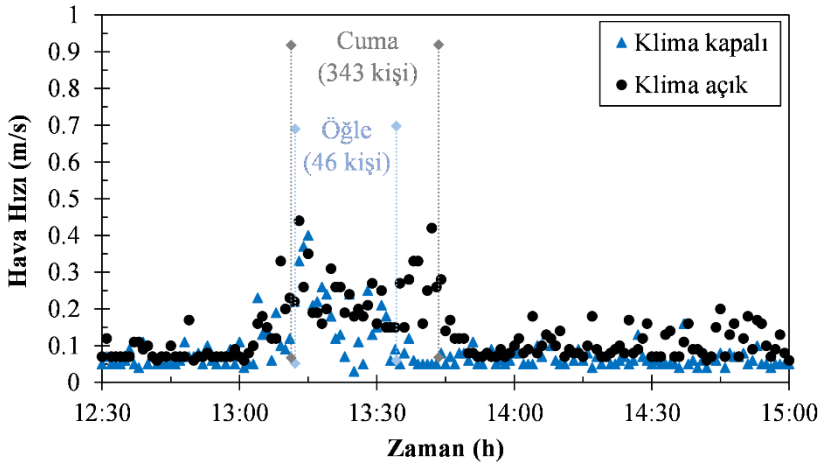


Şekil 3.24. Soğutma sezonunda pencereler açık durumda hava hızı değişimi

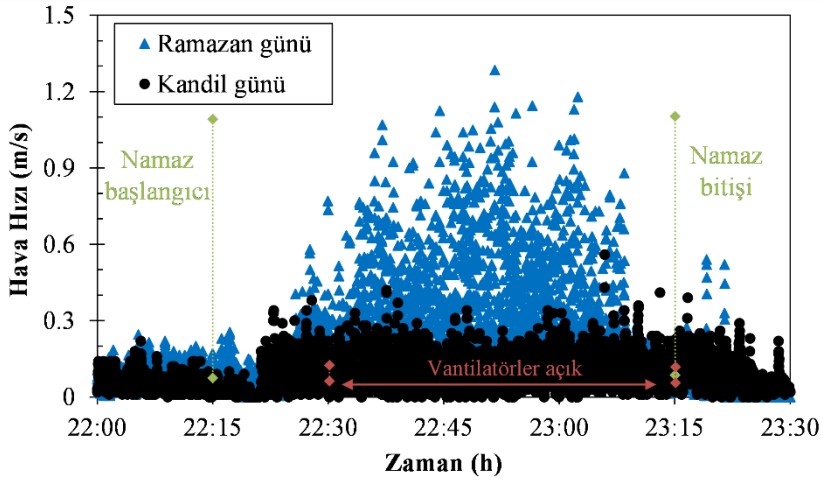
Klima kullanılan ve kullanılmayan Cuma ve öğle namazlarında hava hızının cemaatin camiye girişi ve çıkışı sırasında meydana geldiği Şekil 3.25'te görülmektedir. Şekil 3.24'te verilen Cuma günü klima kullanımının olmadığı ve pencerelerin açık olduğu Cuma namazı vaktinde 0,74 m/s olarak belirlenen maksimum hava hızı klimaların çalıştırılarak pencerelerin kapatıldığı durumda 0,44 m/s olarak elde edilmiştir. Cuma namazında camiye gelen kişi sayısı öğle namazından 297 daha fazla olmasına rağmen pencerelerin kapalı olması ve gelen kişilerin büyük iç ortam hacminde ölçüm cihazından uzak bölgelere oturması nedeniyle namaz başlangıcında öğle namazına yakın hava hızı değeri elde edilmiştir. Ancak öğle namazında az sayıdaki kişinin camiyi terk etmesi sırasında 0,26 m/s olarak ölçülen hava hızı Cuma namazı sonrasında 0,42 m/s olarak belirlenmiştir. Öğle namazının kılındığı salı günü 12:30 ve 15:00 arasında ortalama hava hızı 0,09 m/s iken Cuma günü aynı saatlerde 0,13 m/s olarak tespit edilmiştir.

Şekil 3.26'ya göre Ramazan ayında kılınan Teravih namazı sırasında %40 doluluk oranının sağlandığı (Ramazan günü) durumda tam doluluk oranının sağlandığı (Kandil

günü) duruma göre iç ortamda daha yüksek hava hızı elde edilmiştir. Namazlar sırasında hava hızındaki dalgalanmalar vantilatörün 0° ile 180° arasındaki yatay yöndeki dönüşünden kaynaklanmıştır. Cemaat sayısının artması işgal edilen alandaki hava akışını yavaşlatmış ve tam doluluk durumunda ortalama hava hızının 0,11 m/s olduğu tespit edilmiştir. %40 doluluk oranında ise ortalama hava hızı 0,25 m/s olmuştur. Bu durum hava akışına engel teşkil eden çok sayıdaki insandan kaynaklanmıştır. Düşük doluluk durumunda cemaati oluşturan kişilerin daha geniş aralıklarla ibadetlerini gerçekleştirmesi, camide havanın daha serbest bir şekilde hareket etmesine olanak tanımıştır. Bu durum, maksimum hava hızının 0,5 m/s'den 1,3 m/s'ye kadar yükselmesine neden olmuştur.



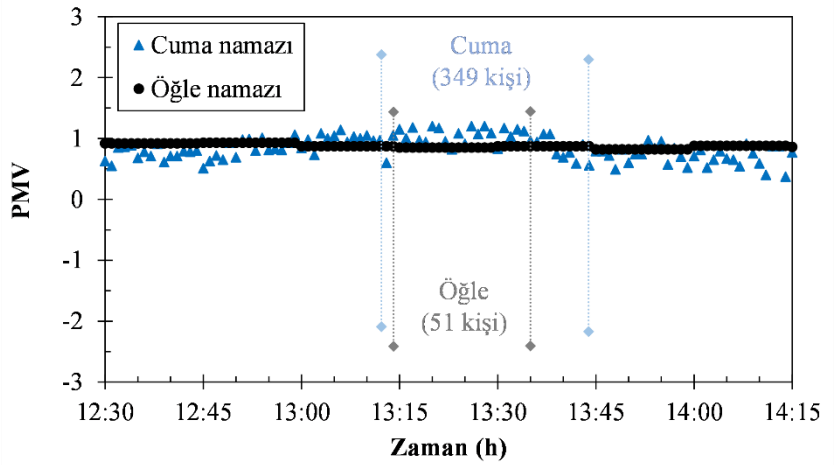
Şekil 3.25. Camide klima kullanım durumuna göre iç ortam hava hızı değişimi



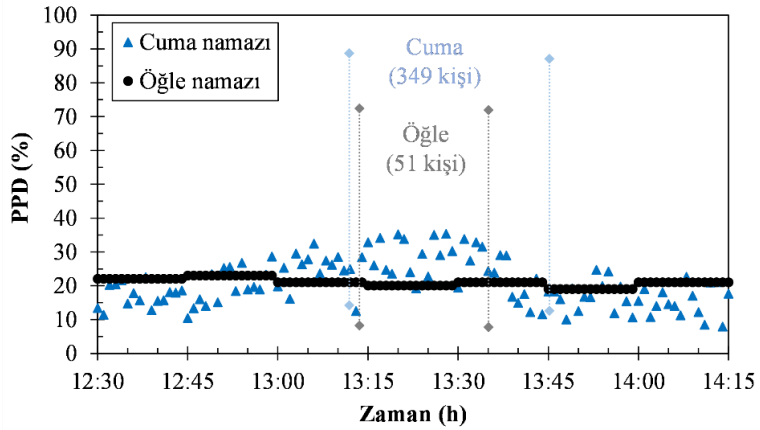
Şekil 3.26. Teravih namazlarında doluluk oranının hava hızı üzerindeki etkisi

3.1.2.4. Yaz Sezonunda Isıl Konfor İndeksleri

Ağustos ayında bir Cuma günü Cuma namazı ve bir Pazartesi günü öğle namazı sırasındaki PMV ve PPD indekslerindeki değişim Şekil 3.27'de verilmiştir. Her iki günde de 12:30 ve 14:15 arasında pencereler açık bırakılmıştır. Doluluk oranı cuma namazı sırasında %100'e ulaşırken öğle namazı sırasında yaklaşık %15 olarak tespit edilmiştir. Klimaların kullanılmaması, dış ortam havasının açık olan pencereler vasıtasıyla doğrudan iç ortam havasına karışması ve dış ortam sıcaklığının her iki gün için de yüksek olması sebebiyle iç ortamdaki memnuniyetsizlik seviyesi %35'e kadar artmıştır. Cuma namazının öğle namazına göre daha yüksek doluluk oranında kılınması Cuma namazındaki memnuniyetsizlik oranının artmasına sebep olmuştur. Öğle namazına katılan 51 kişinin konfor indeksleri üzerinde belirgin bir etkisi görülmemiş ve PMV ve PPD indeksleri sırasıyla ortalama 1 ve %20 civarında sabit kalmıştır. Cuma namazında ise 0,5 olan PMV değeri namaz sırasında yaklaşık 1,3'e kadar çıkmış ve cemaatin camiyi terk etmesinin ardından (14:15) yaklaşık 0,25'e kadar düşmüştür. PMV değerindeki değişim ortamdaki memnuniyetsizlik oranını temsil eden PPD değerini de etkilemiş ve namazda %35'e kadar çıkan PPD değeri namazın ardından %8'e kadar gerilemiştir. Şekil 3.24 göz önüne alındığında ortamdaki hava hızı değişimlerinin özellikle namaz dışındaki vakitlerde doğrudan PMV ve PPD üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.27. Soğutma sezonunda pencereler açık durumda ısıl konfor indeksleri

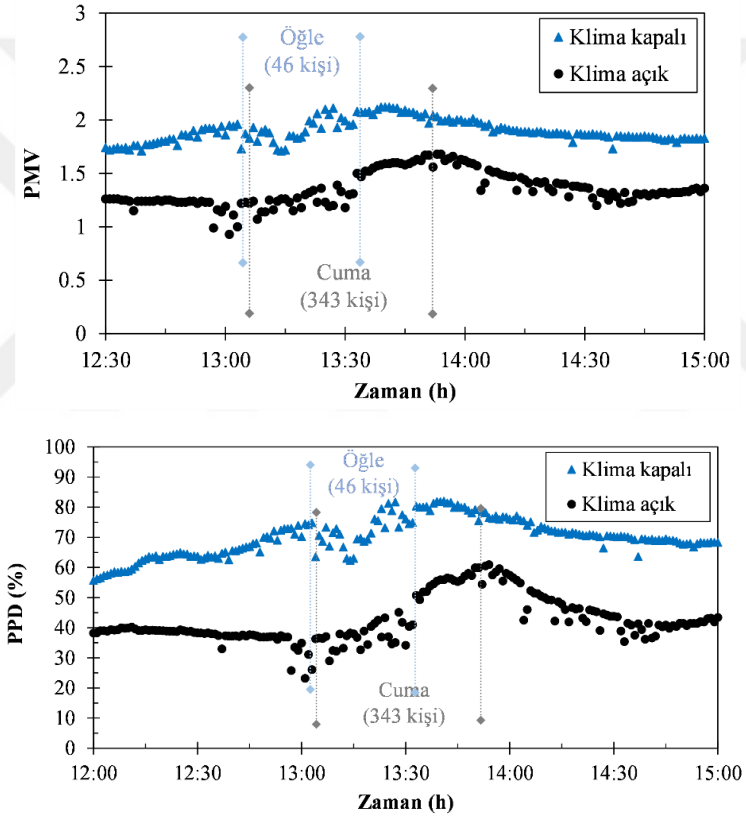


Şekil 3.27. (Devamı) Soğutma sezonunda pencereler açık durumda ısıl konfor indeksleri

Klima kullanım durumuna göre caminin iç ortamındaki ısıl konfor indekslerinin değişimi Şekil 3.28'de verilmiştir. Klimaların kapalı olduğu durumda yaklaşık 0,75 olan PMV değeri öğle namazının başlangıcına kadar artış göstermiş olup camiye gelen cemaatin iç ortam havasını hareketlendirmesi ile 1,75 değerine kadar gerilemiştir. Ancak PMV öğle namazının sonuna kadar yaklaşık 2,1 değerine ulaşmış ve cemaatin camiyi terk etmesi sırasında 1,8 değerine gerilemiştir. Hava hareketinin azalması ile PMV değeri tekrar artış göstermiş ancak öğle saatlerinden sonra düşüş eğilimine geçmiştir. Dolayısıyla öğle namazından önce hava sıcaklığının artması ile birlikte memnuniyetsizlik oranı %55'ten %75'e kadar artmış ve namaz sırasında artıp azalmasında rağmen ortalama oran yaklaşık %75 civarında kalmıştır. Öğle namazının ardından %85'e kadar artan PPD değeri saat 15:00'e kadar %70'e düşmüştür. Bu durum yaz sezonunda dış ortam sıcaklığının yüksek olduğu gündüz saatlerinde pencere açılmasının yetersiz olduğunu göstermiştir. Cuma gününde klima kullanımı söz konusu olduğu için PMV ve PPD değerleri Cuma namazından önce ortalama 1,25 ve %40 civarında iken namazın sonunda 1,6 ve %60'a kadar bir artış gözlenmiştir. Namazın sona ermesi ve cemaatin camiden ayrılması ile birlikte klimalar etkisini göstermeye başlamış ve camideki şartlar namazdan önceki duruma doğru iyileşme göstermiştir. Ancak klima kullanılan ve kullanılmayan her iki durum için de namazlar sırasında elde edilen PMV ve PPD değerleri istenilen konfor şartlarının sağlanamadığını göstermiştir.

Yaz sezonundaki Ramazan ayında Teravih namazları sırasında elde edilen PMV ve PPD değerleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Tablo 3.2'de verilen durumlar için klima, vantilatör ve pencere kullanımları daha önce Tablo 3.1'de verilmiştir. Kandil gecesi %100 doluluk

oranında ve sıradan bir Ramazan gecesinde %40 doluluk oranında kılınan Teravih namazları sırasında elde edilen PMV değerleri arasında 0,4 ve PPD değerleri arasında %17 fark elde edilmiştir. Öte yandan klima kullanılan Durum 2 ile benzer koşullar altında klima kullanılmayan Durum 1b arasındaki PMV ve PPD farkı 0,27 ve %10 olmuştur. Dolayısıyla camide %40 doluluk oranının sağlandığı ve cemaatin 45 dk camide kaldığı durumda klimanın memnuniyetsizlik oranı üzerinde %10 etkisi bulunmuştur. Klima ve vantilatörlerin açık olduğu Durum 3'te, sadece klimaların açık olduğu Durum 2'ye göre PPD değeri %7 daha fazla olmuştur. Bu durum, Durum 3'te ortamdaki sıcaklık ve bağıl nem miktarının Durum 2'den daha yüksek olmasından kaynaklanmıştır.



Şekil 3.28. Klima kullanım durumuna göre iç ortamdaki ısıl konfor indeksleri değişimi

Tablo 3.2. Teravih namazlarında ortalama ısıl konfor değerleri

Durumlar	Doluluk oranı (%)	İç ortam sıcaklığı (°C)	İç ortam bağıl nemi (%)	PMV* (-)	PPD* (%)
Durum 1a	100	26,7	58	1,3	40
Durum 1b	40	26,4	55	0,9	23
Durum 2	40	25,3	52	0,63	13
Durum 3	40	26,7	61	0,85	20

*PMV ve PPD değerleri teravih namazlarında caminin aktif olarak kullanıldığı 22:30 ve 23:15 saatleri arasındaki parametrelerden elde edilmiştir.

3.1.3. Pandemi Önlemlerinin Camideki Isıl Konfor Üzerindeki Etkisi

Diyanet İşleri Başkanlığı Covid-19 salgınının ülke genelindeki etkilerine bağlı olarak camilerde toplu halde ibadet edilmemesi veya camilere maskesiz girilmemesi gibi bazı önlemlerin alınmasını kararlaştırmıştır. Özellikle cemaatin camide uzun vakit geçirmesini gerektiren Teravih namazlarının camide kılınmaması, Teravih namazlarının yerine sadece yatsı namazlarının camide kılınması 2021 yılının Ramazan ayında alınan önlemlerden biridir. Ayrıca camiye taze hava girişinin engellenmemesi için vantilatörlerin ve klimaların kullanımı pandemi sürecinde kısıtlanmıştır. Caminin kullanım koşullarındaki bu değişikliklere dayanarak Tablo 3.1 ve 3.2'de verilen Teravih namazlarındaki caminin kullanım durumlarında elde edilen ısıl konfor parametreleri Covid-19 salgını döneminde elde edilen verilerle kıyaslanmıştır. Tablo 3.3'te görüldüğü gibi pandemi sürecinin toplum üzerindeki etkisi ve Teravih namazının camide kılınmaması nedeniyle doluluk oranı ortalama %10'a kadar düşmüştür.

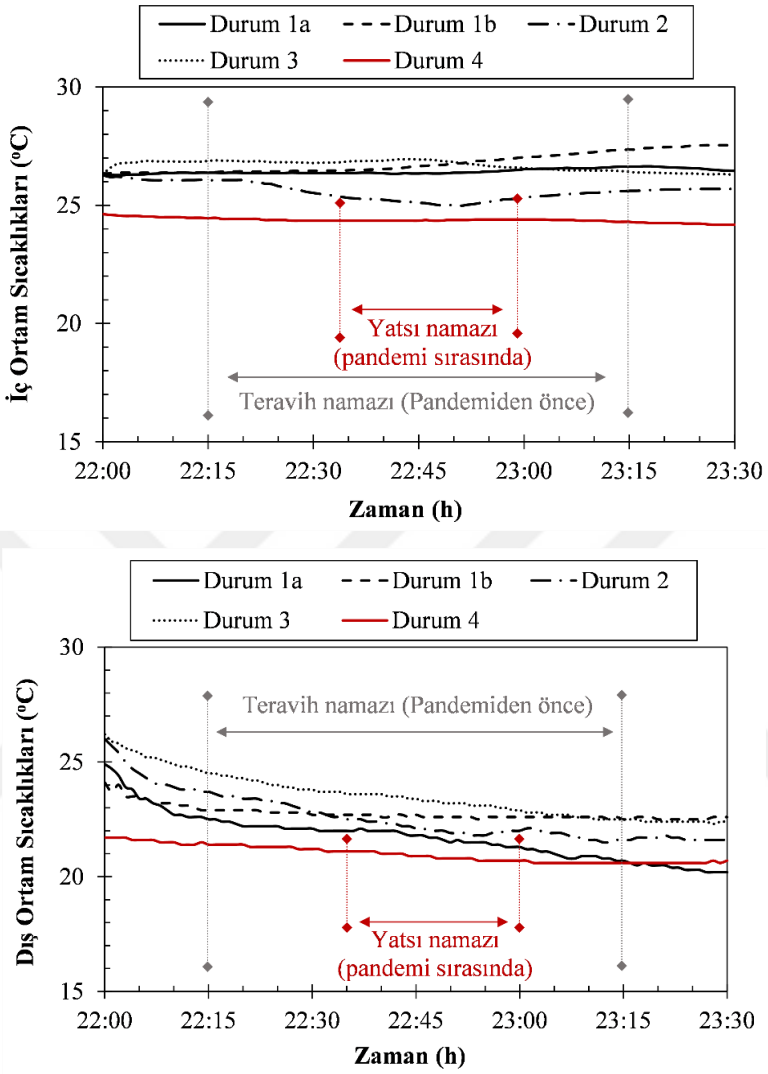
Tablo 3.3. Pandemi öncesi ve sırasında klima, vantilatör ve pencerelerin durumu

		Doluluk Oranı (%)	Klimalar	Vantilatörler	Pencereler
Pandemiden önce	Durum 1a	40	Kapalı	Açık (22:30 – 23:15)	Açık (22:15 – 23:15)
	Durum 1b	100	Kapalı	Açık (22:30 – 23:15)	Açık (22:15 – 23:15)
	Durum 2	40	Açık (22:15 – 22:45)	Kapalı	Kapalı
	Durum 3	40	Açık (22:30 – 23:15)	Açık (22:15 – 23:15)	Kapalı
Pandemi sırasında	Durum 4	10	Kapalı	Kapalı	Açık (22:35-23:00)

3.1.3.1. Pandemide İç Hava Sıcaklığı

Şekil 3.29 pandemi öncesi ve sırasındaki dış ve iç ortam hava sıcaklıklarını göstermektedir. Durum 1a, 1b, 2 ve 3'te (pandemiden önce) maksimum ve minimum dış ortam sıcaklıkları arasındaki farklar sırasıyla 4,7, 1,6, 4,5 ve 3,9^{o}C iken, pandemi döneminde yapılan ölçümde (Durum 4) kaydedilen fark sadece 1,1^{o}C idi. Benzer şekilde maksimum ve minimum iç ortam hava sıcaklıkları arasındaki fark pandemi öncesinde Durum 1a, 1b, 2 ve 3 için 0,4, 1,2, 1,3, 0,7^{o}C iken, pandemi sırasındaki Durum 4 için

0,3°C idi. Bu duruma Durum 4'te dış ortamdaki sıcaklık farkının diğer günlere göre daha düşük olması ve namaz süresinin daha kısa olması neden olmuştur.



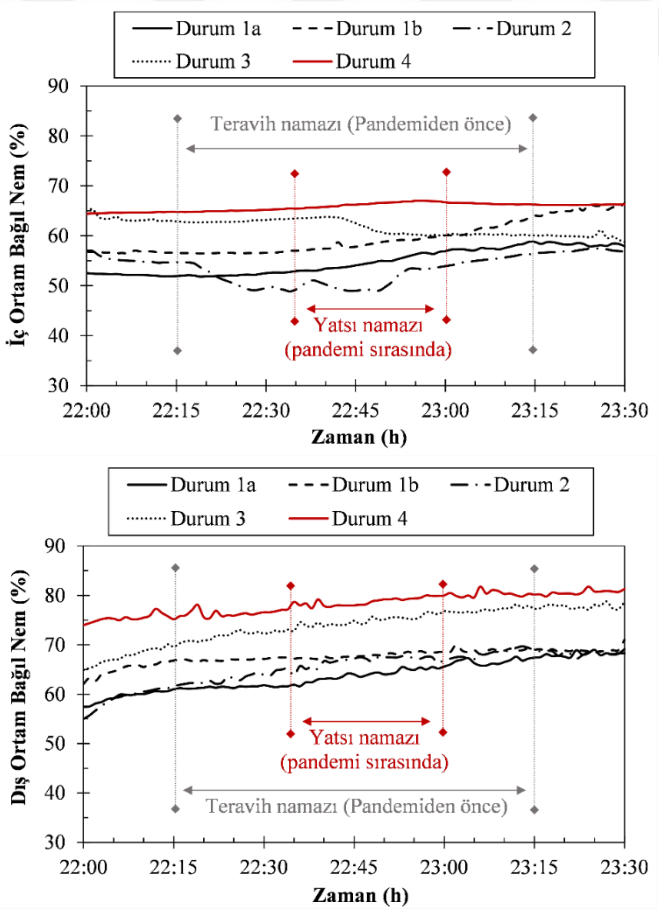
Şekil 3.29. Pandemi öncesi ve sırasında iç ve dış ortam sıcaklığı değişimleri

Pencerelerin açık olduğu durumlarda (Durum 1a, 1b ve 4) minimum iç hava sıcaklıkları sırasıyla 26,2, 26,3 ve 24,2°C, maksimum sıcaklıklar ise 26,6, 27,6 ve 24,6°C olmuştur. Dikkat edilirse pandemide kılınan yatsı namazı sırasında iç hava sıcaklığı önemli ölçüde değişmemiştir. Durum 4'te gözlemlenen bu durum, pencereler kapalı olduğu için dış ortam koşullarının ve klimaların etkisiyle %40 gibi daha yüksek doluluğa rağmen iç hava sıcaklığının düştüğü pandemiden önceki Durum 2 ve 3 ile çelişmektedir. Ancak Durum 4'teki düşük sıcaklık farkının nedenleri, doluluk oranının düşük olması (%10, yani düşük ısı kazanımları), dış hava sıcaklığındaki değişimin az olması ve klimaların

kullanılmaması olarak sıralanabilir. Bu bulgular ışığında, sıcaklık değişiminin namaz süresinin kısa tutulması ve doluluk oranının düşmesi sebepleriyle azalması ve pencereler açık olduğu için dış ortamdaki değişimlerin iç ortama yansıması pandemi sürecinde alınan tedbirlerin camideki iç ortam sıcaklığı üzerindeki etkileri olarak gösterilebilir.

3.1.3.2. Pandemide Bağıl Nem

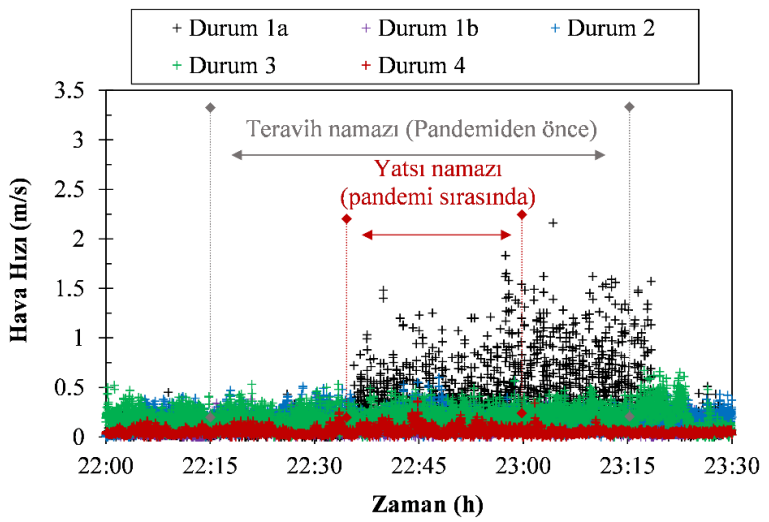
İç ortam hava sıcaklıkları ile eş zamanlı olarak ölçülen bağıl nem miktarı Şekil 3.30'da verilmiştir. En yüksek dış ortam (%82) ve iç ortam (%67) bağıl nemi pandemi sırasında Durum 4'te gözlenmiştir. %10 gibi düşük doluluk oranı nedeniyle insanlardan kaynaklanan nem artışı diğer doluluk oranlarına göre daha küçüktür. Ayrıca, pencerelerin açık tutulduğu Durum 1a, 1b ve 4 için ortalama iç ve dış ortam bağıl nem oranları sırasıyla 0,86, 0,88 ve 0,84 idi. Bu veriler, pencerelerin açık olduğu durumlarda, dış ortam havasının sahip olduğu bağıl nemin iç ortamı etkileyen ana faktör olduğunu göstermiştir. Ayrıca cemaat sayısının azalması, iç ortamdaki bağıl nemi daha az etkilemiştir.



Şekil 3.30. Pandemi öncesi ve sırasında iç ve dış ortam bağıl nem değişimleri

3.1.3.3. Pandemide Hava Hızı

Şekil 3.31 pandemi öncesi ve sırasında ölçülen iç ortamdaki hava hızını göstermektedir. En yüksek hava hızı 2,2 m/s olarak Durum 1a'da pencereler ve vantilatörler açıkken elde edilmiştir. Ortalama hava hızları Durum 1a, 1b, 2 ve 3'te (pandemiden önce) sırasıyla 0,11, 0,25, 0,17 ve 0,31 m/s idi. Durum 4'te ortalama hava hızı ise 0,1 m/s civarındaydı ve Durum 1b hariç diğer tüm durumlardan önemli ölçüde daha azdı. Bu düşüş, vantilatörlerin ve klimaların kapatılmasından ve camideki insan sayısının daha az olmasından kaynaklanmıştır. Durum 4'teki maksimum hava hızı, muhtemelen ölçüm cihazının sensörüne yakın olan kişilerin anlık hareketinden kaynaklanmış ve 0,4 m/s olarak ölçülmüştür. Bu veriler, vantilatörlerin ve klimaların kapatılması gibi pandemi önlemlerinin ve doluluk oranının düşük olmasının daha az hava hareketine yol açtığını göstermiştir. Hava hareketinin düşük olması ise koronavirüs hastalığının bulaşma hızının daha düşük olması ve iç ortamda daha sıcak bir ısıl hissiyatın oluşması ile sonuçlanabilir.



Şekil 3.31. Pandemi öncesi ve sırasında iç ortam hava hızı değişimleri

3.1.3.4. Pandemide Isıl Konfor İndeksleri

Covid-19 salgını öncesinde ve sırasında ibadet anında elde edilen maksimum, minimum ve ortalama ısıl konfor indekslerine ait bulgular Tablo 3.4'te verilmiştir. Pandemiden önce en iyi ısıl koşullar Durum 2'de klima açık ve camlar kapalı olarak sağlanmıştır. Bu durumda PMV ve PPD sırasıyla 0,63 ve %13 idi. En yüksek PMV ve PPD değerleri (1,3 ve %40) Durum 1a'da klimalar kapalı, vantilatörler ve pencereler açıkken elde edilmiştir.

Tablo 3.4. Pandemi öncesi ve sırasında camideki ısıl konfor parametreleri

		Pandemiden önce (2019)				Pandemi sırasında (2020)
Durumlar* (Doluluk oranı, %)		**Durum 1a (%40)**	**Durum 1b (%100)**	**Durum 2 (%40)**	**Durum 3 (%40)**	**Durum 4 (%10)**
Dış Ortam Sıcaklığı (ºC)	Mak.	24,9	24,1	26	26,2	21,7
	Min.	20,2	22,5	21,5	22,3	20,6
	Ort.	22,6±0,8	21,9±1,5	22,2±1,5	23,3±0,7	20,9±0,4
İç Ortam Sıcaklığı (ºC)	Mak.	26,64	27,56	26,28	26,96	24,63
	Min.	26,24	26,34	24,98	26,29	24,18
	Ort.	26,7±0,3	26,4±0,1	25,3±0,2	26,7±0,2	24,4±0,1
Dış Ortam Bağıl Nemi (%)	Mak.	69,1	71	69,7	78,8	81,8
	Min.	57,4	62,1	55	64,9	74
	Ort.	68,1±2	64,0±5	66,3±4	74,7±3	78,3±2
İç Ortam Bağıl Nemi (%)	Mak.	58,8	66,5	57,5	65,3	67
	Min.	51,8	56,4	48,9	58,7	64,4
	Ort.	58±2	55±2	52±3	61±1	66±1
Hava Hızı (m/s)	Mak.	2,2	0,6	0,6	0,7	0,4
	Min.	0	0	0	0	0
	Ort.	0,11±0,06	0,25±0,29	0,17±0,08	0,31±0,24	0,1±0,03
PMV ** **(-)**	Ort.	1,3	0,9	0,63	0,85	0,82
PPD ** **(%)**	Ort.	40	23	13	20	19

*Bu tablo (Yüksel ve diğ., 2020; 2022) referanslarından uyarlanmıştır.
**Değerlendirme saati aralıkları Durum 4 için 22:35-23:00 ve diğer durumlar için 22:30-23:15 'dir.

Her iki durumda da doluluk %40 ve dış hava sıcaklığı benzerdi. Bu da iklimlendirme sistemlerinin camideki ısıl konfor üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Pandemi döneminde (Durum 4), PMV ve PPD değerleri sırasıyla 0,82 ve %19 idi ve bu değerler kabul edilebilir düzeyde ancak mükemmel olmayan ısıl koşulları temsil etmektedir. Camideki iç ortamın, düşük hava hızına sahipken nispeten yüksek sıcaklığa ve bağıl neme sahip olması bu duruma sebep olmuştur. Pandemi sırasında ortam sıcaklığı, açık pencerelere ve düşük doluluk oranlarına yani düşük ısı kazanımlarına rağmen yüksekti. Elde edilen bulgular pandemi sırasında gece saatlerinde kılınan namazlarda klima kapalıyken bile kabul edilebilir ısıl koşullara ulaşılabileceğini ve mükemmel konfor koşullarının pencereler açıkken bile klima olmadan elde edilmesinin zor olabileceğini göstermektedir.

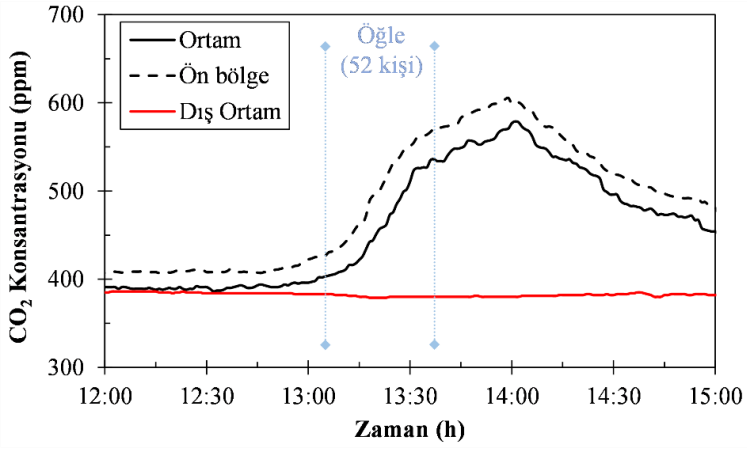
3.2. Camideki İç Hava Kalitesi

Çalışmada ısıl konfor parametreleri ile birlikte farklı koşullar altında Hacı Hasan Sert Cami'deki iç hava kalitesi incelenmiştir. CO_2 ve partikül madde ($PM_{2,5}$ ve PM_{10})

konsantrasyonlarının değişimlerine odaklanılarak elde edilen bulgular bu bölümde verilmiştir.

3.2.1. Camideki CO_2 Konsantrasyonları

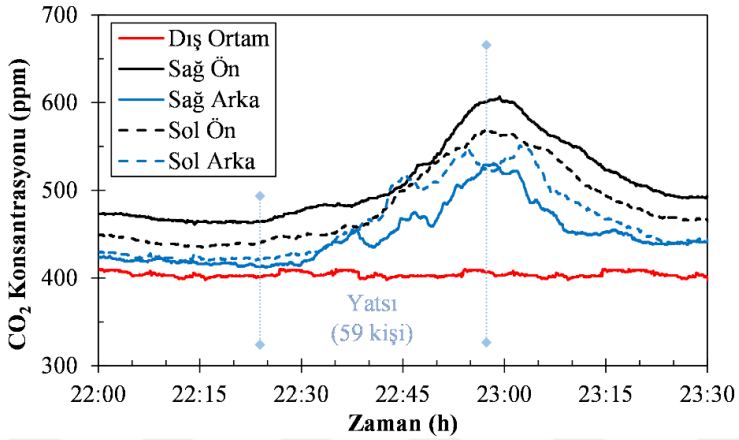
Vakit namazlarının kılındığı Mart ayının sıradan bir gününde öğle namazı sırasında caminin ön bölgesinde ve diğer bölgelerindeki ortalama CO_2 konsantrasyonu Şekil 3.32'de verilmiştir. Namazlarda cemaatin caminin ön bölgesinden başlayarak sırasıyla arka bölgelere doğru yerleşmesi söz konusu olduğu için bu şekilde bir kıyaslama yapılmıştır. Çalışmanın yürütüldüğü gün pencereler ve iklimlendirme sistemleri kapalı durumdadır. Dış ortamdaki CO_2 konsantrasyonu neredeyse stabil kalmış ve ortalama 393 ppm olarak belirlenmiştir. Bu şartlar altında namazdan önce caminin ön bölgesinde ve farklı bölgelerden elde edilen ortalama iç ortam CO_2 konsantrasyonları arasında ortalama 19 ppm fark gözlemlenmiştir. Bu fark, sabah namazının ardından camide büyük ölçüde hava hareketinin oluşmaması nedeniyle öğle namazına kadar CO_2'in ortamdaki hava içerisinde homojen olarak karışmadığını göstermiştir. Öğle namazı sırasında da ön bölgenin CO_2 konsantrasyonu değeri iç ortam genelinden daha yüksek olmuş ve namaz sonunda 550 ppm'i geçmiştir. Namaz tamamlandıktan sonra cemaatin bir kısmı (16 kişi) camiyi hemen terk etmediği için CO_2 konsantrasyonu artmaya devam etmiş ve ön bölgede 600 ppm'e ulaşmıştır.



Şekil 3.32. Öğle namazında ön bölge ve ortamdaki CO_2 konsantrasyonu değişimi

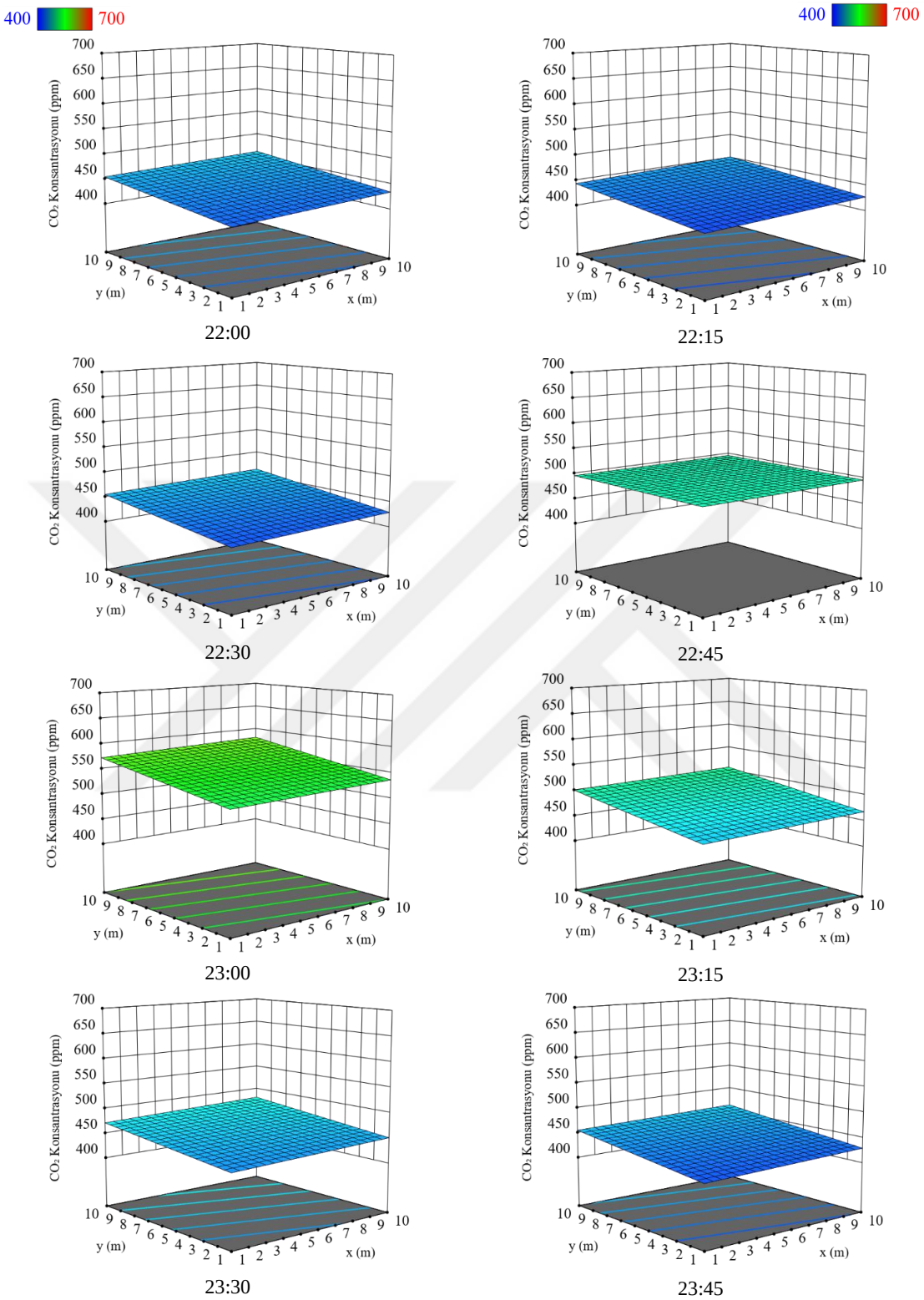
59 kişinin katılım gösterdiği yatsı namazı sırasında iç ortamın farklı bölgelerindeki CO_2 konsantrasyonu değişimi Şekil 3.33'te verilmiştir. Pencerelerin kapalı olduğu deney gününde gün içerisinde vakit namazları sırasında cemaatin caminin ön bölgesini

kullanması sebebiyle yatsı namazından önce caminin ön bölümünde CO_2 konsantrasyonu arka bölümlere göre daha yüksektir. Ortalama dış ortam CO_2 konsantrasyonu 404 ppm iken iç ortamda maksimum konsantrasyon miktarı caminin sağ ön bölgesinde 601 ppm olarak tespit edilmiştir. En düşük CO_2 konsantrasyonu ise camide en az kişinin bulunduğu sağ arka bölgede görülmüştür. Camideki CO_2 konsantrasyonu dağılımı yaklaşık 30 dk sonra stabil hale gelmiştir. Ancak pencereler kapalı olduğu için dış ortamdaki konsantrasyon seviyesine kadar düşüş gerçekleşmemiştir.



Şekil 3.33. Vakit namazında bölgesel CO_2 konsantrasyonu değişimi

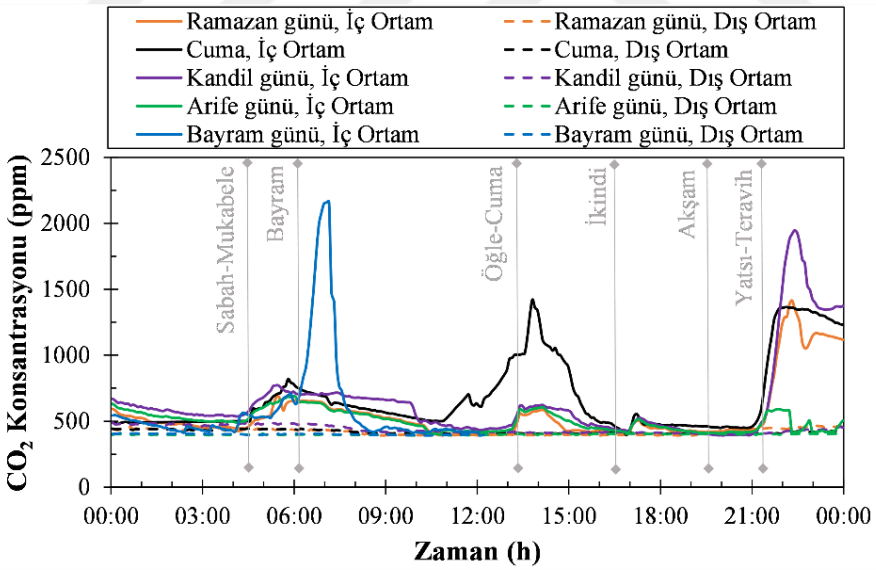
Pandeminin etkin olduğu bir günün yatsı namazında ise elde edilen zamana bağlı CO_2 konsantrasyonu dağılımı Şekil 3.34'te gösterilmiştir. Şekilde (0,0) koordinatları caminin sol arka, (10,10) koordinatları ise caminin sağ ön bölgesini temsil etmektedir. 48 kişinin katılım gösterdiği yatsı namazından önce caminin ön bölgesinde arka bölgesine göre yaklaşık 20 ppm daha yüksek konsantrasyon değerleri elde edilirken pandemi önlemleri kapsamında cemaatin camide aralıklı şekilde konumlanması namaz sırasında ortamda homojen bir dağılım elde edilmesini sağlamıştır. Namaz sırasında ortalama 495 ppm'e yükselen CO_2 konsantrasyonu, ön bölgedeki cemaatin camiden daha geç ayrılması sebebiyle 23:00 civarında ön bölgede daha fazla artış göstermiş ve 580 ppm'e kadar çıkmıştır. Ancak aynı saatlerde caminin arka bölümündeki konsantrasyon miktarı ön bölgeye göre yaklaşık 50 ppm daha düşük seviyededir. Beklendiği gibi caminin boşalması ile birlikte CO_2 konsantrasyonu seviyesinde düşüş meydana gelmiş ve ortalama 440 ppm'e kadar azalmıştır.



Şekil 3.34. İç ortamdaki bölgesel CO_2 konsantrasyonu dağılımı

Kış aylarının sonlarına tekabül eden Ramazan ayında Cuma namazı dışında pencerelerin genellikle kapalı tutulduğu durumda caminin iç ortamında elde edilen CO_2

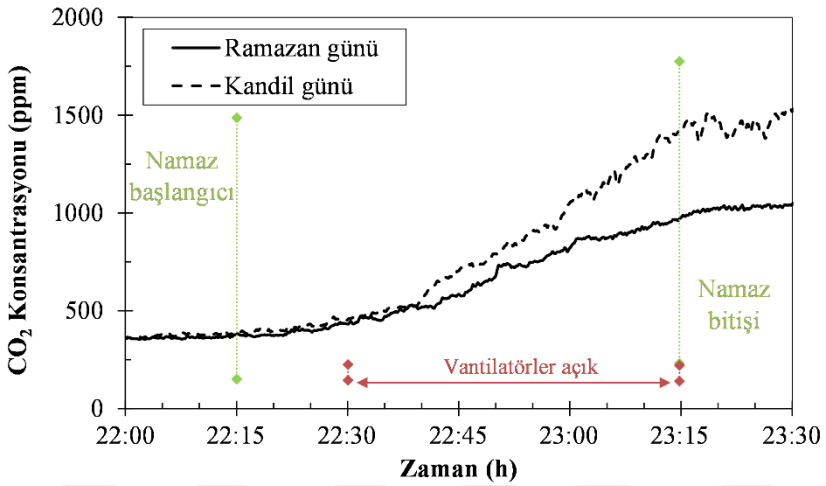
konsantrasyonları Şekil 3.35'te verilmiştir. Deney günlerinde vakit namazları ortalama %15, Bayram namazı ve Cuma namazı %100 doluluk oranında kılınmıştır. %55 doluluk oranında kılınan Teravih namazları ise Kandil gecesi %100 doluluk oranında kılınmıştır. Deney günlerinde dış ortam CO_2 konsantrasyonu tüm günlerde ortalama 450 ppm civarında idi. Cuma günü Cuma namazı sırasında pencereler açık olmasında rağmen doluluk oranı yüksek olduğu için CO_2 konsantrasyonu 1500 ppm'e kadar yükselmiştir. Teravih namazlarında %55 doluluk oranında ise pencereler kapalı olduğu için CO_2 miktarı 1300 ppm'e kadar artmıştır. Teravih namazının kılınmadığı Arife gününde yatsı namazında %15 doluluk oranı sağlandığı için CO_2 konsantrasyonu en fazla 650 ppm'e yükselmiştir. Bayram namazında ise tam doluluk oranında pencereler kapalı olduğu için 2200 ppm'e kadar yükselen CO_2 konsantrasyonu namazın hemen ardından pencereler açıldığı için dış ortamdaki konsantrasyon miktarına kadar düşüş göstermiştir. Sabah namazlarından sonra mukabele için cemaatin camide saat 07:00'ye kadar bulunması ve pencerelerin kapalı olmasından dolayı 750 ppm'e kadar yükselen CO_2 miktarının azalması yavaş olmuş ve saat 10:00'dan sonra dış ortam şartlarına yaklaşmıştır.



Şekil 3.35. Isıtma sezonunun Ramazan ayında CO_2 konsantrasyonu değişimi

Şekil 3.36 soğutma sezonundaki Teravih namazlarında %40 ve %100 doluluk oranları için iç ortamdaki CO_2 konsantrasyonu değişimini göstermektedir. Her iki günde de pencereler sürekli açıkken vantilatörler 22:30'da açılmış ve namaz sonuna kadar çalıştırılmıştır. %40 doluluk oranının sağlandığı sıradan bir Teravih namazı sırasında ortamdaki CO_2 konsantrasyonu miktarı 1000 ppm'e kadar çıkmıştır. Bu konsantrasyon

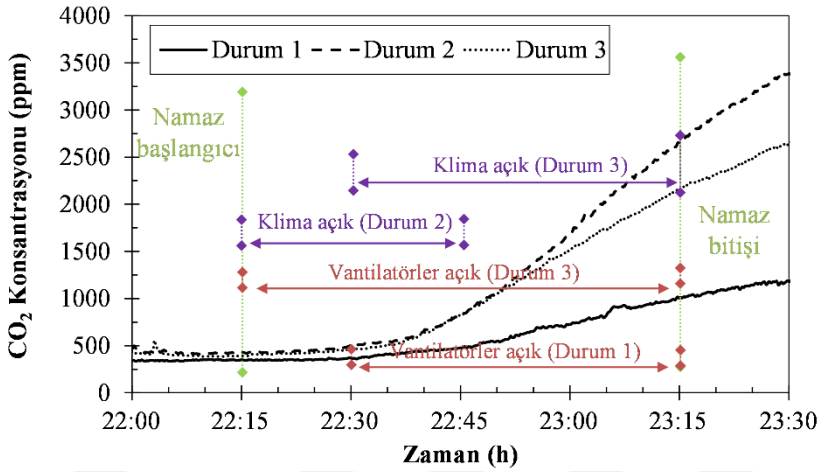
miktarı tam doluluk durumunun yaşandığı Kandil gecesinde kılınan Teravih namazında 1500 ppm'e ulaşmıştır. Kentsel yerleşim bölgeleri için dış ortam CO_2 konsantrasyonu yaklaşık 450 ppm civarındadır. Buna rağmen pencerelerin açık olması da dikkate alındığında elde edilen 1500 ppm'lik seviyelerin bir iç ortam için yüksek seviyeler olduğu ve yüksek doluluk oranlarında pencerelerin açılmasıyla doğal havalandırmanın sağlanmasının yetersiz kaldığı belirlenmiştir.



Şekil 3.36. Doluluk oranının CO_2 konsantrasyonu üzerindeki etkisi

%40 doluluk oranı için Ramazan ayında gerçekleştirilen Teravih namazları sırasında iç ortamdaki CO_2 konsantrasyonlarının klima, vantilatör ve pencerelerin Tablo 3.1'de verilen durumuna bağlı olarak değişimi Şekil 3.37'de verilmiştir. Araştırılan tüm durumlarda başlangıçtaki CO_2 konsantrasyonu seviyesi benzer olmasına rağmen namazların sonunda iç hava kalitesinde farklılıklar gözlemlenmiştir. Durum 1'de pencerelerin açılması ve vantilatörlerin çalıştırılmasıyla diğer durumlara oranla daha iyi bir iç hava kalitesi elde edilmiştir. Pencerelerin kapalı olduğu diğer iki durumda CO_2 konsantrasyonu tavsiye edilen sınırın (1000 ppm) üzerindedir. Bununla birlikte, CO_2 konsantrasyonu, klimalarla birlikte vantilatörlerin çalıştırıldığı Durum 3'te Durum 2'ye göre çok daha düşüktür. Bunun sebebi, vantilatörler tarafından camideki havanın karıştırılması ve havanın ortamda daha homojen dağılmasıdır. Bu sayede cami genelindeki CO_2, kubbe gibi kullanım bölgesinin dışındaki kısımlarda bile daha eşit bir şekilde dağılım sergilemiştir. Sonuç olarak, cemaatin bulunduğu caminin alt bölgelerinde CO_2 konsantrasyonu üst bölgelere göre daha yüksek olduğu için pencereler vasıtasıyla havalandırmanın rolü çok önemlidir. Ancak iç havanın vantilatörler tarafından üst

bölgedeki hava ile karıştırılmasının da iç hava kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.37. Teravih namazlarında iç ortam CO_2 konsantrasyonu değişimi

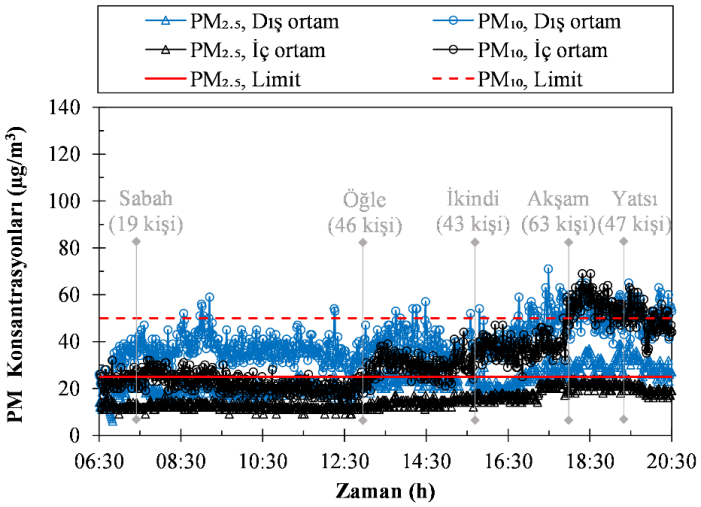
3.2.2. Camideki Partikül Madde Konsantrasyonları

Hacı Hasan Sert Cami'nin pencereler ve iklimlendirme sistemleri kapalı durumdayken vakit namazları sırasında iç ve dış ortam PM konsantrasyon değişimleri Şekil 3.38'de verilmiştir. İç ortamdaki $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları için sınır değerler sırasıyla 25 ve 50 µg/m^3'tür (ASHRAE, 2004; Bluyssen, 2010; Hedrick, 2010; WHO, 2000). Gün boyunca elde edilen dış ortam $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyon değerleri ortalama 22,6 ve 41 µg/m^3 iken iç ortam için elde edilen ortalama $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonu değerleri sırasıyla 15 ve 33,6 µg/m^3'tür. Sabah namazında doluluk oranı düşük (%5) olduğu için cemaatin namaza gelmesiyle birlikte PM_{10} konsantrasyonu yaklaşık 10 µg/m^3 artış gösterirken $PM_{2,5}$ konsantrasyonunda neredeyse bir farklılık meydana gelmemiştir. Öğle, ikindi ve yatsı namazlarında camideki doluluk oranı birbirine oldukça yakın ve ortalama %13 idi. Bu sebeple belirtilen vakit namazlarında PM konsantrasyonlarındaki artış miktarları benzerlik göstermiş ve $PM_{2,5}$ ve PM_{10} için sırasıyla ortalama 7 ve 15 µg/m^3 artış gözlenmiştir. Akşam namazında ise diğer namaz vakitlerine göre %18 gibi daha yüksek doluluk oranının yaşanması ve namazın ezanın hemen ardından hızlı şekilde kılınması sebebiyle $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları sırasıyla yaklaşık 10 ve 25 µg/m^3 artmıştır. Sabah saatlerinde sınır değerlerin altında olan PM konsantrasyonları her namaz vaktinde artmış ve düşüş eğilimine geçtikten sonra diğer vakit namazı için cemaatin camiye gelmesiyle birlikte artışına devam etmiştir. Gün sonunda ise $PM_{2,5}$

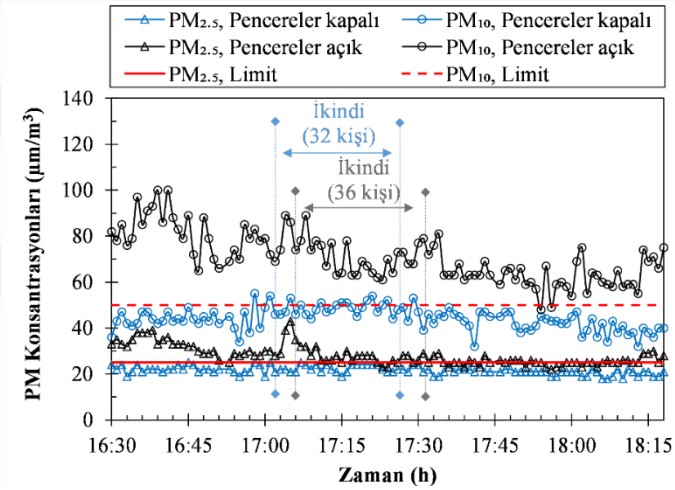
konsantrasyonu olması gereken maksimum sınır değerlere yaklaşırken PM_{10} konsantrasyonu sınır değeri yaklaşık 20 $\mu g/m^3$ aşmıştır.

Camide pencerelerin açık veya kapalı olma durumlarına göre iç ortamdaki $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonlarındaki değişim Şekil 3.39'da verilmiştir. İkindi namazında yapılan $PM_{2,5}$ konsantrasyonu ölçümlerinde pencerelerin açık ve kapalı olduğu durumlar arasında ortalama 7 $\mu g/m^3$, PM_{10} konsantrasyonları arasında ise ortalama 27 $\mu g/m^3$ fark elde edilmiştir. Cemaatin camiye girişi ve çıkışı sırasında PM konsantrasyonlarında az da olsa artış gözlenmiştir. Ayrıca PM konsantrasyonları pencereler açık durumdayken sınır değerlerin üzerine çıkmış ve namaz başladığı ve bittiği sırada sırasıyla PM_{10} konsantrasyonu 90 ve 80 $\mu g/m^3$'e kadar çıkmıştır. $PM_{2,5}$ konsantrasyonu namazın başladığı sıralarda cemaatin camideki hareketinden dolayı 42 $\mu g/m^3$'e ulaşmış ve namaz sırasında ortalama 27 $\mu g/m^3$ olarak belirlenmiştir. Namaz başlama sırasındaki ani artış ve azalışın muhtemel nedeni namaz başladığı sırada cemaatin namaza yetişmek için hızlı şekilde hareket etmesi ve bu sırada cihazın bulunduğu konuma yakın bölgeden geçmeleridir.

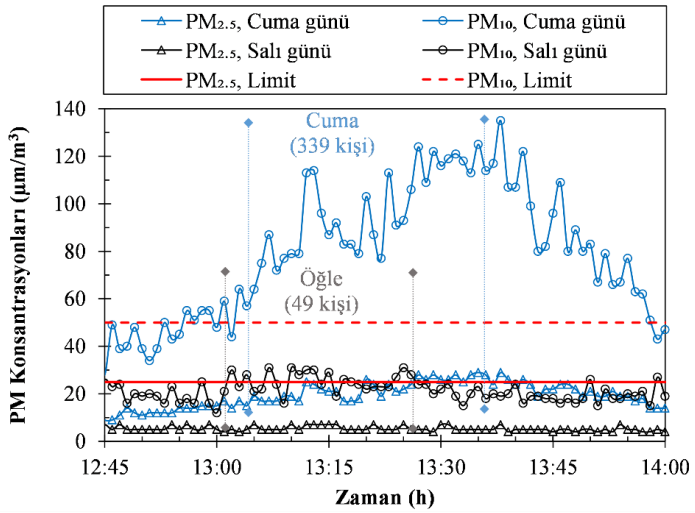
Cuma ve öğle namazı sırasında pencereler kapalı durumdayken iç ortamda elde edilen $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları Şekil 3.40'ta verilmiştir. Pencerelerin kapalı olduğu bir Cuma gününde cemaatin camiye girişi ile PM konsantrasyonlarında artış gözlenirken cemaatin camide boş bulunan bölgelere yerleşmesi ve namaza başlama anı arasında PM konsantrasyonları sabit kalmıştır. Namaza başlamak için cemaatin ön bölgelerde boş kalan yerleri doldurması sırasında 115 $\mu g/m^3$'e kadar ulaşan PM_{10} konsantrasyonu, cemaatin sabit konumda namaz kılması ve namazın ardından oturarak hutbe dinlemesi sırasında azalarak 77 $\mu g/m^3$'e kadar düşmüştür. Hutbenin ardından 13:24'te cemaatin birlikte ayağa kalkması ve farz namazının kılınmaya başlaması ile birlikte PM_{10} konsantrasyonunun 120 $\mu g/m^3$'ü aştığı belirlenmiştir. Namazın ardından cemaatin camiyi hızlı şekilde boşaltması PM_{10} konsantrasyonunun pik nokta olan 132 $\mu g/m^3$'e kadar artışı ile sonuçlanmıştır. $PM_{2,5}$ konsantrasyonu ise Cuma namazının ortalarında sınır değerleri aşmış ve cemaatin camiyi terk etmesine kadar ortalama 27 $\mu g/m^3$ civarında olmuştur. Öğle namazında ise doluluk oranının düşük olması nedeniyle cemaatin aktivitelerinin PM konsantrasyonları üzerindeki etkisi belirlenememiş olup ölçümler sırasında sınır değerin altında kaldığı saptanmıştır.



Şekil 3.38. Vakit namazlarında PM konsantrasyonlarının değişimi

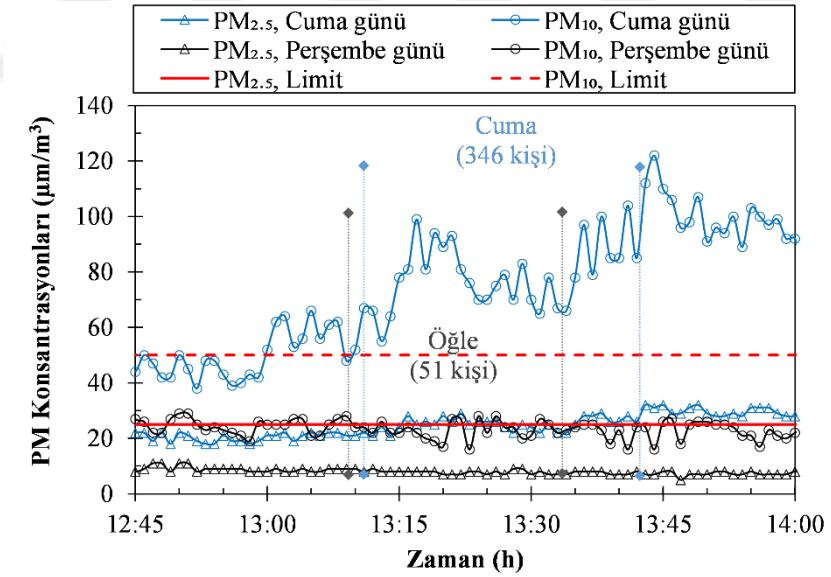


Şekil 3.39. Pencerelerin durumuna bağlı olarak elde edilen PM konsantrasyonları



Şekil 3.40. Pencereler kapalı durumda iken PM konsantrasyonlarının değişimi

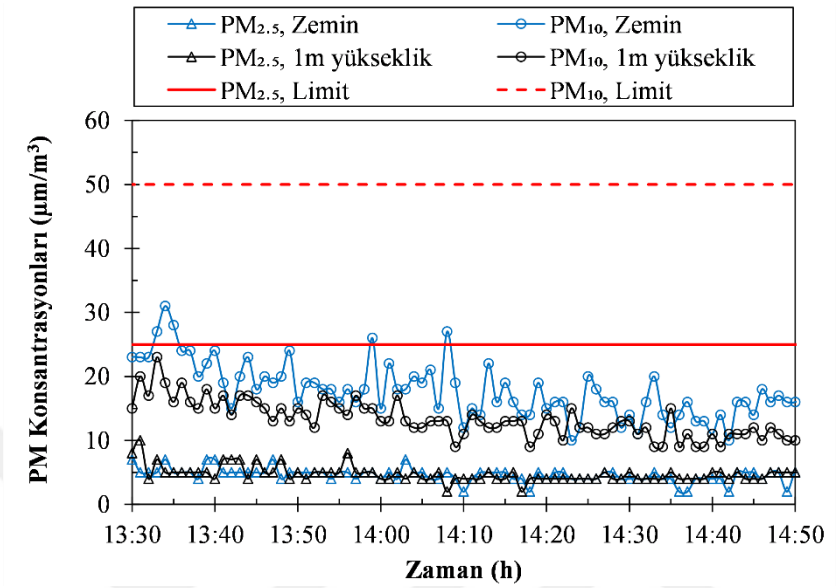
Cuma ve öğle namazı sırasında pencereler açık durumdayken iç ortamda elde edilen $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları Şekil 3.41'de verilmiştir. Cuma gününde namaz başladığı sırada 63 µg/m^3'e ulaşan PM_{10} konsantrasyonu namaz başladıktan sonra 100 µg/m^3'e kadar çıkmış imamın hutbe verdiği sırada cemaatin camide oturuyor durumda olmasından dolayı 65 µg/m^3'e kadar düşmüştür. Hutbenin ardından cemaatin birlikte namaza başlamasıyla birlikte PM_{10} konsantrasyonunun tekrar 100 µg/m^3'e ulaştığı belirlenmiştir. Namazın ardından cemaatin camiyi hızlı şekilde boşaltması PM_{10} konsantrasyonunun 120 µg/m^3'ü aşması ile sonuçlanmıştır. $PM_{2,5}$ konsantrasyonu ise cuma namazı sırasında genellikle sınır değere (25 µg/m^3) oldukça yakın iken PM_{10} konsantrasyonunda olduğu gibi namaz sırasında artış göstermiş ve sınır değerin üzerine çıkmıştır. Maksimum $PM_{2,5}$ konsantrasyonu ise namazın sona ermesinin ardından 31 µg/m^3 olarak belirlenmiştir. Pencerelerin cuma namazı sırasında açılması pencerelerin kapalı olduğu (Şekil 3.40) duruma göre daha düşük PM konsantrasyonu seviyesinin elde edilmesini sağlamıştır. Öğle namazı sırasında ise pencereler açık durumda iken cemaatin etkisi azalmıştır.



Şekil 3.41. Pencereler açık durumda iken PM konsantrasyonlarının değişimi

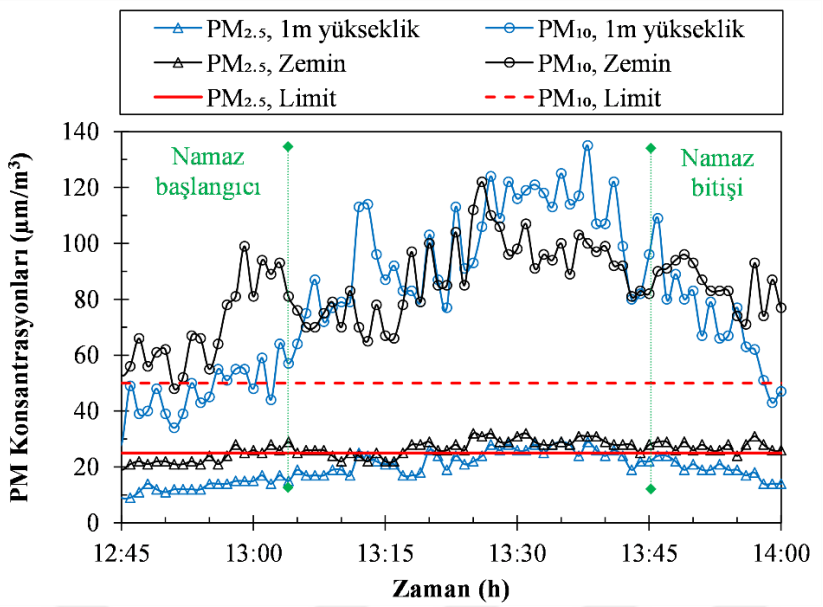
Pencereler kapalı durumdayken caminin namaz vakti dışındaki sürede zemin ve 1 m yükseklikteki PM konsantrasyonlarının değişimi Şekil 3.42'de verilmiştir. $PM_{2,5}$ konsantrasyonunda yüksekliğe bağlı olarak bir değişiklik gözlenmezken PM_{10} konsantrasyonu zemine yaklaştıkça artmıştır. Zemin ve 1 m yükseklikteki ortalama $PM_{2,5}$

konsantrasyonu 5 µg/m^3 iken ortalama PM_{10} konsantrasyonları sırasıyla 20 ve 14 µg/m^3'tür. Deney öğle namazının sonrasını kapsadığı için ölçüm aralığında PM_{10} konsantrasyonu miktarı azalmıştır.



Şekil 3.42. Zemin ve 1 m yükseklikteki PM konsantrasyonları

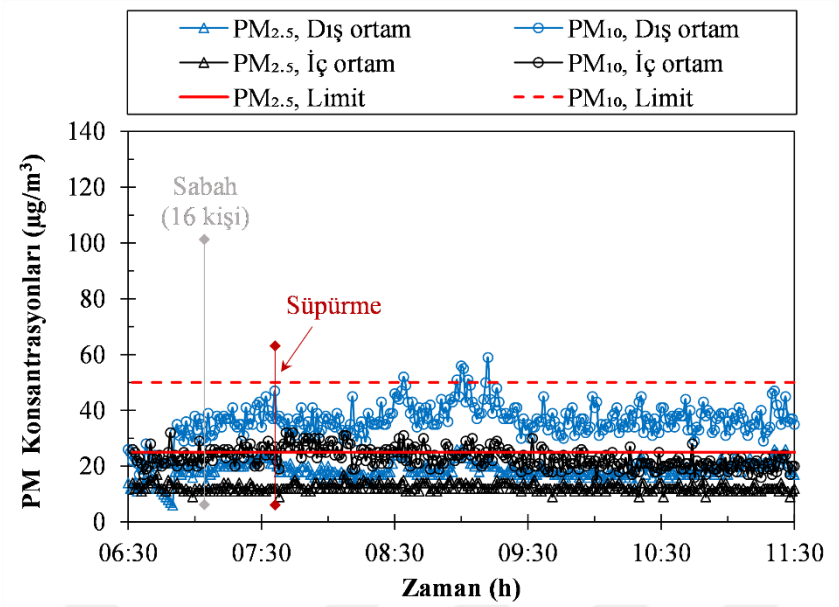
Pencereler kapalı durumdayken Cuma namazı sırasında caminin zemin ve 1 m yükseklikteki PM konsantrasyonlarının değişimi Şekil 3.43'te verilmiştir. Caminin boş olduğu zaman diliminde yüksekliğe bağlı olarak $PM_{2,5}$ konsantrasyonunda bir değişiklik gözlenmezken cuma namazı sırasında cemaatin camiye girmesiyle birlikte 10 µg/m^3'ten fazla bir fark oluşmuştur. Ancak namazın başlamasının ardından aradaki fark neredeyse kapanmış ve her iki yükseklik seviyesinde $PM_{2,5}$ konsantrasyonu sınır değeri aşmıştır. Zemindeki PM_{10} konsantrasyonu cemaatin camiye girdiği sırada 100 µg/m^3'e kadar çıkarken aynı saatlerde 1 m yükseklikteki konsantrasyon miktarı 55 µg/m^3 civarındadır. Ancak namazın başlamasıyla birlikte cemaatin sabit konumda bulunarak ibadetlerini gerçekleştirmesi zemindeki PM_{10} konsantrasyonunun 65 µg/m^3'e kadar düşüşüne, 1m yükseklikteki konsantrasyonun ise 112 µg/m^3'e kadar artmasına sebep olmuştur. Hutbe vaktinde cemaatin oturuyor olmasından dolayı zemin ve 1 m yükseklikteki konsantrasyonlar benzerlik göstermiş ve hutbenin ardından insanların ayağa kalkmasıyla birlikte tekrar 20 µg/m^3'e kadar bir fark elde edilmiştir. Namazın sona ermesiyle birlikte zemindeki konsantrasyon miktarı 1m yüksekliğe göre daha yüksek olmuştur.



Şekil 3.43. Cuma namazında zemin ve 1 m yükseklikteki PM konsantrasyonları

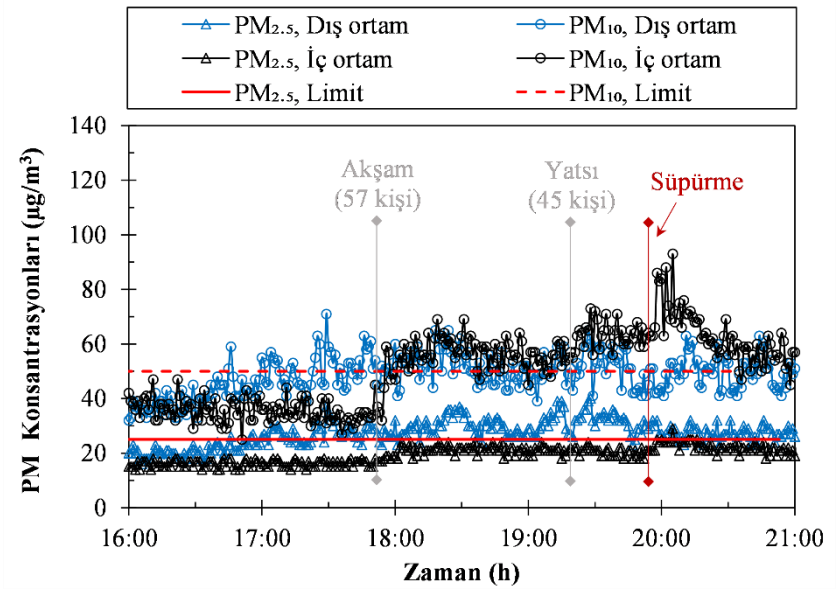
Caminin sabah namazından bir süre sonra süpürülmesi durumunda elde edilen PM konsantrasyonları Şekil 3.44'te verilmiştir. %7 doluluk oranında kılınan sabah namazının ardından PM konsantrasyonlarında dikkate değer bir değişim meydana gelmemiştir. Ancak süpürme işlemi ile birlikte $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonlarında sırasıyla 3 ve 9 $\mu g/m^3$ artış gözlenmiştir. Gün içerisinde caminin kullanımından kaynaklanan PM konsantrasyonlarındaki artış sabah saatlerinde normal seviyelere gerilemiş olup sabah namazının düşük doluluk oranında kullanılması seviyelerde değişikliğe neden olmamıştır. Bu sebeple toz partiküllerin daha çok zeminde bulunması ve süpürme işleminin yapıldığı sırada partiküller ortama yayılsa da sınır değerlerin aşılmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca süpürme nedeniyle meydana gelen konsantrasyondaki artışlar yarım saat içerisinde ortamdaki etkisini kaybetmiştir.

Caminin gün içerisindeki namazların ardından gece saatlerinde süpürülmesi durumunda elde edilen PM konsantrasyonları Şekil 3.45'te verilmiştir. 57 ve 45 kişinin katıldığı akşam ve yatsı namazlarının ardından ortamdaki PM konsantrasyonları gün içerisindeki en yüksek seviye olan 73 $\mu g/m^3$'e ulaşmıştır. $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları sırasıyla 15 ve 65 $\mu g/m^3$'e düştüğü sırada yapılan süpürme işlemi ile konsantrasyonlar sırasıyla 27 ve 95 $\mu g/m^3$'e çıkmıştır. Süpürme işlemi sırasında pencereler kapalı olduğu için süpürme işleminin ardında PM konsantrasyonlarında düşüş meydana gelmiştir.



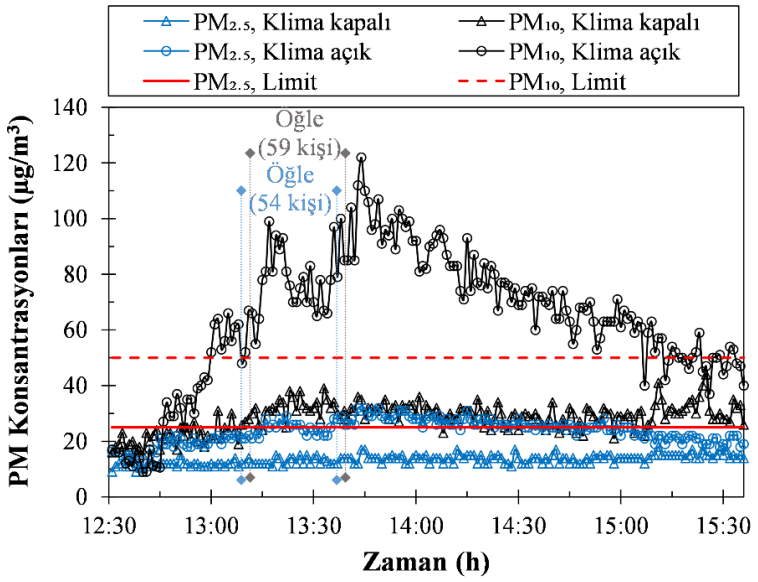
Şekil 3.44. Caminin sabah süpürülmesi durumunda PM konsantrasyonları

Süpürme işleminin sabah ve gece yapılması durumları dikkate alındığında caminin gece süpürülmesi camideki konsantrasyon miktarını daha çok arttırmıştır. Ancak süpürme işleminin ardından caminin kullanılmıyor olmasından dolayı cemaat PM konsantrasyonlarından kaynaklanan olumsuzluklardan etkilenmemiştir. Sabah saatlerinde toz partiküllerin zeminde bulunuyor olması partiküllerin ortamdan uzaklaştırılmasında daha etkili olacaktır.



Şekil 3.45. Caminin gece süpürülmesi durumunda PM konsantrasyonları

Klimaların kullanım durumuna göre PM konsantrasyonlarındaki değişim Şekil 3.46'daki gibidir. Klima kullanılan ve kullanılmayan her iki durumda da ölçüm cihazları bir klimanın önünde cemaatin bulunduğu en yakın konuma yerleştirilmiştir. Klimalar saat 12:45'te çalıştırılmış olup klimaların çalıştırılmasıyla birlikte PM konsantrasyonlarında dikkate değer bir artış gözlenmiştir. Klimaların çalıştırılmasının ardından öğle namazı için cemaatin camiye gelmesiyle birlikte PM konsantrasyonları daha fazla artış göstermiş ve her iki PM konsantrasyonu da sınır değerleri aşmıştır. Klimaların kullanıldığı günde namaz sırasında PM_{10} konsantrasyonu 100 $\mu g/m^3$'e kadar çıkarken namazın ardından cemaat camiyi terk etmesiyle maksimum 120 $\mu g/m^3$'e yükselmiştir. $PM_{2,5}$ konsantrasyonu ise namaz sırasında 40 $\mu g/m^3$'e kadar artmıştır. Ancak namazın ardından $PM_{2,5}$ konsantrasyonu PM_{10} gibi büyük bir artış göstermese de yaklaşık 5 $\mu g/m^3$ bir artış görülmüştür. Klima kullanımında ortalama $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları sırasıyla 24 ve 63 $\mu g/m^3$ iken klima kullanılmadığı durumda 14 ve 29 $\mu g/m^3$ olarak elde edilmiştir. Elde edilen veriler camideki ortalama iç ortam hava kalitesini temsil etmediği için klima kullanımına dair yorum yapmak doğru olmayacaktır. Ancak klima kullanımı durumunda klimanın ön bölgesinde bulunan kişiler toz partiküllerden olumsuz şekilde etkilendiği için klimaların konumu bu durumu dikkate alarak belirlenmelidir. Özellikle astım gibi kronik sağlık sorunları bulunan kişilerin klimalara yakın bölgelerde bulunmamaları önerilebilir.



Şekil 3.46. Camide klima kullanımında PM konsantrasyonları

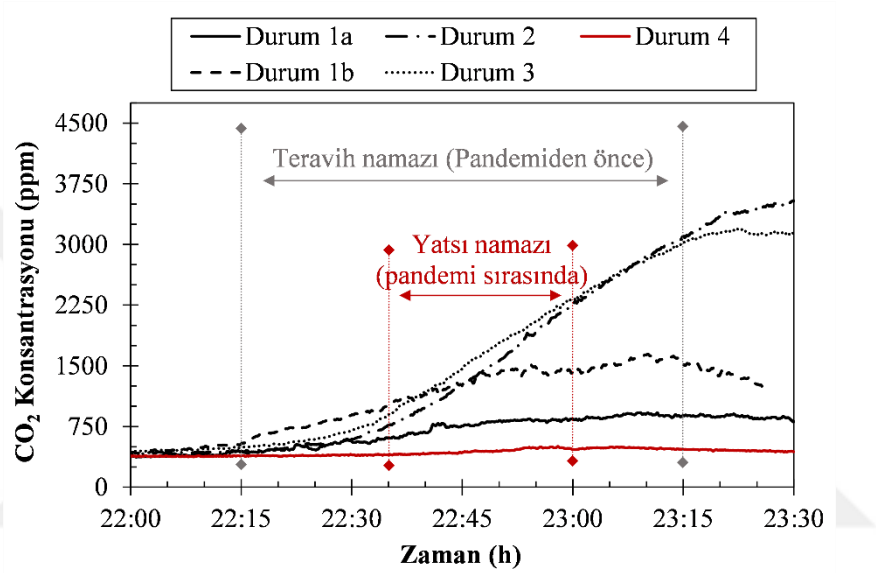
3.2.3. Pandemide Camideki İç Hava Kalitesi

Covid-19 salgını boyunca alınan tedbirlerle birlikte caminin kullanımına bağlı olarak iç ortamdaki hava kalitesi değişimleri incelenmiştir. Pandemi sürecinde caminin doluluk oranı daha düşük olduğu için pik değerlerin elde edilebileceği Ramazan ayındaki yatsı ve Teravih namazları ele alınmıştır. CO_2 konsantrasyonları pandemi sürecinde ve öncesindeki, PM konsantrasyonları ise pandemi sürecinde ve sonrasındaki verilerin kıyaslanması ile pandeminin iç hava kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

3.2.3.1. Pandemide CO_2 Konsantrasyonları

Cemaatten ve namaz sırasındaki faaliyetlerden kaynaklanan ve iç ortamdaki ana kirlilik kaynağı olan CO_2 konsantrasyonu havalandırma oranının yeterliliğinin iyi bir göstergesidir. Biyolojik kaynakların kirliliği önlemek için genellikle CO_2 konsantrasyonun 1000 ppm'in altında tutulması önerilmektedir (ASHRAE, 2004; Bluyssen, 2010; Hedrick, 2010; WHO, 2000). Pandemiden önce (Durum 1-3) camideki şartlar daha önce Tablo 3.3'te verilmişti. Pandemi sırasında (Durum 4) ise camide yatsı namazı kılınırken Teravih namazının camide kılınmaması Diyanet İşleri Başkanlığı tarafından alınan önlemler arasındadır. Dolayısıyla pandemi sürecinde namaza katılan cemaatin camide oluşturduğu doluluk oranı %10 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca koronavirüsün kapalı ortamda bulaşma riskini azaltmak için pencerelerin açık tutulması önerilmiştir. Alınan bu tedbirler ışığında pandemi (Durum 4) sırasında kaydedilen CO_2 konsantrasyonu verileri pandemiden önceki bulgularla karşılaştırılmıştır (Şekil 3.47). Ramazan ayında teravih namazı sırasında CO_2 konsantrasyonunun yüksek seviyelere ulaşabileceği belirlenmiştir. Doluluk oranının %40 olduğu ve ibadet süresinin bir saat olduğu Durum 2'de, namazın başında 410 ppm olan CO_2 konsantrasyonu, namazın sonunda 3541 ppm'ye kademeli olarak yükselmiştir. Aynı eğilim, Durum 2'deki ile aynı koşullar altında olan Durum 3'te de gözlenmiştir. Ancak pencerelerin açık olduğu Durum 1a'da, doluluk oranı aynı olmasına rağmen CO_2 konsantrasyonundaki artış Durum 2 ve 3'e kıyasla daha azdı. Bu durum, pencerelerin açık olması ve dolayısıyla doğal havalandırmanın sağlanması ile meydana gelmiştir. Durum 4'te (pandemi sırasında) açık pencereler ve %10 doluluk ile ortalama CO_2 konsantrasyonu 428 ppm olarak elde edilirken, pencereler açık ancak doluluk oranı daha yüksek olan (%40) Durum 1a'da 661 ppm olarak belirlenmiştir (Tablo 3.5). Maksimum CO_2 konsantrasyonları, Durum 1a ve

Durum 4'te sırasıyla 922 ve 504 ppm idi. Durum 4'te ibadet süresi diğer durumlara göre 25 dakika daha kısaydı. Kapalı ortamdaki birincil CO_2 kaynağı insan solunumu olduğundan, doluluk oranı, doğal havalandırma ve ibadet süresinin pandemi öncesine göre neredeyse iki kat azalması camideki CO_2 seviyesini doğrudan etkilemiştir. Bu, pandemi önlemlerinin iç hava kalitesi üzerindeki olumlu etkisini göstermektedir. Pandemi sırasında pencerelerin sürekli açık tutulması ve doluluğun az olması iç hava kalitesinin bozulmasını azaltmıştır.



Şekil 3.47. Pandemi öncesi ve sırasında CO_2 konsantrasyonları değişimi

Tablo 3.5. Pandemi öncesi ve sırasında camideki CO_2 konsantrasyonları

		Pandemiden önce (2019)(Yüksel vd., 2020)				**Pandemi sırasında (2020)**
Durumlar (Doluluk oranı, %)		**Durum 1a (40%)**	**Durum 1b (100%)**	**Durum 2 (40%)**	**Durum 3 (40%)**	**Durum 4 (10%)**
CO_2 Konsantrasyonu (ppm)	Maks.	922	1644	3541	3190	504
	Min.	362	392	410	432	375
	Ort.	661	1041	1519	1547	428

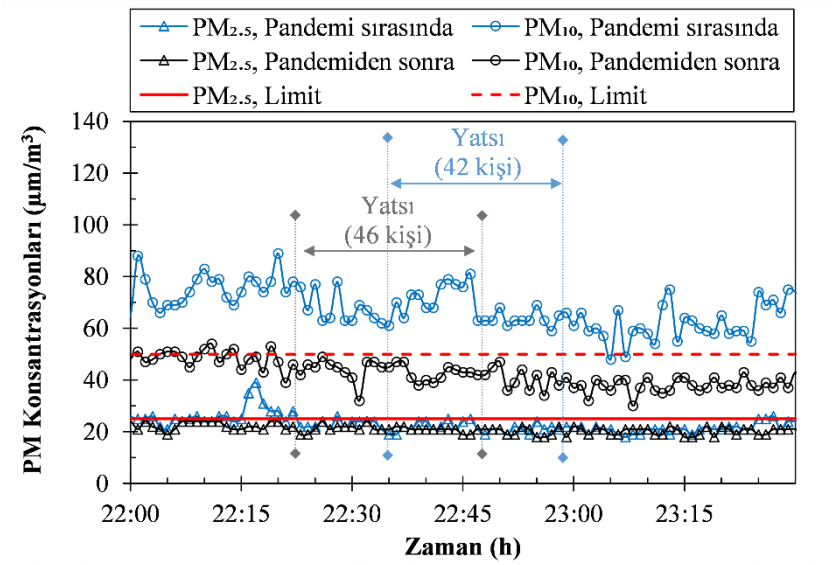
3.2.3.2. Pandemide Partikül Madde Konsantrasyonları

Solunan havadaki PM konsantrasyonu pandemi sırasında daha fazla önem kazanmıştır. Maske kullanımına bağlı olarak solunan havadaki kirleticiler maskelere tutunur ve bu nedenle kirleticilerdeki artış Covid-19 kaynaklı ölüm oranlarının artmasına neden olabilir. Literatürdeki bazı çalışmalar, pandemi sırasında trafik yoğunluğunun azalması

nedeniyle dış ortamdaki kirletici konsantrasyonunun azaldığını belirtmiştir. Bu durum, iç ortam kirletici konsantrasyonlarındaki artışın pencere kullanımı sonucunda azalacağı ihtimaline işaret etmektedir. Wu ve diğ. (2020), $PM_{2.5}$ konsantrasyonundaki 1 $\mu g/m^3$'lük artışın Covid-19 kaynaklı ölümlerde %15'lik bir artışa neden olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle, pandemi sırasında önemli iç hava kalitesi parametrelerinden biri olarak partikül konsantrasyonlarını incelemek yararlı olabileceğinden, pandemi sırasındaki ve sonrasındaki konsantrasyon değişimleri ele alınmıştır.

Şekil 3.48, pandemide ve pandemiden sonraki bir yatsı namazı sırasında elde edilen PM konsantrasyonlarındaki değişiklikleri göstermektedir. Pandemi sürecinde pencereler açıkken pandemi sürecinden sonraki ölçümler pencerelerin kapalı olduğu durumda elde edilmiştir. Pandemi sürecinde camideki ortalama $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları sırasıyla 26,4 ve 74,9 $\mu m/m^3$ olarak ölçülmüştür. Aynı gözlem döneminde (22:00-23:30), Yalova Hava Kalitesi İzleme İstasyonundan (40º39'44"K, 29º17'47"D) alınan ortalama dış ortam $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları sırasıyla 13 ve 69 $\mu m/m^3$ idi. Bu durum, iç ortamdaki küçük ve büyük çaptaki partikül maddelerin dış ortamdakinden daha yüksek olduğunu göstermiştir. Camide ölçülen maksimum $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları sırasıyla 55 ve 125 $\mu m/m^3$'e ulaşmış ve kaydedilen minimum konsantrasyonlar ise sırasıyla 18 ve 48 $\mu m/m^3$ (23:00-23:15) olarak belirlenmiştir. Namazın başında ve sonunda $PM_{2,5}$ konsantrasyonlarında önemli bir fark olmazken, namazın sonunda PM_{10} konsantrasyonlarında bir miktar artış meydana gelmiştir. PM_{10} konsantrasyonunun yükselmesinin nedeni, cemaatin yürümesi veya namaz sırasındaki hareketinin halılar üzerinde biriken toz parçacıklarının ortam havasına yeniden karışması olabilir. İnce partiküller halının iç kısmına tutunduğu için iri partiküller kadar ortama yayılmamıştır.

Pandemi sürecindeki yatsı namazına benzer bir doluluk oranının sağlandığı pandemiden sonraki bir yatsı namazında ise ortalama $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları sırasıyla 21,2 ve 43,6 $\mu m/m^3$ olarak belirlenmiştir. Bu değerler pandemi sürecine göre sırasıyla 5,2 ve 31,3 $\mu m/m^3$ daha düşüktür. Dolayısıyla pandemide pencerelerin açık olması ve cemaatin camide aralıklı şekilde bulunması nedeniyle ortamdaki partikül konsantrasyonu değerleri daha yüksektir. Bu durum, camide cemaatin düzenli ve sıkı bir şekilde konumlanmasının partikül konsantrasyonunu azaldığını göstermektedir.



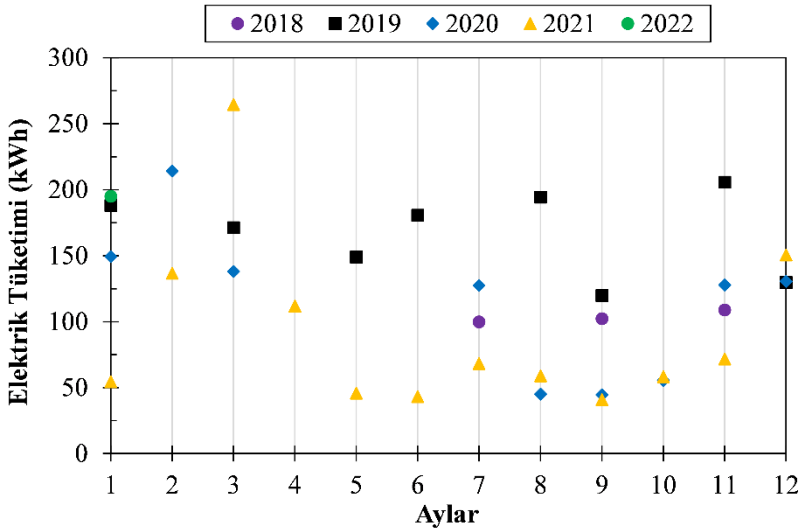
Şekil 3.48. Pandeminin iç ortam PM konsantrasyonları üzerindeki etkisi

3.3. Camideki Enerji Tüketimi

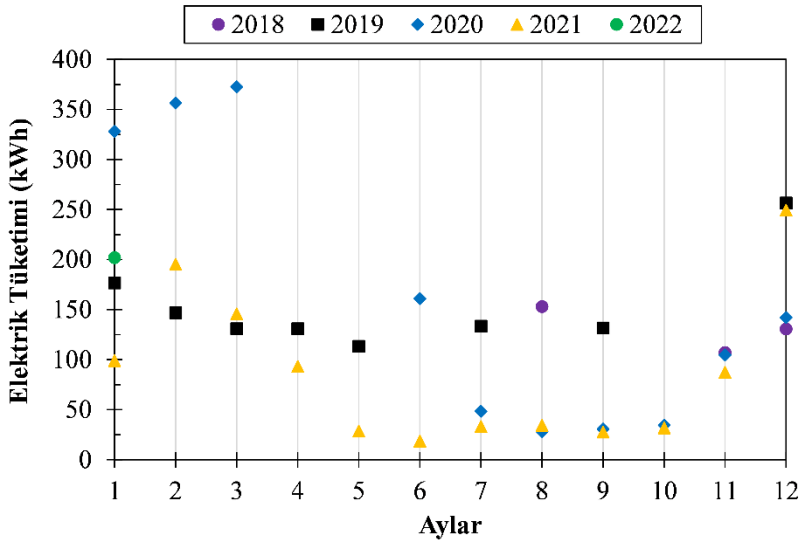
Hacı Hasan Sert Cami'de meydana gelen enerji tüketimi, aydınlatma ve iklimlendirme sistemlerinden kaynaklanmaktadır. Covid-19 salgınının başladığı 2020 yılının Mart ayından sonra Temmuz ayına kadar aydınlatmadan, Haziran ayına kadar ısıtma veya soğutmadan kaynaklanan elektrik tüketimleri dağıtım şirketi personelinin sayaç okumaması nedeniyle temin edilememiştir. 2020 yılından önce ise enerji tüketim miktarının düşük olmasından dolayı sayaçlar aylık olarak okunmamış ve faturalama yapılmamıştır (Şekil 3.49). Ancak 2020 yılında pandeminin etkin olduğu ilk aylardan sonra elektrik tüketimleri aylık olarak takip edilmiş ve faturalandırılmıştır. Aydınlatmadan kaynaklanan elektrik tüketimi 2018 yılında ortalama 104 kWh iken 2019, 2020 ve 2021 yıllarında sırasıyla 167, 115 ve 92 kWh olarak belirlenmiştir. Aylık elektik tüketimi cami personelinin ve cemaatin lambaları açık bulundurmaları ve cami kullanımına göre değişkenlik göstermiştir.

Yaz aylarında camideki klimaların, kış aylarında ise yerden ısıtma sisteminin neden olduğu elektrik tüketimi Şekil 3.50'de verilmiştir. 2018 yılında ortalama elektrik tüketimi 130 kWh iken 2019, 2020 ve 2021 yıllarında sırasıyla 153, 161 ve 87 kWh'tir. Pandeminin etkili olduğu dönemde alınan tedbirlerden birisi iklimlendirme sistemlerinin kullanımının kısıtlanması olmasına rağmen klima kullanımından dolayı en düşük 28 kWh, en fazla 49 kWh elektrik tüketimi meydana gelmiştir. Klimaların aralıklı ve kısa

süreli kullanımından ve yerden ısıtma sisteminin sürekli kullanımından dolayı klimaların elektrik tüketimi, ısıtma sisteminin tüketimine göre daha düşük olmuştur. 2019 yılında Ocak ve Şubat aylarında diğer kış aylarına göre daha düşük dış ortam sıcaklıkları meydana geldiği için ısıtma sisteminin elektrik tüketimi bu aylarda diğer kış aylarına göre daha yüksek olmuştur.



Şekil 3.49. 2018-2022 sezonunda aydınlatmadan kaynaklanan elektrik tüketimi



Şekil 3.50. 2018-2022 sezonunda ısıtma ve soğutmadan kaynaklanan elektrik tüketimi

Hacı Hasan Sert Cami'nin 2021 yılı boyunca mahal ısıtması için tüketilen doğalgazın fatura bilgileri Tablo 3.6'da verilmiştir. 17 Nisan 2021 ve 5 Kasım 2021 tarihleri arasında dış ortam sıcaklığının artması nedeniyle kullanımına gerek kalmayan yerden ısıtma sistemi cami personeli tarafından devre dışı bırakılmıştır. Bu nedenle Nisan ve Kasım

aylarındaki faturalar sırasıyla 6 Nisan – 10 Mayıs 2021 ve 1 Kasım – 8 Aralık 2021 dönemlerine ait olmasına rağmen Nisan ayı için 17 Nisan'a kadar ve Kasım ayı için 5 Kasım'dan itibaren ısıtma sisteminin çalıştığı süreçteki yakıt tüketimini temsil etmektedir. 2021 yılı için Hacı Hasan Sert Cami'nin yerden ısıtma sistemi yıllık 39693 kWh doğalgaz tüketimine neden olmuştur.

Tablo 3.6. 2021 yılında yerden ısıtma sisteminden kaynaklanan doğalgaz faturaları

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Kasım	Aralık
Fatura dönemi	03/01/2021 05/02/2021	05/02/2021 02/03/2021	02/03/2021 06/04/2021	06/04/2021 10/05/2022	01/11/2021 08/12/2021	08/12/2021 10/01/2022
Yerden ısıtma sisteminin kullanıldığı dönem	03/01/2021 05/02/2021	05/02/2021 02/03/2021	02/03/2021 06/04/2021	06/04/2021 17/04/2022	05/11/2021 08/12/2021	08/12/2021 10/01/2022
Yerden ısıtma sistemi çalışma süresi (gün)	33	25	35	11	33	33
Ayları temsil eden günler	17 Ocak	16 Şubat	16 Mart	15 Nisan	14 Kasım	10 Aralık
Faturalar (kWh)	7698,28	9139,67	7637,96	1973,96	5482	7761,17

Tablo 3.7'de görüldüğü gibi Hacı Hasan Sert Cami için Haziran ayı fatura dönemi 9 Mayıs 2021 ve 4 Temmuz 2021 tarihlerini kapsarken klimalar ilk olarak 16 Haziran'da kullanılmıştır. Ayrıca Ağustos ayını temsil eden fatura dönemi 4 Ekim'de sona ermesine rağmen klimalar son olarak 7 Eylül'de kullanılmış ve sonraki süreçte ortam sıcaklıklarının düşük olması klima kullanımını gerektirmemiştir. Klima kullanımı 2022 yılında toplam 267,69 kWh elektrik tüketimine neden olmuştur.

Tablo 3.7. 2022 yılında soğutma sisteminden kaynaklanan elektrik faturaları

Aylar	Haziran	Temmuz	Ağustos
Fatura dönemi	09/05/2022 04/07/2022	04/07/2022 04/08/2022	04/08/2022 04/10/2022
Klimaların kullanıldığı dönem	16/06/2022 04/07/2022	04/07/2022 04/08/2022	04/08/2022 07/09/2022
Klimaların kullanıldığı gün sayısı	4	8	15
Ayları temsil eden günler	28 Haziran	17 Temmuz	16 Ağustos
Faturalar (kWh)	91,25	59,34	117,1

3.3.1. Pandeminin Camilerdeki Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkisi

Bu bölümde altı farklı türdeki cami için enerji dağıtım şirketinden alınan Haziran 2018 ile Aralık 2021 arasındaki enerji tüketim verileri değerlendirilmiştir. İlk koronavirüs vakasının Mart 2020'de görülmesi ve ardından camilerde ibadete ara verilmesi nedeniyle Mart 2020 öncesi verilerin pandemi öncesi dönemi, Mart 2020 sonrasındaki veriler ise pandemi dönemini temsil etmektedir. Aydınlatma ve ısıtma-soğutma için ayrı ayrı tüketilen enerji miktarı incelenmiştir. Pandemi sırasındaki enerji tüketimine ilişkin veriler, kontrol önlemlerinin yürürlükte olduğu Mart 2020'den Mart 2021'e kadar kaydedilmiştir. Yapılan incelemeler Tablo 2.2'de belirtilen altı farklı türdeki cami üzerinde yürütülmüştür. Ayrıca belirtilen camilerin isimleri grafiklerde Tablo 2.2'de verilen şekilde kısaltmaları ile kullanılmıştır.

3.3.1.1. Aydınlatmadan Kaynaklanan Enerji Tüketimi

2018 ve 2021 yılları arasında ele alınan tüm camiler için aydınlatmadan kaynaklanan enerji tüketim miktarı Şekil 3.51'de verilmiştir. Yalova Merkez Cami'de 2019 yaz aylarında (pandemiden önceki yıl) diğer aylara göre daha fazla enerji tüketildiği belirlenmiştir. 2020 yılının Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında (pandemi kısıtlamalarının değişiklik gösterdiği pandeminin ilk ayları) enerji tüketimi sırasıyla 975, 817 ve 617 kWh iken pandemiden önceki yıl (2019) sırasıyla 6480, 2767 ve 5687 kWh idi. Mart 2020'den sonra camilerin kullanımına ara verilmesi nedeniyle önceki yıla göre bu şekilde bir düşüş gözlenmiştir. Ancak 2021 yılında pandemi önlemlerinin gevşetilmesiyle birlikte enerji tüketiminde önceki yıla göre 2020 yılının Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında sırasıyla 239, 105 ve 256 kWh artış gözlenmiştir. Dolayısıyla Yalova Merkez Cami'nin 2019, 2020 ve 2021 yılları ortalama enerji tüketim verileri sırasıyla 4997, 1406 ve 1538 kWh olarak tespit edilmiştir.

Büyük bir mahalle camisi olan Fatih Cami'nin enerji tüketimi Mayıs 2021'de minimum (pandemi sırasında, 125 kWh) ve Nisan 2020'de maksimum (pandemi sırasında, 583 kWh) idi. Fatih Cami'de enerji tüketimi pandeminin ilk aylarında önceki yıllara göre artış gözlenmiştir. Pandemi sürecinin etkili olduğu 2020 yılının Nisan ve Mayıs aylarında aydınlatmadan kaynaklanan elektrik tüketimi sırasıyla 583 ve 312 kWh iken, 2019 yılının aynı aylarında 214 ve 296 kWh olmuştur. Pandeminin ilk aylarında cami daha az

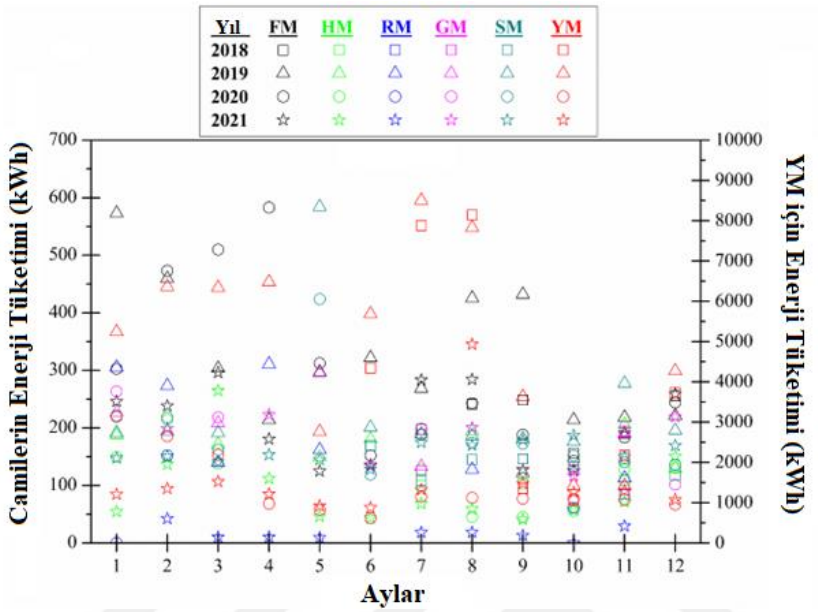
kullanılmasına rağmen enerji tüketimi daha fazlaydı. Ancak 2020 yılının Haziran ve Kasım ayları arasında (pandemi sürecinde) bir önceki yıla göre daha az enerji tüketilmiştir. Pandeminin ilk iki ayındaki yüksek tüketim, personel ve cemaat üyelerinin aydınlatma sistemlerini kullanım stratejilerinden kaynaklanmıştır. Fatih Cami'de pandemiden önce caminin aktif kullanımı nedeniyle aydınlatma sistemi cemaat ve cami görevlileri tarafından düzenli olarak kapatılmaktaydı. Ancak pandemi döneminde cami aktif olarak kullanılmadığı için aydınlatma sisteminin uzun süre açık unutulduğu tahmin edilmektedir. Caminin kullanılmadığı gece saatlerinde ışıkların söndürülmesi ve namaz vakitleri dışında tüm ortamın aydınlatılması yerine yerel aydınlatma sisteminin kullanılması enerji tasarruflu bir aydınlatma stratejisi olarak değerlendirilmelidir.

Orta büyüklükte bir mahalle camisi olan Hacı Hasan Sert Cami'de aydınlatma için minimum enerji tüketimi Eylül 2021'de 41 kWh olarak ve maksimum enerji tüketimi ise Mart 2021'de (pandemi sürecinde) 264 kWh olarak belirlenmiştir. 2020 yılının Nisan ve Haziran ayları arasındaki tüketim verileri dağıtım şirketi tarafından kayıt altına alınmadığı için elde edilememiştir. Ancak pandeminin başladığı 2020 yılının Mart ayında aydınlatma için enerji tüketimi 138 kWh iken, pandemi öncesinde (2019 yılı) aynı ayda 171 kWh idi. Bu durum camide enerji tüketiminin beklendiği gibi azaldığını göstermektedir. Rüstempaşa Cami'de ise pandemi döneminin ilk yılına ait tüketim verileri faturalandırılmadığı için kayıt altına alınmamıştır. Bu nedenle 2019 ile 2021 yılları arasında karşılaştırmalar yapılmış ve pandemi dönemini temsil eden 2021 yılı için enerji tüketimi 2019 yılına göre düşüş göstermiştir.

Tarihi camileri temsil eden Güneyköy Cami'de, restorasyon nedeniyle kullanıma ara verildiği için dağıtım şirketi enerji tüketimini aylık olarak kontrol etmemiştir. Ayrıca camide Rüstempaşa Cami'de olduğu gibi Cuma namazı dışında cemaat ile ibadete ara verilmiştir. Mevcut veriler, bu cami için Temmuz 2018, 2019 ve 2020'de sırasıyla 126, 133 ve 199 kWh enerji tüketimini göstermektedir. Pandemiye rağmen enerji tüketiminde meydana gelen artış, elektrik dağıtım şirketinin pandemi öncesi için elde ettiği verilerin ortalamasını alarak faturalandırma yapmasından kaynaklanmıştır.

Köy camisi olan Safran Köyü Cami için minimum ve maksimum enerji tüketimi sırasıyla Temmuz 2018 (108 kWh) ve Mayıs 2019'da (584 kWh) elde edilmiştir. Pandeminin etkisi dikkate alındığında enerji tüketimi, Mart ve Mayıs 2020'de (pandeminin ilk aylarında)

önceki yılın aynı aylarına göre sırasıyla 30 ve 161 kWh daha düşüktür. Ayrıca 2021 yılında Nisan ve Ekim ayları hariç tüm aylarda enerji tüketimi 2019 yılına göre daha düşüktür.



Şekil 3.51. Camilerde aydınlatmadan kaynaklanan enerji tüketimi

Tablo 3.8. Pandemi öncesi ve sırasındaki aydınlatmadan kaynaklanan elektrik faturaları

Camiler (Taban Alanları)	Aydınlatma Sistemlerinden Kaynaklanan Tüketim			
	Pandemiden önce (Mart 2019 ve Mart 2020 arası)		Pandemi sırasında (Mart 2020 ve Mart 2021 arası)	
	kWh	kWh/m^2	kWh	kWh/m^2
Marmara İlahiyat Cami* (Atmaca ve Gedik, 2019) (1005m^2)	46082,6	45,9	-	-
Yalova Merkez Cami (YM) (567m^2)	54139,6	96,5	13648,9	24,1
Fatih Cami (FM) (357m^2)	3690	10,3	3230,8	9,1
Hacı Hasan Sert Cami (HM) (132m^2)	1512,7	11,5	859,6	6,5
Rüstempaşa Cami (RM) (48m^2)	1004,6	20,9	103,5	2,2
Güneyköy Cami (GM) (99m^2)	1215	12,3	844,3	8,5
Safran Köyü Cami (SM) (270m^2)	2621,6	9,7	1777,5	6,6

**Referans çalışmanın sonuçları 2017 yılına aittir (Atmaca ve Gedik, 2019).*

Pandemi öncesi ve sırasındaki aydınlatma için enerji tüketimini karşılaştırmak için camilerin yıllık toplam enerji tüketimleri Tablo 3.8'de verilmiştir. Atmaca ve Gedik (2019) tarafından 1256 kişi kapasiteli ve 1015 m^2 taban alanına sahip büyük bir camide yapılan araştırmaya göre pandemi öncesinde (2017 yılında) camideki aydınlatmadan kaynaklanan enerji tüketimi 46 kWh/m^2 idi. Bu sonuç, diğer camiler ile karşılaştırıldığında Yalova Merkez Cami dışındaki diğer tüm camilere göre daha yüksekti. Yalova Merkez Cami'deki aydınlatma sistemleri sürekli olarak çalıştırıldığı için yıllık elektrik tüketimi referans çalışmaya göre 51 kWh/m^2 daha yüksekti (Atmaca ve Gedik, 2019). Özellikle aydınlatmaya ihtiyaç duyulan akşam saatlerinde camilerin kullanımının azalması nedeniyle tüm camilerde aydınlatma için enerji tüketimi pandemi öncesi değerlere göre daha düşüktü. Yalova Merkez Cami başta olmak üzere tüm camilerde hareket sensörleri ve tasarruflu aydınlatma sistemleri kullanılarak aydınlatma için harcanan enerji daha da azaltılabilir.

3.3.1.2. Isıtma ve Soğutmadan Kaynaklanan Enerji Tüketimi

Yalova Merkez Cami ve diğer camiler için ısıtma ve soğutma için harcanan enerji Şekil 3.52'de gösterilmiştir. Bazı camilerdeki veri eksikliği nedeniyle Şekil 3.52'de verilen bazı aylık verilerin karşılaştırılması mümkün olmamıştır. Bu nedenle, Tablo 3.9'da verilen pandemi öncesi ve sırasındaki yıllık toplam tüketim verileri incelenerek, çeşitli cami tiplerinde ısıtma ve soğutmadan kaynaklanan elektrik tüketimine pandeminin etkileri değerlendirilmiştir.

Yalova Merkez Cami'nin ısıtma ve soğutmadan kaynaklanan maksimum ve minimum enerji tüketimi sırasıyla Ocak 2020'de (pandemi önlemleri öncesi) ve Mayıs 2021'de (pandemi önlemleri sırasında) kaydedilmiştir. Pandeminin etkisiyle camilerde enerji tüketimi genel olarak azalırken Kasım 2019 ve 2020'de tüketim hemen hemen aynı (1 kWh fark) oldu. Ayrıca 2021 yılı verileri dikkate alındığında Ağustos, Kasım ve Aralık ayları dışında enerji tüketiminin pandemi öncesine göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Fatih Cami'de Mart, Nisan, Mayıs, Kasım ve Aralık 2020'de (pandemi sırasında) ısıtma ve soğutma için enerji tüketimi 2019 yılına (pandemi öncesi) göre daha yüksekti. 2021'deki elektrik tüketimi 2019'a göre Mart (234 kWh fark), Nisan (332 kWh fark) ve Aralık (206 kWh fark) ayları dışındaki aylarda daha düşüktü. 2021 yılının bu aylarına ek

olarak 2020'de Şubat, Mayıs ve Kasım aylarında 2019 yılına göre daha yüksek enerji tüketimi gözlemlenmiştir. Camide en düşük ve en yüksek enerji tüketimi Eylül 2021 ve 2018'de 66 ve 2196 kWh olarak belirlenmiştir.

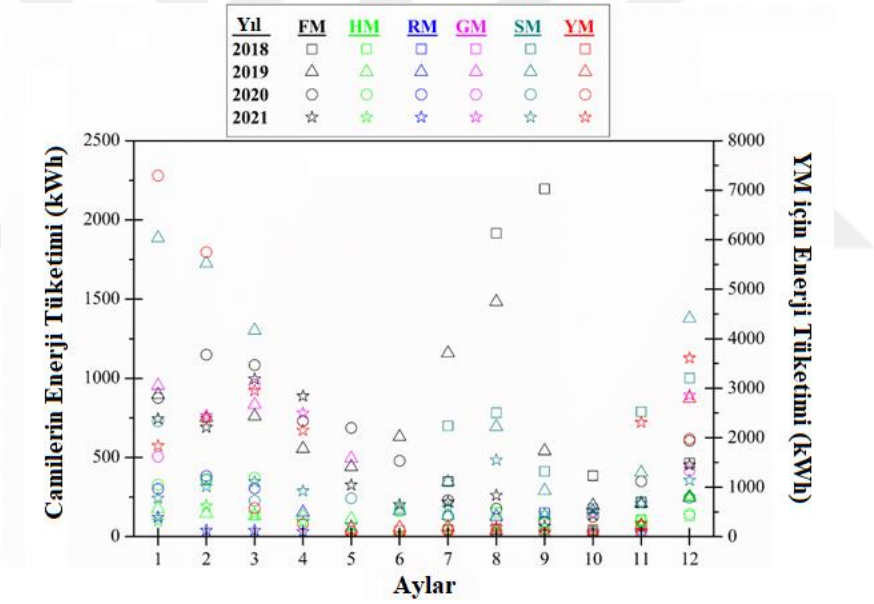
Öte yandan Safran Köyü Cami, pandemi sırasında (2020) pandemi öncesine (2019) göre daha düşük enerji tüketimine sahipti. Bu köy camisinde ilk pozitif vakanın görüldüğü Mart 2020'de 227 kWh, 2019 Mart ayında ise 1302 kWh enerji tüketilmiştir. 2021'in aynı ayındaki enerji tüketimi ise 346 kWh olmuştur. Pandemi sırasındaki ve öncesindeki aylık veriler arasındaki en büyük fark, Ocak 2019 ile 2021 arasında 1644 kWh olarak meydana gelmiştir.

Hacı Hasan Sert Cami için pandemide ve öncesinde ısıtma ve soğutma kaynaklı enerji tüketimine ilişkin veriler sınırlıydı. Pandemi döneminde (2020 yılında) enerji tüketimi 2019 yılına göre 85 kWh (Temmuz), 101 kWh (Eylül) ve 115 kWh (Aralık) daha azdı. 2021 yılında pandemi öncesi döneme göre Ocak (78 kWh), Nisan (38 kWh), Temmuz (100 kWh), Eylül (104 kWh) ve Aralık (7 kWh) aylarında düşüş yaşanmıştır. Ancak Şubat ve Mart aylarındaki enerji tüketimlerinde sırasıyla 48 ve 15 kWh artış meydana gelmiştir.

Güneyköy Cami için Mart ayı dışında aylık değerlendirmeler elektrik dağıtım şirketinin faturalandırma yapmaması ve bazı aylarda caminin kullanımına ara verilmesi nedeniyle yapılamamıştır. Benzer şekilde Rüstempaşa Cami için de veri eksikliği nedeniyle karşılaştırmalar ancak 2019 ve 2021 Nisan ve Ağustos ayları arasında yapılabilmiştir. Pandeminin ilk ayı olan Mart ayında Güneyköy Cami için ısıtma kaynaklı enerji tüketimi pandemi öncesi döneme kıyasla 126 kWh artmıştır. Nisan ve Ağustos 2019 ve 2021'de salgın sırasında Rüstempaşa Cami için enerji tüketiminde 123 kWh (Nisan) ve 127 kW (Ağustos) azalma meydana gelmiştir. Bu camilerin daha ayrıntılı bir incelemesi Tablo 3.9'da yapılmıştır.

Safran Köyü Cami, 2020 ve 2021 yıllarında pandemi öncesine göre aylık tüketimin en az olduğu camilerden biridir. Enerji tüketimi 2020 yılının Ağustos, Eylül, Kasım ve Aralık aylarında bir önceki yıla göre 586, 243, 186 ve 1133 kWh azalmıştır. Ayrıca 2021 yılının aynı ayları için sırasıyla 210, 147, 197 ve 1023 kWh düşüş gözlenmiştir.

Bazı aylarda pandemi döneminde ısıtma ve soğutmadan kaynaklanan enerji tüketiminin artması, yasak olmasına rağmen bazı camilerde klima sistemlerinin kullanıldığını işaret etmiştir. Bu camilerde cemaat, ibadete devam ederken belirsiz zamanlarda klima sistemlerini çalıştırmıştır. Ayrıca pandeminin ilk aylarında (Tablo 3.9) enerji dağıtım şirketi faturalandırmayı önceki yılların ortalamasına göre belirlediği için neredeyse hiç tüketimin yapılmadığı camilerde bile enerji tüketimi kayıt altına alınmıştır. Enerji dağıtım şirketinin faturalandırma politikasının detayları talep edilmesine rağmen bilgi gizliliği nedeniyle paylaşılmamıştır. Dolayısıyla hangi parametrenin hangi camilerde enerji tüketimindeki artışa neden olduğu net olarak tespit edilememiştir. Ancak genel olarak pandemi döneminde camilerde enerji tüketimindeki artışın klima sistemlerinin kullanımından veya enerji dağıtım şirketinin yanlış fatura kesmesinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.



Şekil 3.52. Camilerde ısıtma ve soğutmadan kaynaklanan enerji tüketimi

İstanbul'da bulunan ve taban alanı 1005 m^2 olan Marmara İlahiyat Cami'sinin pandemi öncesindeki 2017 yılına ait toplam enerji tüketiminin 47,5 kWh/m^2 olduğu bildirilmiştir (Tablo 3.9) (Atmaca ve Gedik, 2019). Referans çalışmadaki enerji tüketimi (Atmaca ve Gedik, 2019), bu çalışmada ele alınan camilerden daha yüksektir. Bu, çalışmada ele alınan camilerdeki enerji tüketiminin makul olduğunu göstermektedir. Ancak yalıtım uygulamaları ile yalıtımsız camilerin enerji tüketiminin azaltılabileceği belirtilebilir. Pandemi sürecinde pandemi öncesine göre enerji tüketiminin arttığı Güneyköy Cami'deki

ısıtma ve soğutma sistemleri cami görevlileri tarafından dış hava sıcaklığına göre ayarlanmaktadır. Diğer camilerde olduğu gibi bu camide de iklimlendirme sistemlerinin dış ortam sıcaklığı, cemaat sayısı ve namaz vakitlerindeki değişikliklerle entegre bir otomasyon sistemi ile yönetilmesi enerji tüketiminin azaltılmasına yardımcı olabilir.

Tablo 3.9. Pandemi öncesi ve sırasındaki ısıtma ve soğutmadan kaynaklanan elektrik tüketimi

	Isıtma ve Soğutma Sistemlerinden Kaynaklanan Tüketim			
	Pandemiden önce (Mart 2019 ve Mart 2020 arası)		**Pandemi sırasında (Mart 2020 ve Mart 2021 arası)**	
Camiler (Taban Alanı)	kWh	kWh/m^2	kWh	kWh/m^2
Marmara İlahiyat Cami* (Atmaca ve Gedik, 2019) (1005m^2)	47737,2	47,5	-	-
Yalova Merkez Cami (YM) (567m^2)	16719,6	29,5	10970,8	19,4
Fatih Cami (FM) (357m^2)	8252,2	23,1	6000,1	16,8
Hacı Hasan Sert Cami (HM) (132m^2)	1581,6	12	1216,8	9,2
Rüstempaşa Cami (RM) (48m^2)	966,5	20,1	621,2	12,9
Güneyköy Cami (GM) (99m^2)	1835,7	18,5	2305,7	23,2
Safran Köyü Cami (SM) (270m^2)	5674	21	1685,4	6,2

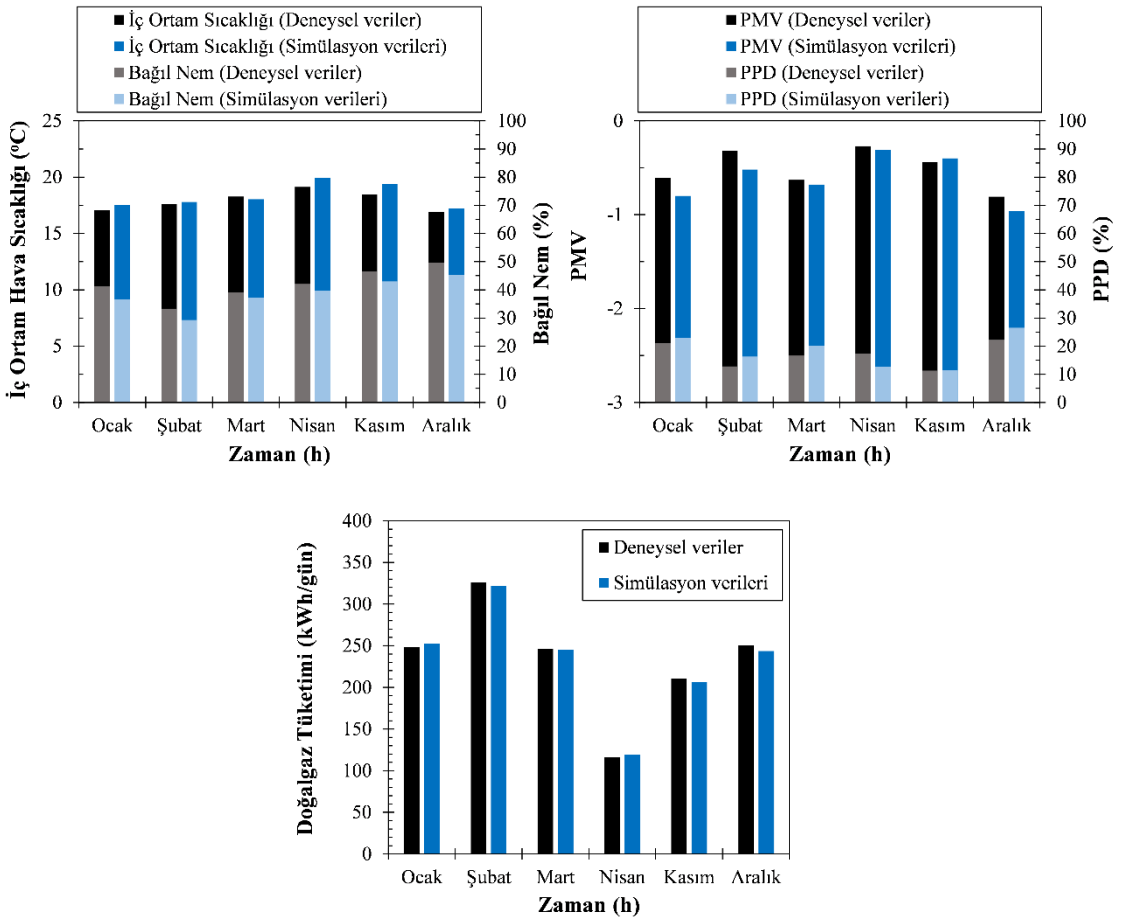
**Referans çalışmanın sonuçları 2017 yılına aittir (Atmaca ve Gedik, 2019).*

3.4. Simülasyon Bulguları

Çalışmanın bu bölümünde Hacı Hasan Sert Cami'de kullanılan yerden ısıtma sistemi ve klimaların kullanım stratejileri ısıtma ve soğutma sezonları için ayrı ayrı ele alınmıştır. İklimlendirme sistemlerinin mevcut kullanım stratejisi dikkate alınarak geliştirilen senaryolar ile elde edilen simülasyon sonuçları deneysel sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Kıyaslamalar neticesinde mevcut ısıl konfor şartlarının daha düşük enerji tüketimi ile sağlanması ve iklimlendirme sistemlerinden kaynaklanan CO_2 salımının en aza indirilmesi amaçlanmıştır.

3.4.1. Kış Sezonu için Simülasyon Bulguları

Yalova ilinin 2021 yılındaki meteorolojik şartlarına göre yerden ısıtma sisteminin kullanıldığı kış ayları Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Kasım ve Aralık olarak belirlenmiştir. İlgili ısıtma sezonu ayları için simülasyon çalışmaları yerden ısıtma sisteminin çalışma stratejisine bağlı olarak geliştirilen altı senaryo dikkate alınarak hem aylık hem de yıllık bazda yürütülmüştür. Isıtma sezonunun kritik ayları olarak belirlenen Şubat ve Aralık ayları çalışmada daha ayrıntılı şekilde ele alınırken diğer aylara ait günlük ve aylık bulgular Ek-C'de verilmiştir.



Şekil 3.53. Isıtma sezonu için simülasyon modelinin doğrulanması

Simülasyon çalışmasında ele alınan senaryoların doğruluğunun ve geçerliliğinin sağlanması için oluşturulan model, deneysel çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3.53). Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı, bağıl nemi, PMV, PPD ve doğalgaz tüketimleri dikkate alındığında simülasyon sonuçlarının deneysel sonuçlar ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Her iki yöntem ile elde edilen ortalama iç hava sıcaklıkları

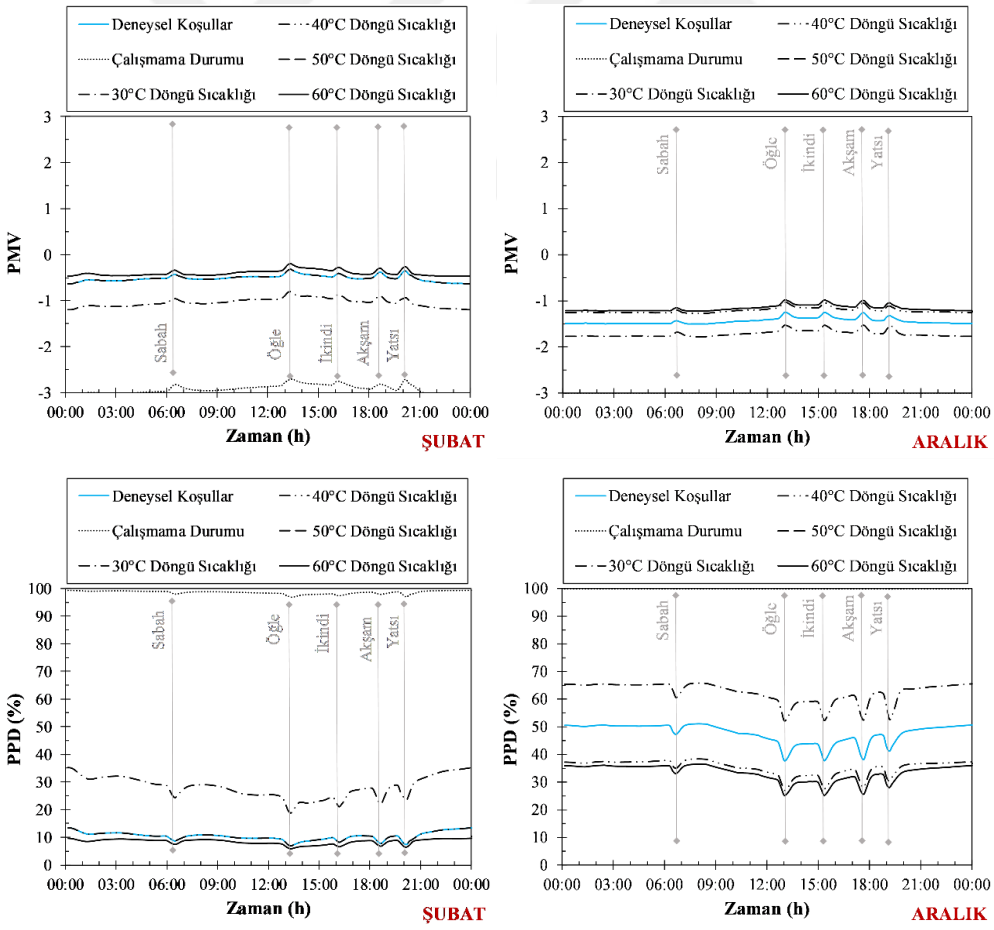
arasında Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Kasım ve Aralık ayları için sırasıyla 0,5, 0,2, 0,2, 0,8, 0,9 ve 0,3^{o}C'lik bir fark gözlenmiştir. Ayrıca kış ayları için PMV ve PPD indeksleri arasındaki en büyük fark 0,2 ve %5 olarak belirlenmiştir. Aylık doğalgaz tüketimindeki en büyük fark ise Nisan ve Aralık aylarında 7 kWh/gün olmuştur. Belirtilen fark yaklaşık %3 hata oranına tekabül etmektedir. Elde edilen farkların küçük olması simülasyon modelinin doğruluğunun kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir (Yüksel ve diğ., 2023).

3.4.1.1. Kış Sezonu için Senaryo-I

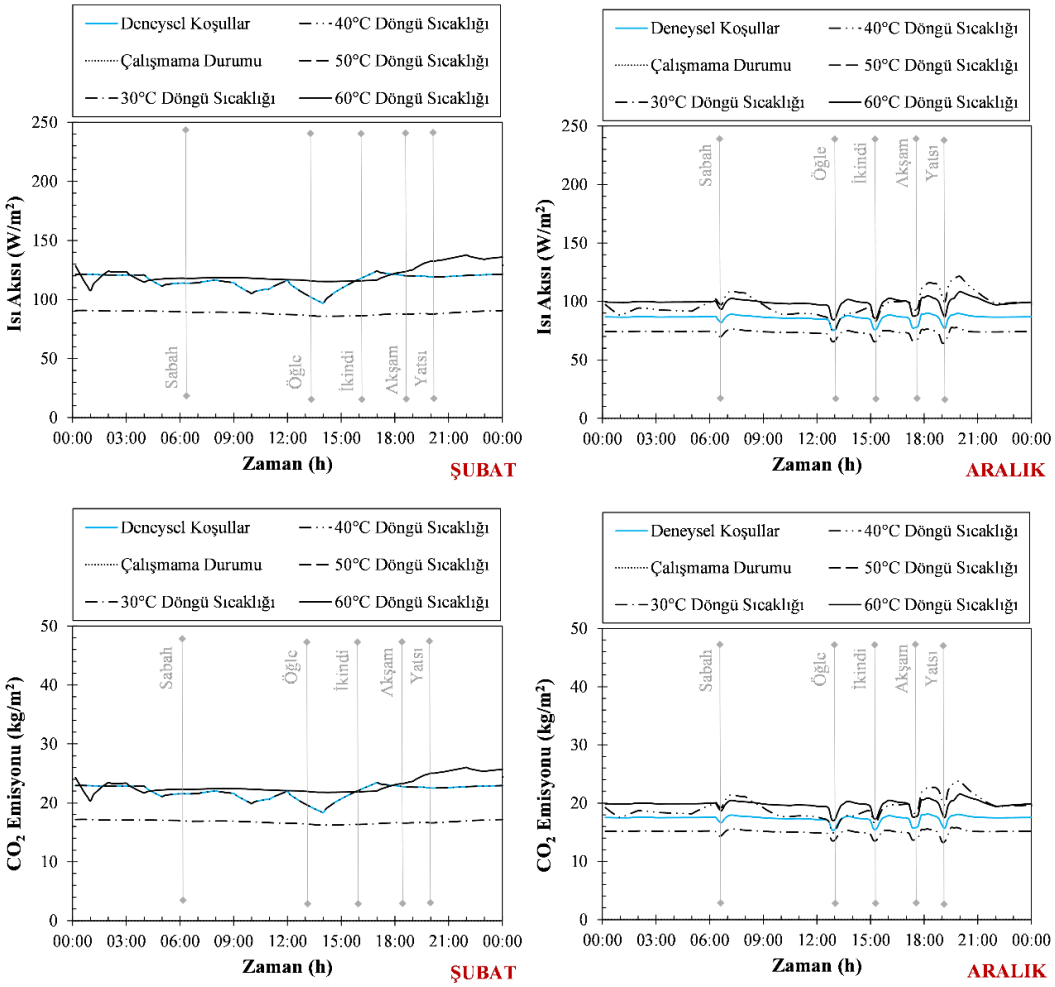
Bu senaryoda, Hacı Hasan Sert Cami'de kullanılan yerden ısıtma sistemi kademeli olarak her ay için 30, 40, 50 ve 60^{o}C'lik bir ısıtma sıcaklığına ayarlanmış (ortalama sıcak su döngü sıcaklığı "OSSDS") ve bir ısıtma sezonu boyunca kesintisiz olarak çalıştırılmıştır. Deneyde elde edilen 16 Şubat tarihli günlük veriler (22-50^{o}C SSDS), Şekil 3.54 ve Tablo 3.10'da gösterildiği gibi 40^{o}C OSSDS için simülasyon verileriyle örtüşmüştür. 16 Şubat'ta 40, 50 ve 60^{o}C'lik OSSDS'ler için PMV ve PPD varyasyonu nispeten birbirine yakındır ve 40 ile 60^{o}C arasındaki maksimum fark 0,16 ve %4 olarak elde edilmiştir. Ancak, 30 ve 40^{o}C OSSDS'ler için PMV ve PPD arasındaki fark 0,61 ve %22 olarak belirlenmiştir. Bu durum, 40^{o}C ve üzerindeki OSSDS'lerin iç hava direncini kırdığını göstermektedir. Öte yandan, debi yüksek olduğu için yerden ısıtma sisteminin enerji tüketimi cemaatten etkilenmemiştir. Beklendiği gibi, tüm durumlarda zemindeki ısı akısı ile yakıt tüketiminden kaynaklanan CO_2 salımı benzer bir eğilim göstermiştir. En düşük ortalama CO_2 salımı, 30^{o}C OSSDS'de 17 kg/m^2 olarak elde edilmiştir. Bu duruma, 30^{o}C OSSDS'de sistemdeki döngü suyunu ısıtmak için diğer OSSDS'lere göre daha az yakıt tüketilmesi sebep olmuştur.

10 Aralık'ta elde edilen ısıl konfor verileri 40, 50 ve 60^{o}C'lik OSSDS'lerde benzerlik göstermiştir (Şekil 3.54). Yerden ısıtma sistemindeki su debisi Şubat ayındaki kadar yüksek olmadığı için 40 ve 50^{o}C OSSDS'ler arasında yatsı namazından sonra zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımında küçük bir fark gözlenmiştir. Bu durumun bir başka nedeni, su döngüsündeki sıcaklık değişiminin yatsı namazının sonuna kadar her iki döngü sıcaklığı için benzer olmasıdır. 40, 50 ve 60^{o}C OSSDS'ler için PMV ve PPD değerleri, 16 Şubat'ta olduğu gibi 10 Aralık'ta da birbirine oldukça yakındır. Deneysel koşullar altında elde edilen ortalama PMV değeri, 30^{o}C OSSDS'de elde edilenden 0,28 daha yüksek ve 40-

50°C ve 60°C OSSDS'lerde elde edilenlere göre sırasıyla 0,23 ve 0,29 daha düşüktür. Bu durum, beklendiği gibi deneysel SSDS'den daha yüksek sıcaklıklarda daha iyi konfor koşullarının elde edildiğini göstermiştir. Ayrıca deneysel SSDS'den daha düşük olan 30°C OSSDS'de daha kötü ısıl koşullar gözlenmiştir. PMV durumuna benzer şekilde, deneysel SSDS'de ortalama ısıl memnuniyetsizlik oranı, 30°C OSSDS'de elde edilen PPD değerine göre %15 daha düşük ve 40-50°C ve 60°C OSSDS'lerde elde edilen PPD değerine göre sırasıyla %13 ve %14 daha yüksektir. Namaz vakitlerinde cemaatin camide bulunması PMV ve PPD değerlerini yaklaşık 0,25 ve %7 arttırmıştır. Cemaatin camideki varlığının ısıl koşullar üzerindeki etkisi OSSDS azaldıkça artmıştır. Cemaatin mevcudiyetinden ısı akısının da etkilendiği ve namaz vakitlerinde zemindeki ısı akısının ortalama 10 W/m^2 azaldığı sonucuna varılmıştır. CO_2 salımı ise tüm durumlarda zemindeki ısı akısına benzer bir eğilim göstermiş ve en düşük ortalama CO_2 salımı 30°C OSSDS'de 15 kg/m^2 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.54. 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil 3.54. (Devam) 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Senaryo-I için elde edilen tüm aylara ait günlük ve ortalama aylık veriler Ek-C'de sunulurken Şubat ve Aralık ayı için elde edilen aylık sonuçlar Tablo 3.10'da verilmiştir. Tüm aylar için OSSDS arttıkça iç ortam hava sıcaklığı, ortalama radyan sıcaklık ve çalışma sıcaklıklarına ek olarak PMV, doğalgaz tüketimi ve CO_2 salımı artmış, bağıl nem ve PPD azalmıştır. Şubat ayında 60°C OSSDS'de deneysel SSDS'ye kıyasla ortalama PPD %6 iyileşmiş olmasına rağmen ortalama yakıt tüketimi ve CO_2 salımı %12 artmıştır. Öte yandan, Aralık ayında ortalama PPD, 60°C OSSDS'de %11 iyileşirken, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı %18 artmıştır. Bu sonuçlara dayanarak artan yakıt tüketimine ve CO_2 salımına neden olduğu için deneysel SSDS'nin üzerindeki sıcaklıkların kullanılması önerilmemektedir. Ancak camide mevcut ısıl konfor koşullarının iyileştirilmesi için sürekli ısıtma stratejisinde daha yüksek OSSDS tercih edilebilir.

Tablo 3.10. Senaryo-I için aylık ortalama veriler

Aylar	Parametreler	Deneysel SSDS	30ºC OSSDS	40ºC OSSDS	50ºC OSSDS	60ºC OSSDS	Çalışmama
Ocak	DHS (ºC)	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
	İHS (ºC)	17,5	16,2	18,4	18,7	19,3	7,3
	BN (%)	37	40	35	34	33	71
	ORS (ºC)	18,5	17,1	19,4	19,7	20,2	7,7
	ÇS (ºC)	18,0	16,6	18,9	19,2	19,8	7,5
	PMV	-0,8	-1,1	-0,6	-0,6	-0,5	-2,9
	PPD (%)	23	34	16	13,4	12,4	94,8
	DT (kWh/gün)	253	217	277	287	300	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	383	329	420	435	454	N/A
Şubat	DHS (ºC)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (ºC)	17,8	15,5	17,8	18,6	19,1	6,2
	BN (%)	29	34	29	28	27	59
	ORS (ºC)	19,4	17,0	19,3	20,3	21,7	6,6
	ÇS (ºC)	18,6	16,3	18,6	19,4	19,9	6,48
	PMV	-0,52	-0,96	-0,52	-0,35	-0,26	-2,83
	PPD (%)	16	32	16	10	10	88
	DT (kWh/gün)	322	255	322	349	362	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	488	387	488	529	549	N/A
Mart	DHS (ºC)	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
	İHS (ºC)	18,0	18,0	20,2	20,5	20,9	9,1
	BN (%)	37	37	33	32	31	66
	ORS (ºC)	19,8	19,8	22,1	22,3	22,8	9,8
	ÇS (ºC)	18,9	18,9	21,2	21,4	21,8	9,5
	PMV	-0,7	-0,7	-0,2	-0,2	-0,1	-2,6
	PPD (%)	20	20	8	7	7	87
	DT (kWh/gün)	245	245	306	313	326	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	373	373	465	474	495	N/A
Nisan	DHS (ºC)	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
	İHS (ºC)	19,9	19,9	20,5	20,6	21,3	14,8
	BN (%)	40	40	38	38	37	54
	ORS (ºC)	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	15,8
	ÇS (ºC)	20,5	20,5	21,2	21,3	21,9	15,4
	PMV	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,02	-1,4
	PPD (%)	13	13	9	9	8	44
	DT (kWh/gün)	119	119	133	135	152	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	181	181	202	205	230	N/A
Kasım	DHS (ºC)	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
	İHS (ºC)	19,4	19,4	20,4	20,6	21,5	11,9
	BN (%)	43	43	41	40	38	65
	ORS (ºC)	20,8	20,8	21,9	22,1	23,0	12,3
	ÇS (ºC)	20,1	20,1	21,2	21,3	22,3	12,1
	PMV	-0,4	-0,4	-0,2	-0,1	0,1	-2,1
	PPD (%)	11	11	7	7	6	74
	DT (kWh/gün)	207	207	238	241	268	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	313	313	360	365	406	N/A

Tablo 3.10. (Devam) Senaryo-I için aylık ortalama veriler

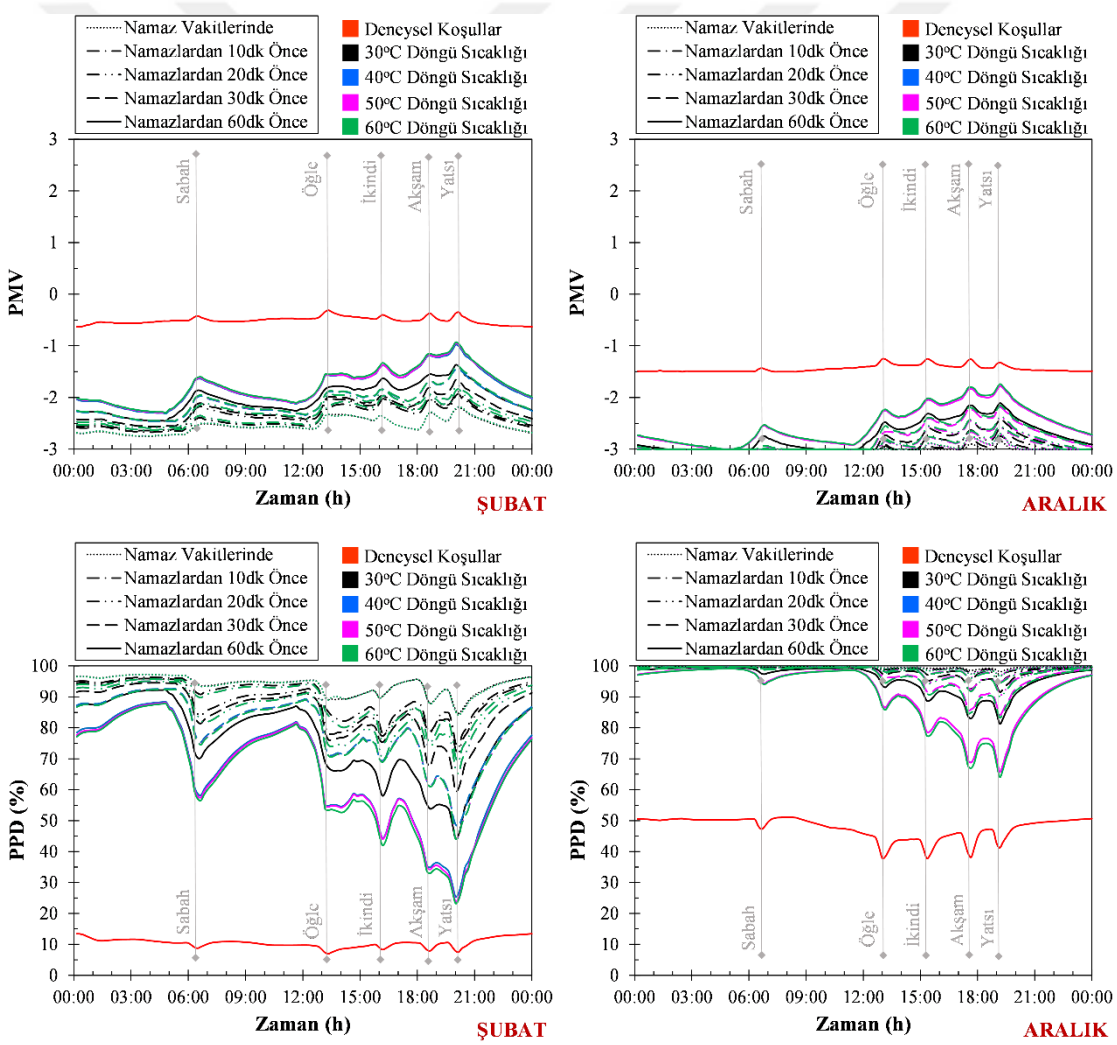
Aylar	Parametreler	Deneysel SSDS	30°C OSSDS	40°C OSSDS	50°C OSSDS	60°C OSSDS	Çalışmama
Aralık	DHS (°C)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (°C)	17,2	16,2	17,8	17,9	18,7	8,7
	BN (%)	45	48	44	44	41	74
	ORS (°C)	18,5	17,4	19,1	19,2	20,1	9,0
	ÇS (°C)	17,9	16,8	18,5	18,5	19,4	8,9
	PMV	-0,96	-1,20	-0,84	-0,82	-0,63	-2,88
	PPD (%)	27	38	21	21	16	95
	DT (kWh/gün)	244	213	261	264	287	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	372	326	398	403	437	N/A

3.4.1.2. Kış Sezonu için Senaryo-II

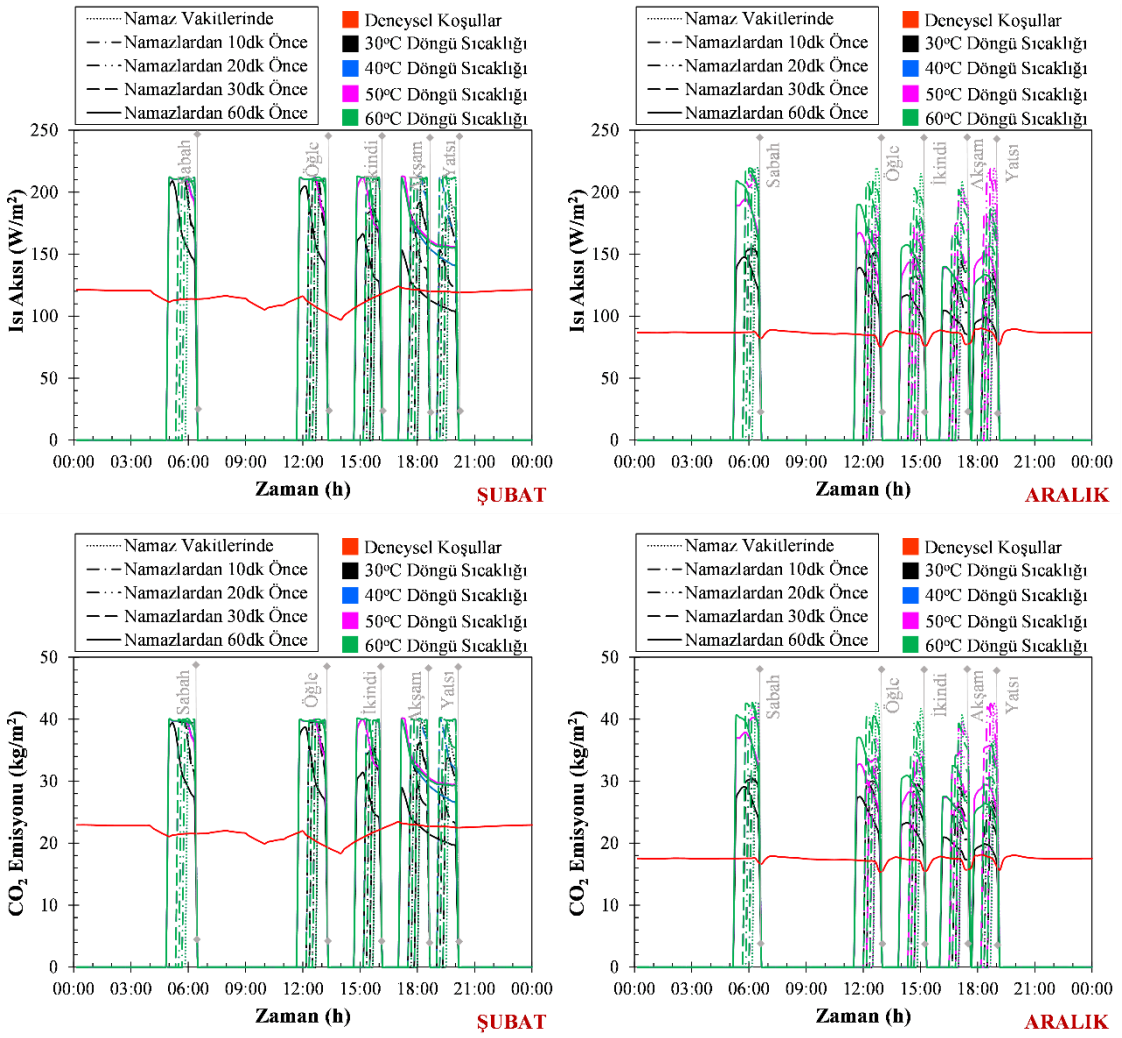
Senaryo-II'de yakıt tüketimini ve CO_2 salımını azaltmak için yerden ısıtma sistemi sadece namaz vakitlerinde çalıştırılmıştır. Yerden ısıtma sistemi namazdan 0, 10, 20, 30 ve 60 dakika önce çalıştırılmış ve namaz bitiminde kapatılmıştır. Ayrıca Senaryo-I'de olduğu gibi yerden ısıtma sisteminin OSSDS'si 30, 40, 50 ve 60°C olarak ayarlanmış ve elde edilen sonuçlar deneysel koşullarda elde edilen sürekli çalışma bulguları ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3.55).

Hem Şubat hem de Aralık aylarını temsil eden günler için yerden ısıtma sistemi çalışma süresi arttıkça PMV ve PPD değerleri iyileşmiştir. 10 Aralık'ta yerden ısıtma sisteminin sadece namaz vakitlerinde çalıştırılması, gün içerisinde PMV ve PPD'nin -3'e ve %100'e ulaşmasına neden olmuştur. Yerden ısıtma sisteminin sadece namaz vakitlerinde çalıştırılmasına kıyasla namaz vakitlerinden 60 dakika önce çalışma stratejisi, 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde sırasıyla PPD'yi %23 ve %64 oranında azaltmıştır. Bu memnuniyetsizlik oranları, aralıklı ısıtma stratejisi altında elde edilen en düşük oranlar olmasına rağmen yerden ısıtma sisteminin deneysel koşullar altında sürekli çalışmasına kıyasla daha yüksektir. Diler ve diğ. (2021) tarafından incelenen tarihi bir caminin kış aylarının sert geçmediği Türkiye'nin Manisa ilinde bulunması nedeniyle yerden ısıtma sistemi namazdan 60 dakika önce çalıştırıldığında, namaz vakitlerindeki PPD değeri %20 ile %5 arasında değişmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular referans çalışma (Diler ve diğ., 2021) ile kıyaslandığında, yerden ısıtma sisteminin çalışma stratejilerinin belirlenmesinde iklim koşullarının önemli ölçüde belirleyici olduğu saptanmıştır.

Aralık ve Şubat aylarını temsil eden her iki gün için de zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı sadece namaz vakitlerinde yerden ısıtma sisteminin çalıştırıldığı ilk zamanlarda zirvelere ulaşmıştır. Yerden ısıtma sisteminin döngü suyu sistem pasif durumdayken ortam koşullarından etkilenerek düşüş gösterdiği için namaz vakitlerinde sistemin çalıştırılması ile yüksek yakıt tüketimi ve CO_2 salımı meydana gelmiştir. Dolayısıyla meydana gelen bu artışlar kısa süreli olarak sürekli çalışma stratejilerine (Senaryo-I) göre daha yüksek olmuştur. Gün içindeki maksimum ısı akısı ve CO_2 salımı, Şubat ayında 212 W/m^2 ve 40 kg/m^2 ve Aralık ayında 209 W/m^2 ve 41 kg/m^2 olarak belirlenmiştir. Ancak aynı günler için elde edilen deneysel ortalama sonuçlar Şubat ayında 116 W/m^2 ve 22 kg/m^2 ve Aralık ayında 86 W/m^2 ve 17 kg/m^2 olarak saptanmıştır.



Şekil 3.55. 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil 3.55. (Devam) 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Yerden ısıtma sisteminin aralıklı olarak çalışmasıyla birlikte aylık ortalama PMV değeri Şubat ayında -2,46'ya ve Aralık ayında -2,64'e kadar düşüş göstermiştir (Tablo 3.11 ve 3.12). En konforlu koşullar, yerden ısıtma sisteminin namazdan 60 dakika önce OSSDS 60°C'de çalıştırıldığı zaman (Şubat için PMV=-1,66 ve PPD=%57, Aralık için PMV=-1,93 ve PPD=%70) elde edilmiştir. Bu veriler PPD değerinin deneysel koşullara (sürekli çalışma) kıyasla Şubat ve Aralık aylarında sırasıyla en az %41 ve %43 arttığını göstermiştir. Öte yandan, namaz vakitlerinde aralıklı çalışma stratejisi, Şubat ve Aralık ayları için yakıt tüketimini 55 ve 32 kWh/gün'e düşürmüştür. Yerden ısıtma sisteminin namazdan 60 dakika önce 60°C'de çalıştırılması ile Şubat'ta %47 ve Aralık'ta %49 yakıt tüketimi tasarrufu sağlanmıştır. Yakıt tüketimi ve CO_2 salımında tasarruf sağlanmasına

rağmen günlük ve aylık olarak deneysel koşullardaki konfor koşulları sağlanamadığı için Senaryo-II tavsiye edilen bir strateji değildir.

Tablo 3.11. Senaryo-II için Şubat ayı ortalama verileri

OSSDS	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
Deneysel	DHS (ºC)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (ºC)	8,0	8,8	9,3	10,0	11,5
	BN (%)	55	52	50	48	44
	ORS (ºC)	8,8	9,7	10,3	11,1	12,7
	ÇS (ºC)	8,4	9,3	9,8	10,5	12,1
	PMV	-2,4	-2,3	-2,2	-2,1	-1,8
	PPD (%)	79	75	73	69	60
	DT (kWh/gün)	58	77	96	112	154
	CO_2 salımı (kg/gün)	87	116	146	170	233
30ºC	DHS (ºC)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (ºC)	8,0	8,6	9,1	9,5	10,6
	BN (%)	55	52	51	49	46
	ORS (ºC)	8,7	9,5	10,0	10,5	11,7
	ÇS (ºC)	8,3	9,1	9,5	10,0	11,2
	PMV	-2,5	-2,3	-2,2	-2,1	-1,9
	PPD (%)	80	77	75	72	66
	DT (kWh/gün)	55	70	87	98	128
	CO_2 salımı (kg/gün)	84	107	131	148	194
40ºC	DHS (ºC)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (ºC)	8,0	8,8	9,3	10,0	11,5
	BN (%)	55	52	50	48	44
	ORS (ºC)	8,8	9,7	10,3	11,1	12,7
	ÇS (ºC)	8,4	9,3	9,8	10,5	12,1
	PMV	-2,4	-2,3	-2,2	-2,1	-1,8
	PPD (%)	79	75	73	69	60
	DT (kWh/gün)	58	77	96	112	154
	CO_2 salımı (kg/gün)	87	116	146	170	233
50ºC	DHS (ºC)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (ºC)	8,0	8,8	9,4	10,0	11,6
	BN (%)	55	52	50	48	43
	ORS (ºC)	8,8	9,8	10,3	11,1	12,8
	ÇS (ºC)	8,4	9,3	9,9	10,6	12,2
	PMV	-2,4	-2,3	-2,2	-2,0	-1,7
	PPD (%)	79	75	73	69	59
	DT (kWh/gün)	58	77	97	113	159
	CO_2 salımı (kg/gün)	88	117	147	172	241
60ºC	DHS (ºC)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (ºC)	8,1	9,0	9,6	10,3	12,0
	BN (%)	54	51	49	47	42
	ORS (ºC)	8,9	9,9	10,6	11,4	13,2
	ÇS (ºC)	8,5	9,5	10,1	10,8	12,6
	PMV	-2,4	-2,3	-2,1	-2,0	-1,7
	PPD (%)	79	74	71	67	57
	DT (kWh/gün)	61	82	103	121	170
	CO_2 salımı (kg/gün)	92	124	156	184	258

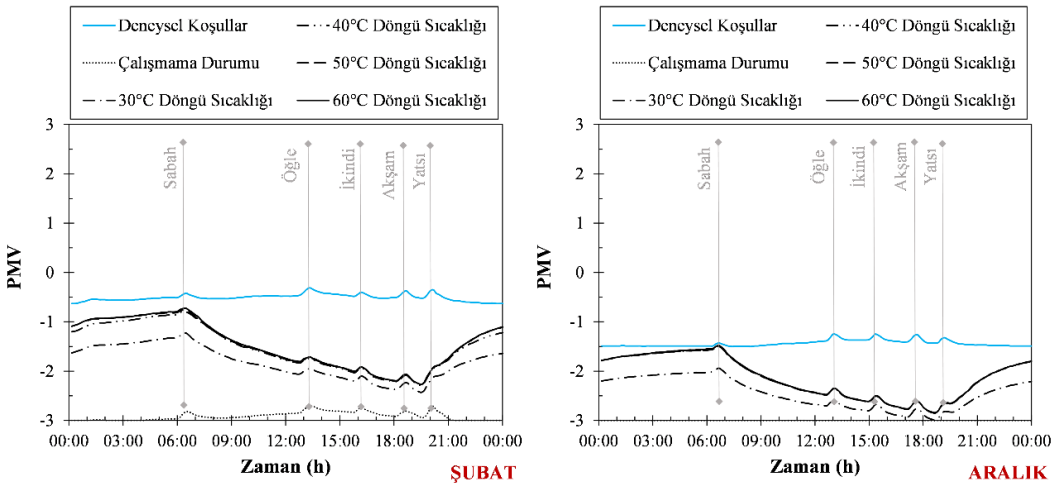
Tablo 3.12. Senaryo-II için Aralık ayı ortalama verileri

OSSDS	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
Deneysel	DHS (ºC)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (ºC)	9,8	10,4	10,7	11,2	12,2
	BN (%)	72	70	68	66	62
	ORS (ºC)	10,4	11,1	11,4	11,9	13,1
	ÇS (ºC)	10,1	10,8	11,1	11,6	12,7
	PMV	-2,6	-2,5	-2,4	-2,3	-2,1
	PPD (%)	91	88	86	83	75
	DT (kWh/gün)	36	51	65	74	103
	CO_2 salımı (kg/gün)	55	77	98	113	157
30ºC	DHS (ºC)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (ºC)	9,7	10,2	10,5	10,9	11,8
	BN (%)	73	71	69	68	64
	ORS (ºC)	10,2	10,9	11,2	11,6	12,6
	ÇS (ºC)	10,0	10,6	10,8	11,3	12,2
	PMV	-2,6	-2,5	-2,5	-2,4	-2,2
	PPD (%)	91	89	87	85	79
	DT (kWh/gün)	32	44	56	65	90
	CO_2 salımı (kg/gün)	48	67	86	99	138
40ºC	DHS (ºC)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (ºC)	9,9	10,5	10,8	11,3	12,4
	BN (%)	72	69	68	66	62
	ORS (ºC)	10,4	11,2	11,5	12,1	13,3
	ÇS (ºC)	10,1	10,9	11,2	11,7	12,8
	PMV	-2,6	-2,5	-2,4	-2,3	-2,0
	PPD (%)	91	88	86	83	74
	DT (kWh/gün)	38	54	69	80	110
	CO_2 salımı (kg/gün)	58	82	105	121	168
50ºC	DHS (ºC)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (ºC)	9,9	10,5	10,8	11,3	12,4
	BN (%)	72	69	68	66	62
	ORS (ºC)	10,4	11,2	11,5	12,1	13,3
	ÇS (ºC)	10,1	10,9	11,2	11,7	12,9
	PMV	-2,6	-2,5	-2,4	-2,3	-2,0
	PPD (%)	91	88	86	83	74
	DT (kWh/gün)	38	54	69	80	111
	CO_2 salımı (kg/gün)	58	83	105	122	169
60ºC	DHS (ºC)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (ºC)	10,0	10,8	11,1	11,6	12,9
	BN (%)	72	68	67	65	60
	ORS (ºC)	10,6	11,5	11,9	12,5	13,8
	ÇS (ºC)	10,3	11,1	11,5	12,0	13,4
	PMV	-2,6	-2,4	-2,3	-2,2	-1,9
	PPD (%)	89	86	83	80	70
	DT (kWh/gün)	44	61	78	90	124
	CO_2 salımı (kg/gün)	66	93	118	136	189

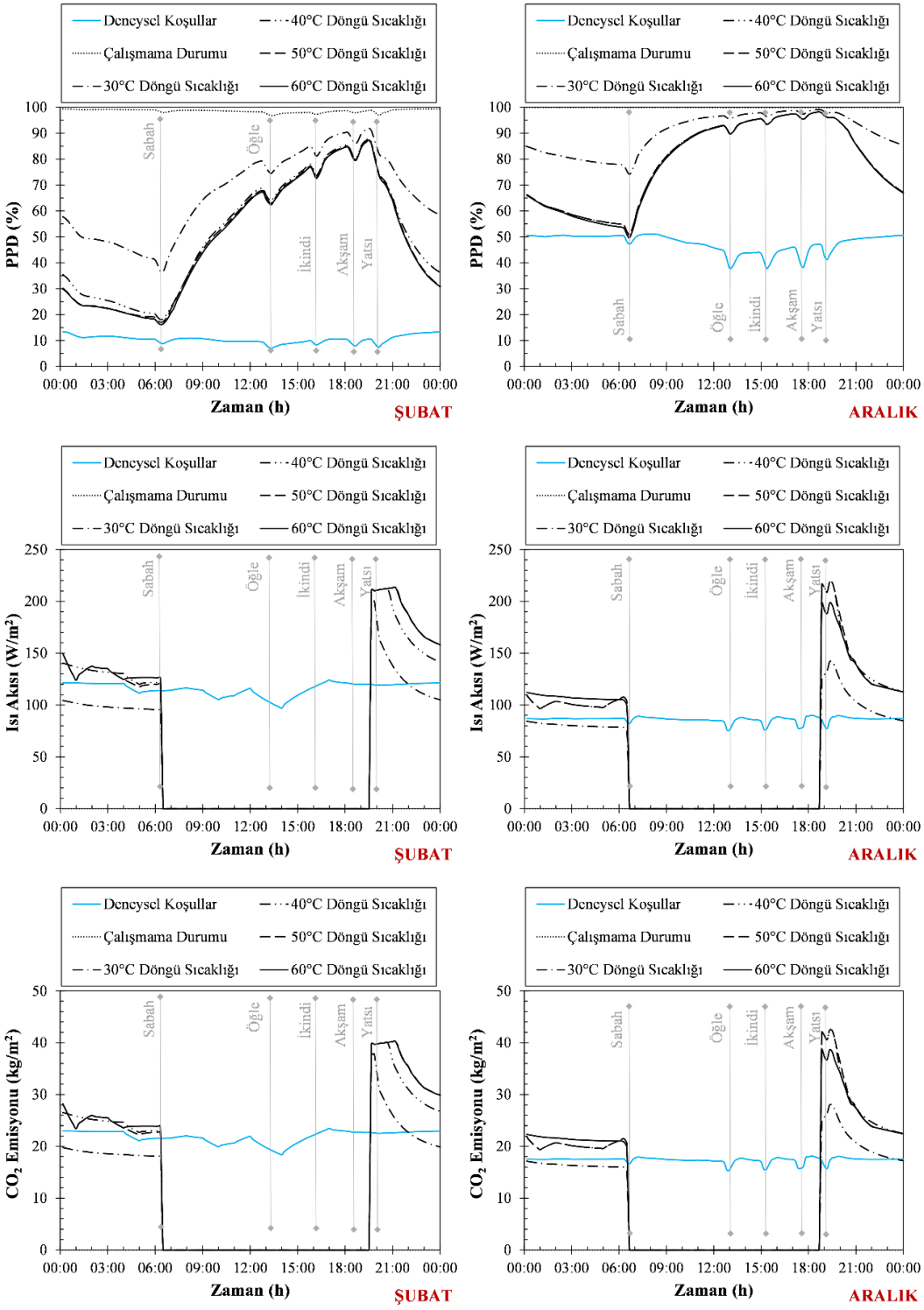
3.4.1.3. Kış Sezonu için Senaryo-III

Güneşten kaynaklanan radyasyon değerlerinin gündüz saatlerindeki artışına bağlı olarak iç ortamın ısınması göz önünde bulundurulmuş ve yerden ısıtma sisteminin sadece gece saatlerinde çalıştırılmasının yakıt tüketimine, CO_2 salımına ve iç ortam ısıl konforuna etkilerini gözlemlemek amacıyla Senaryo-III tasarlanmıştır. Önceki senaryolarda olduğu gibi, OSSDS 30, 40, 50 ve 60°C'ye ayarlanmış ve yerden ısıtma sistemi yatsı namazının başlangıcından sabah namazının sonuna kadar çalıştırılmıştır (Şekil 3.56).

Senaryo-III'te en düşük PMV ve en yüksek PPD değerleri hem 16 Şubat hem de 10 Aralık'ta yerden ısıtma sisteminin çalıştırılmadan hemen önceki yatsı namazında elde edilmiştir. Sistem gece boyunca aktif olduğu için en konforlu iç ortam koşulları, yerden ısıtma sisteminin kapatıldığı anda sabah namazının sonunda gözlenmiştir. Gece saatlerinde en iyi ısıl koşulların sağlandığı 60°C OSSDS'de en yüksek PMV değerleri 16 Şubat ve 10 Aralık için sırasıyla -0,73 ve -1,48 olarak belirlenmiştir. Bu PMV değerleri, deneylerde elde edilen verilerden maksimum 0,12 (16 Şubat) ve 0,24 (10 Aralık) daha düşüktü. 16 Şubat ve 10 Aralık için hesaplanan en yüksek PPD değerleri ise 30°C OSSDS'de sırasıyla %92 ve %99 olarak gözlemlenmiştir. Bu OSSDS'de zemindeki ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı 51 W/m^2 ve 10 kg/m^2 idi. Senaryo-III'te, yerden ısıtma sisteminin yakıt tüketiminden kaynaklanan CO_2 salımı, deneyde ölçülenlerden daha düşük olmasına rağmen günlük ortalama ısıl konfor indeksleri istenilen konfor düzeyine ulaşmamıştır.



Şekil 3.56. 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-III için ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil 3.56. 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-III için ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO2 salımı

Senaryo-III için elde edilen aylık ortalama veriler Ek-C ve Tablo 3.13'te verilmiştir. OSSDS arttıkça bağıl nem ve PPD azalırken iç ortam hava sıcaklığı, ortalama radyant sıcaklık, çalışma sıcaklıkları, PMV, doğalgaz tüketimi ve CO_2 salımı artmıştır. 60°C

OSSDS ile deneysel SSDS için elde edilen ortalama PMV ve PPD arasındaki farklar sırasıyla 0,79 ve %28 (Şubat) ve 1,01 ve %27 (Aralık) olarak gözlemlenirken, deneysel sonuçların simülasyon sonuçlarından daha iyi olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, en konforsuz durumdaki (30^{o}C OSSDS) doğalgaz tüketimi ve CO_2 salımı, en konforlu koşullara (60^{o}C OSSDS) göre Şubat ayında 63 kWh/gün ve 47 kg/gün, Aralık ayında ise 95 kWh/gün ve 72 kg/gün daha yüksek olmuştur. Yerden ısıtma sistemini 60^{o}C'lik OSSDS'de Senaryo-III stratejisine göre kullanmak, deneysel (sürekli kullanım) stratejiye göre elde edilen sonuçlara kıyasla Şubat ayında %35 ve Aralık ayında %27 oranında doğalgaz tüketimi ve CO_2 salımı tasarrufu sağlamıştır. Yerden ısıtma sisteminin gece çalıştırılması, deneysel sonuçlara göre daha düşük yakıt tüketimi ve CO_2 salımı sağlamasına rağmen namaz vakitlerinde uygun ısıl konfor koşulları sağlanamadığı için önerilmemektedir.

Tablo 3.13. Senaryo-III için aylık ortalama veriler

Aylar	Parametreler	Deneysel SSDS	30^{o}C OSSDS	40^{o}C OSSDS	50^{o}C OSSDS	60^{o}C OSSDS	Çalışmama
Şubat	DHS (^{o}C)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (^{o}C)	17,8	11,7	13,0	13,5	13,8	6,2
	BN (%)	29	43	40	39	38	59
	ORS (^{o}C)	19,4	12,8	14,3	14,8	15,1	6,6
	ÇS (^{o}C)	18,6	12,3	13,7	14,1	14,5	6,4
	PMV	-0,52	-1,72	-1,46	-1,37	-1,31	-2,83
	PPD (%)	16	59	49	46	44	88
	DT (kWh/gün)	322	147	187	201	210	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	488	223	283	304	318	N/A
Aralık	DHS (^{o}C)	7,9	13,2	14,2	14,2	14,7	7,9
	İHS (^{o}C)	17,2	58	55	55	53	8,7
	BN (%)	45	14,1	15,2	15,3	15,8	74
	ORS (^{o}C)	18,5	13,6	14,7	14,7	15,2	9,0
	ÇS (^{o}C)	17,9	-1,9	-1,6	-1,6	-1,5	8,9
	PMV	-0,96	68	58	57	53	-2,88
	PPD (%)	27	130	162	164	177	95
	DT (kWh/gün)	244	198	246	250	270	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	372	13,2	14,2	14,2	14,7	N/A

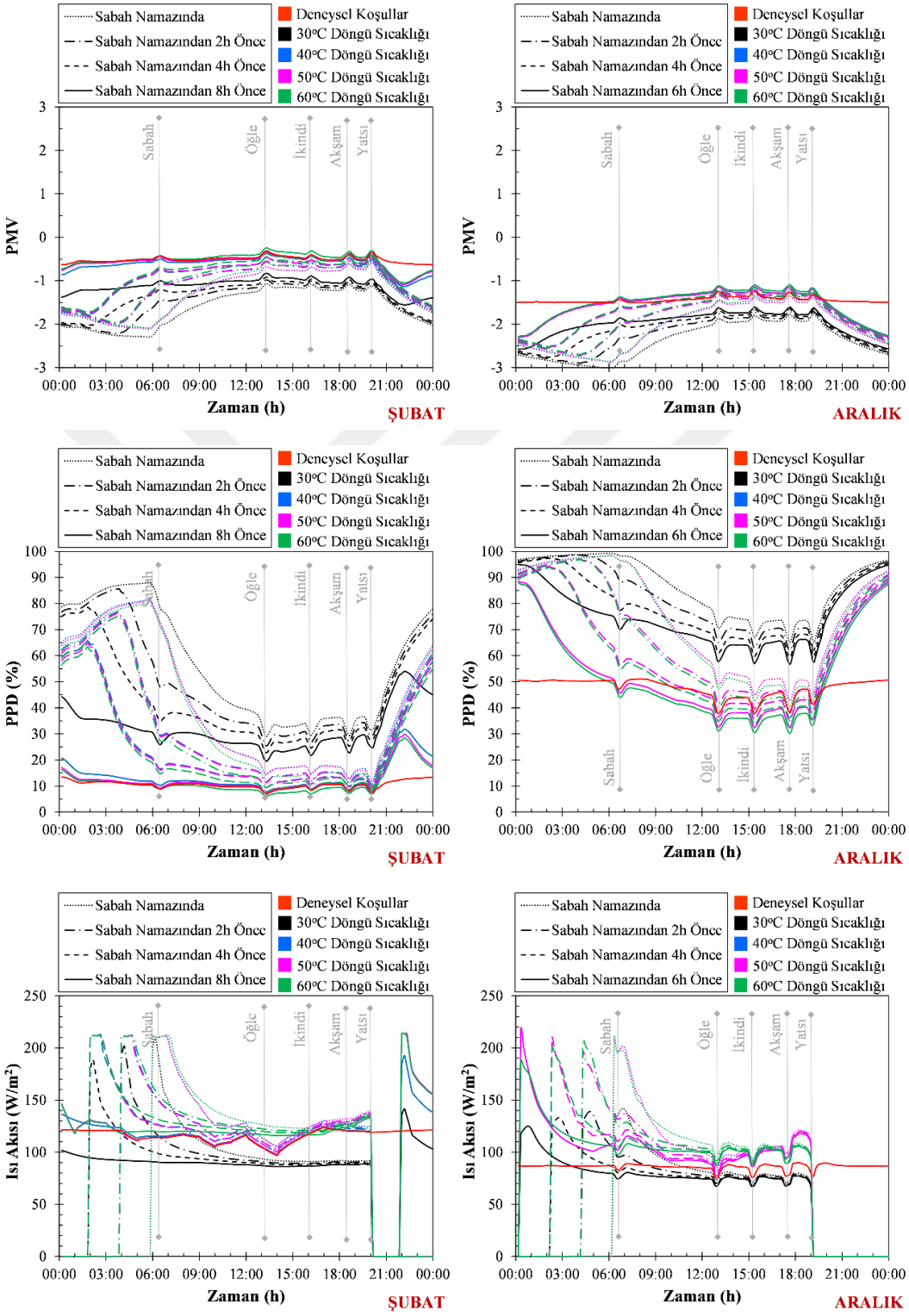
3.4.1.4. Kış Sezonu için Senaryo-IV

Senaryo-IV'te caminin gündüz saatlerinde ısıtılıp gece saatlerinde yerden ısıtma sisteminin kapatılması durumu tartışılmıştır. Önceki senaryolarda olduğu gibi, OSSDS kademeli olarak 30, 40, 50 ve 60^{o}C'ye ayarlanmıştır. Yerden ısıtma sistemi, sabah

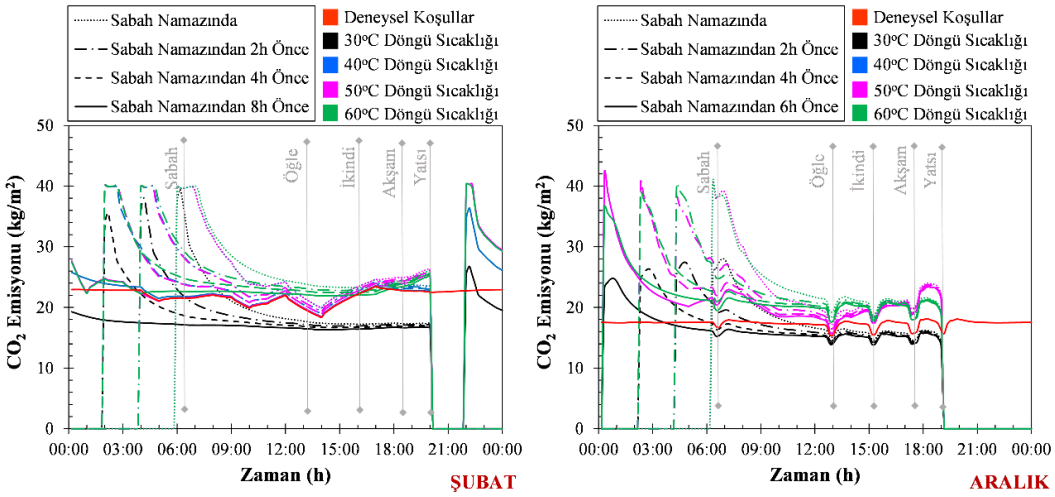
namazının başlangıcından yatsı namazının sonuna kadar çalıştırılmıştır. Yerden ısıtma sisteminin çalışma süreleri, sabah namazında deneysel konfor şartlarının karşılanmasına göre belirlenmiştir. Yerden ısıtma sisteminin Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Kasım ve Aralık ayları için sırasıyla sabah namazından 6, 8, 5, 4, 5 ve 6 saat önce çalıştırılması sabah namazı sırasında deneysel ısıl koşulları sağlamıştır. Yerden ısıtma sisteminin çalışma süresinin artışı ile birlikte gündüz namaz vakitlerinde camideki ısıl konfor koşulları iyileşmiştir (Şekil 3.57). 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde yerden ısıtma sistemi sırasıyla sabah namazından 8 ve 6 saat önce 30^{o}C'den yüksek OSSDS'lerde çalıştırıldığında namaz vakitlerinde deneysel konfor koşullarına ulaşılmıştır. 16 Şubat'ta en iyi PMV ve PPD değerleri yerden ısıtma sistemi sabah namazından 8 saat önce 60^{o}C OSSDS'de çalıştırıldığında -0,24 ve %6 olarak elde edilmiştir. 10 Aralık'ta yerden ısıtma sistemi sabah namazından 4 ve 6 saat önce deneysel SSDS'den daha yüksek OSSDS'lerde çalıştırıldığında, deneysel koşullara kıyasla öğleden sonra daha konforlu bir ortam sağlamıştır. Kaydedilen en uygun PMV ve PPD değerleri, yerden ısıtma sisteminin 60^{o}C OSSDS'de sabah namazından 6 saat önce çalışmaya başladığı durumda -1,09 ve %31 olarak belirlenmiştir. Bu PMV ve PPD değerleri, deneysel koşullara göre 0,16 ve %8 daha iyiydi. Diler ve diğ. (2021) yaptıkları çalışmada yerden ısıtma sisteminin 05:00 ile 20:00 arasında çalıştırılmasını sürekli çalışma olarak tanımlamıştır. Referans çalışmada (Diler ve diğ., 2021) ele alınan tarihi cami kış aylarının ılıman geçtiği Türkiye'nin Manisa ilinde bulunmasından dolayı 05:00 ile 20:00 saatleri arasında yerden ısıtma sisteminin çalıştırılması PPD değerinin %5 civarına ulaşmasında yeterli olmuştur.

Yerden ısıtma sisteminin yatsı namazından sonra kapatılması ve dış hava sıcaklığının gece saatlerinde azalması nedeniyle döngü suyu sıcaklığı düşmüştür. Yerden ısıtma sistemi deney şartlarında sürekli çalıştığı için sistem içinde dolaşan suyun sıcaklığı sürekli yüksek olmuştur. Bu nedenle 16 Şubat'ta ve 10 Aralık'ta ısı akıları sırasıyla 116 ve 86 W/m^2 civarındaydı. Ancak yerden ısıtma sistemi kapatıldığında sistemde dolaşan suyun sıcaklığı dış ortam sıcaklığına kadar azalmış ve sonraki gün kombi döngü suyunu ısıtmak için daha fazla enerji tüketmiştir. Bu nedenle, sabah saatlerinde düşük OSSDS'yi artırmak için zemindeki ısı akısı, sürekli çalışma stratejisine kıyasla daha yüksekti. Yerden ısıtma sisteminin 16 Şubat'ta sabah namazından 8 saat önce 60^{o}C OSSDS'de çalıştırıldığı durumda ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı 117 W/m^2 ve 22 kg/m^2 olarak

belirlenmiştir. Yerden ısıtma sisteminin 10 Aralık sabah namazından 6 saat önce çalıştırılmasında ise bu değerler sırasıyla 86 W/m^2 ve 17 kg/m^2 idi.



Şekil 3.57. 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-IV için ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil 3.57. (Devam) 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-IV için ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Senaryo-IV için tüm kış aylarına ait veriler Ek-C'de verilirken Şubat ve Aralık aylarına ait bulgular Tablo 3.14 ve 3.15'te gösterilmektedir. Beklendiği gibi, OSSDS'deki ve yerden ısıtma sisteminin kullanım süresindeki artışla ısıl konfor koşulları iyileşmiştir. Ayrıca yakıt tüketimi ve CO_2 salımı artmıştır. En düşük ortalama aylık en düşük memnuniyetsizlik oranları Şubat ve Aralık için sırasıyla %13 ve %29 olup, deneysel verilere göre sırasıyla %4 ve %3 daha düşüktür. Ancak, en konforlu koşullar altında (60°C OSSDS), yakıt tüketimi ve CO_2 salımı, deneysel tüketim ve salıma kıyasla %9 (Şubat) ve %2 (Aralık) artmıştır. Bulgular, Senaryo-IV'te deneysel konfor koşullarının sağlanabilmesi için yerden ısıtma sisteminin daha yüksek OSSDS'ye ayarlanması gerektiğini göstermiştir. Ancak bu durumda yakıt tüketimi ve CO_2 salımı artarken, deneysel verilere kıyasla genel olarak konfor koşullarının kötüleştiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, daha az konforlu koşullara ve artan CO_2 salımına neden olduğu için bu senaryo deneysel koşullara alternatif bir çalışma stratejisi olarak değerlendirilmemiştir.

Tablo 3.14. Senaryo-IV için Şubat ayı ortalama verileri

OSSDS	Parametreler	0h önce	2h önce	4h önce	6h önce	8h önce
	DHS (°C)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (°C)	14,1	15,0	15,9	16,6	17,3
	BN (%)	38	35	33	32	30
	ORS (°C)	15,5	16,4	17,3	18,2	18,9
Deneysel	ÇS (°C)	14,8	15,7	16,6	17,4	18,1
	PMV	-1,3	-1,1	-0,9	-0,8	-0,6
	PPD (%)	41	35	29	23	19
	DT (kWh/gün)	224	248	271	293	311
	CO_2 salımı (kg/gün)	339	376	411	443	471

Tablo 3.14. (Devam) Senaryo-IV için Şubat ayı ortalama verileri

OSSDS	Parametreler	0h önce	2h önce	4h önce	6h önce	8h önce
30°C	DHS (°C)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (°C)	12,7	13,4	14,0	14,6	15,2
	BN (%)	41	39	37	36	34
	ORS (°C)	13,9	14,7	15,4	16,0	16,6
	ÇS (°C)	13,3	14,0	14,7	15,3	15,9
	PMV	-1,5	-1,4	-1,3	-1,1	-1,0
	PPD (%)	52	47	43	38	35
	DT (kWh/gün)	180	199	217	233	247
	CO_2 salımı (kg/gün)	273	301	328	353	374
40°C	DHS (°C)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (°C)	14,1	15,0	15,9	16,6	17,3
	BN (%)	38	35	33	32	30
	ORS (°C)	15,5	16,4	17,3	18,2	18,9
	ÇS (°C)	14,8	15,7	16,6	17,4	18,1
	PMV	-1,3	-1,1	-0,9	-0,8	-0,6
	PPD (%)	41	35	29	23	19
	DT (kWh/gün)	224	248	271	293	311
	CO_2 salımı (kg/gün)	339	376	411	443	471
50°C	DHS (°C)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (°C)	14,6	15,6	16,5	17,4	18,1
	BN (%)	37	34	32	30	29
	ORS (°C)	16,0	17,1	18,0	18,9	19,7
	ÇS (°C)	15,3	16,3	17,3	18,2	18,9
	PMV	-1,2	-1,0	-0,8	-0,6	-0,5
	PPD (%)	38	30	24	18	13
	DT (kWh/gün)	240	266	292	316	337
	CO_2 salımı (kg/gün)	363	404	443	479	511
60°C	DHS (°C)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (°C)	15,0	16,0	17,0	17,8	18,6
	BN (%)	36	33	31	30	28
	ORS (°C)	16,4	17,5	18,5	19,4	20,2
	ÇS (°C)	15,7	16,8	17,7	18,6	19,4
	PMV	-1,1	-0,9	-0,7	-0,5	-0,4
	PPD (%)	36	29	23	17	13
	DT (kWh/gün)	253	280	306	330	350
	CO_2 salımı (kg/gün)	383	424	461	500	531

Tablo 3.15. Senaryo-IV için Aralık ayı ortalama verileri

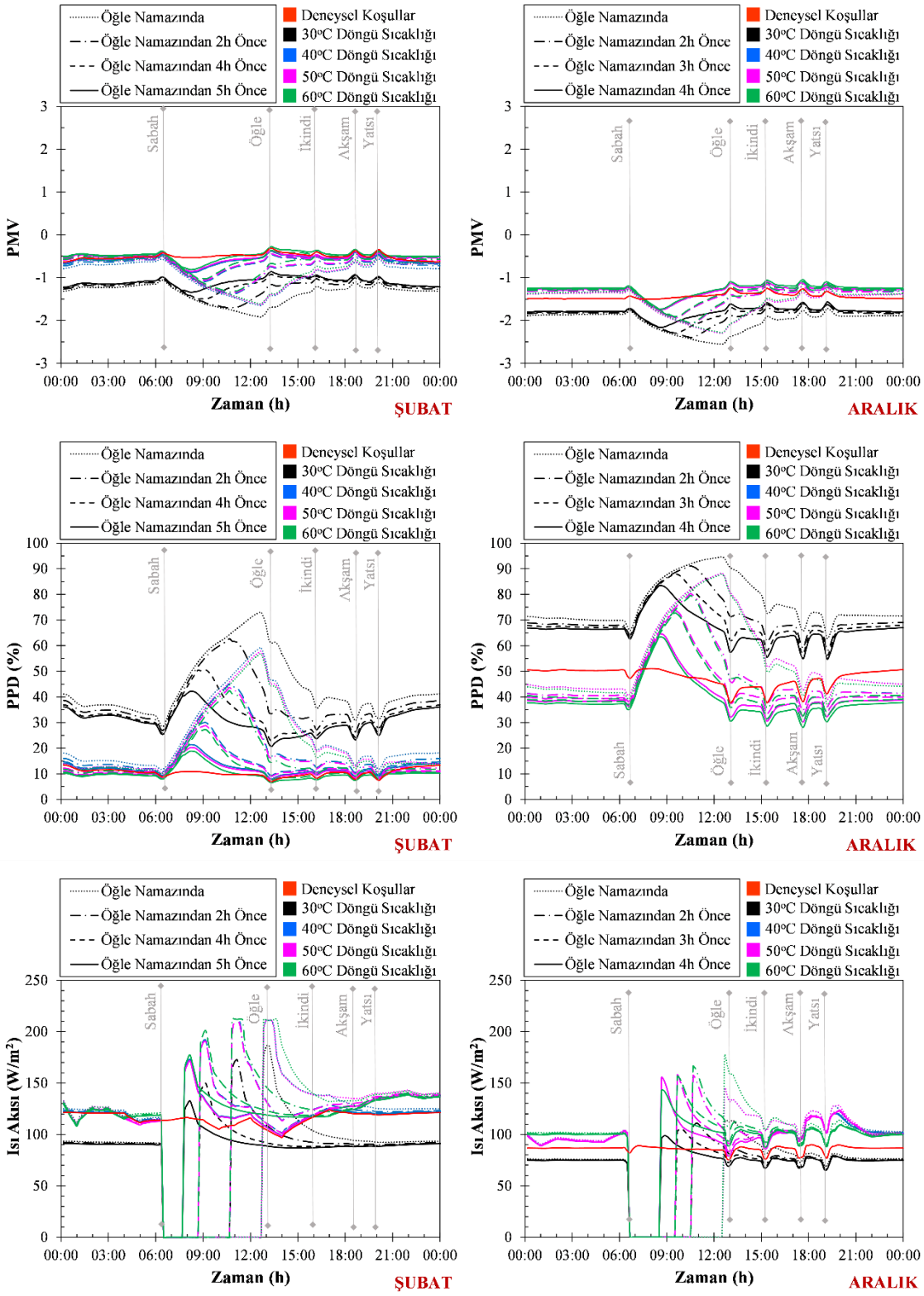
OSSDS	Parametreler	0h önce	2h önce	4h önce	5h önce	6h önce
Deneysel	DHS (°C)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (°C)	14,0	14,7	15,3	15,6	15,9
	BN (%)	56	54	51	50	49
	ORS (°C)	15,0	15,8	16,5	16,8	17,1
	ÇS (°C)	14,5	15,2	15,9	16,2	16,5
	PMV	-1,7	-1,5	-1,4	-1,3	-1,3
	PPD (%)	59	52	46	43	40
	DT (kWh/gün)	156	175	193	201	210
	CO_2 salımı (kg/gün)	237	266	294	307	320

Tablo 3.15. (Devam) Senaryo-IV için Aralık ayı ortalama verileri

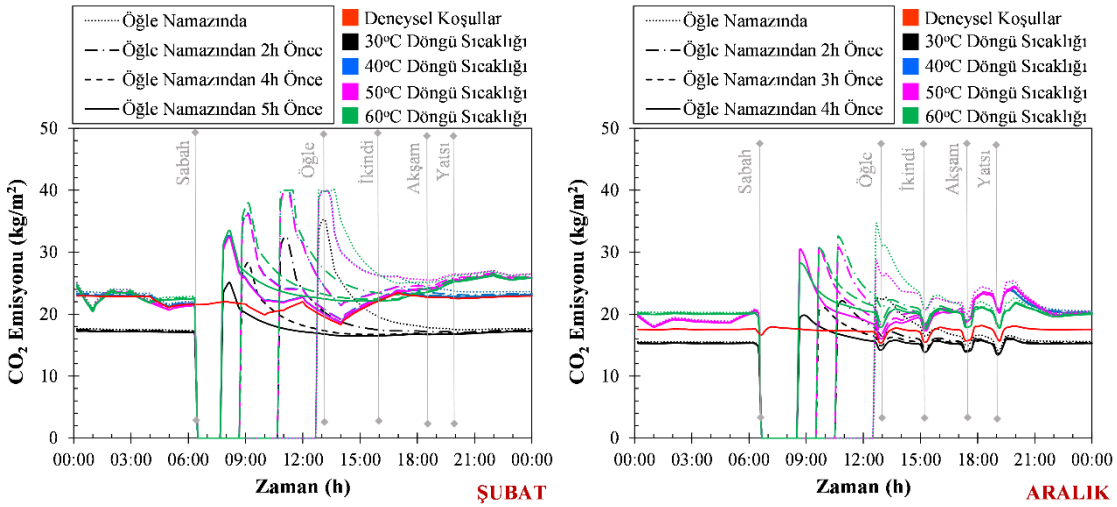
OSSDS	Parametreler	0h önce	2h önce	4h önce	5h önce	6h önce
30°C	DHS (°C)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (°C)	13,4	14,0	14,5	14,8	15,0
	BN (%)	58	56	54	53	52
	ORS (°C)	14,4	15,0	15,6	15,9	16,2
	ÇS (°C)	13,9	14,5	15,1	15,3	15,6
	PMV	-1,8	-1,7	-1,6	-1,5	-1,5
	PPD (%)	65	60	54	52	49
	DT (kWh/gün)	136	153	169	176	184
	CO_2 salımı (kg/gün)	208	233	258	269	280
40°C	DHS (°C)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (°C)	14,2	15,0	15,0	16,0	16,3
	BN (%)	55	53	50	49	48
	ORS (°C)	15,3	16,1	16,9	17,2	17,6
	ÇS (°C)	14,8	15,5	16,3	16,6	17,0
	PMV	-1,6	-1,5	-1,3	-1,2	-1,2
	PPD (%)	56	49	42	39	35
	DT (kWh/gün)	166	187	206	216	225
	CO_2 salımı (kg/gün)	252	284	314	329	343
50°C	DHS (°C)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (°C)	14,3	15,0	15,7	16,1	16,4
	BN (%)	55	52	50	49	48
	ORS (°C)	15,4	16,2	16,9	17,3	17,7
	ÇS (°C)	14,8	15,6	16,3	16,7	17,0
	PMV	-1,6	-1,5	-1,3	-1,2	-1,1
	PPD (%)	56	49	42	38	35
	DT (kWh/gün)	167	188	208	218	227
	CO_2 salımı (kg/gün)	254	287	318	332	346
60°C	DHS (°C)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (°C)	14,9	15,7	16,5	16,8	17,2
	BN (%)	53	50	48	47	46
	ORS (°C)	16,1	16,9	17,8	18,1	18,5
	ÇS (°C)	15,5	16,3	17,1	17,5	17,8
	PMV	-1,5	-1,3	-1,1	-1,0	-1,0
	PPD (%)	50	43	36	32	29
	DT (kWh/gün)	185	208	229	239	248
	CO_2 salımı (kg/gün)	282	316	348	364	378

3.4.1.5. Kış Sezonu için Senaryo-V

Senaryo IV'te yatsı ve sabah namazları arasındaki sürenin uzun olmasından dolayı caminin kullanılmadığı gece saatlerinde yerden ısıtma sisteminin kapatıldığı strateji ele alınmıştı. Senaryo-V'de ise sabah ile öğle namazı arasındaki sürenin diğer namazlar arasındaki süreden daha uzun olmasından dolayı yerden ısıtma sisteminin sabah ile öğle namazı arasında kapatılmasının ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı üzerindeki etkileri incelenmiştir (Şekil 3.58). Diğer senaryolarda olduğu gibi bu senaryoda da yerden ısıtma sistemi kademeli olarak 30, 40, 50 ve 60°C OSSDS'de çalıştırılmıştır.



Şekil 3.58. 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-V için ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil 3.58. (Devam) 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-V için ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

10 Aralık ve 16 Şubat tarihlerinde yerden ısıtma sistemi sırasıyla öğle namazından 4 saat önce ve 3 saat önce 50°C OSSDS'de çalıştırıldığında deneysel sonuçlara yakın bulgular elde edilmiştir. 16 Şubat'ta maksimum ve minimum PPD değerleri %73 (öğle namazından 0 h önce 30°C OSSDS'de çalışma durumu) ve %7 (öğle namazından 5 saat önce 60°C OSSDS'de çalışma durumu) idi. 10 Aralık'ta ise maksimum ve minimum PPD değerleri öğle namazından 0 h önce 30°C OSSDS'de çalışma durumunda %95 ve öğle namazından 4 saat önce 60°C OSSDS'de çalışma durumu %28 olarak belirlendi. Önceki senaryolarda olduğu gibi, yerden ısıtma sisteminin çalışma süresi ve OSSDS arttıkça ısıl konfor koşulları iyileşti. Öte yandan, yerden ısıtma sisteminin 30°C OSSDS'de öğle namazı sırasında çalıştırılması durumunda elde edilen PMV ve PPD bulguları deneysel sonuçlardan daha kötüydü. Ortalama maksimum ısı akısı ve CO_2 salımı 16 Şubat'ta 119 W/m^2 ve 23 kg/m^2 ve 10 Aralık'ta 94 W/m^2 ve 19 kg/m^2 idi. Bu sonuçlar, 16 Şubat'taki ortalama deneysel değerlerden 4 W/m^2 ve 1 kg/m^2, 10 Aralık'taki deneysel verilerden 8 W/m^2 ve 1 kg/m^2 daha yüksekti.

Senaryo-V'te elde edilen aylık ortalama PMV, PPD, doğalgaz tüketimi ve CO_2 salım değerleri Tablo 3.16 ve 3.17'de gösterilmektedir. Beklendiği gibi, yerden ısıtma sisteminin çalışma süresi ve OSSDS arttıkça PMV, doğalgaz tüketimi ve CO_2 salımı artmış ve PPD azalmıştır. Ancak yakıt tüketimi ve CO_2 salımı Şubat ayındaki deneysel sonuçlara göre 11 kWh/gün ve 17 kg/gün, Aralık ayındaki deneysel sonuçlara göre ise 7 kWh/gün ve 10 kg/gün daha yüksek çıkmıştır. Senaryo V'de ısıl konfor şartları

sağlanabilmesine rağmen yakıt tüketimi ve CO_2 salımı arttığı için önceki senaryolarda olduğu gibi önerilen bir çalışma stratejisi olmamıştır.

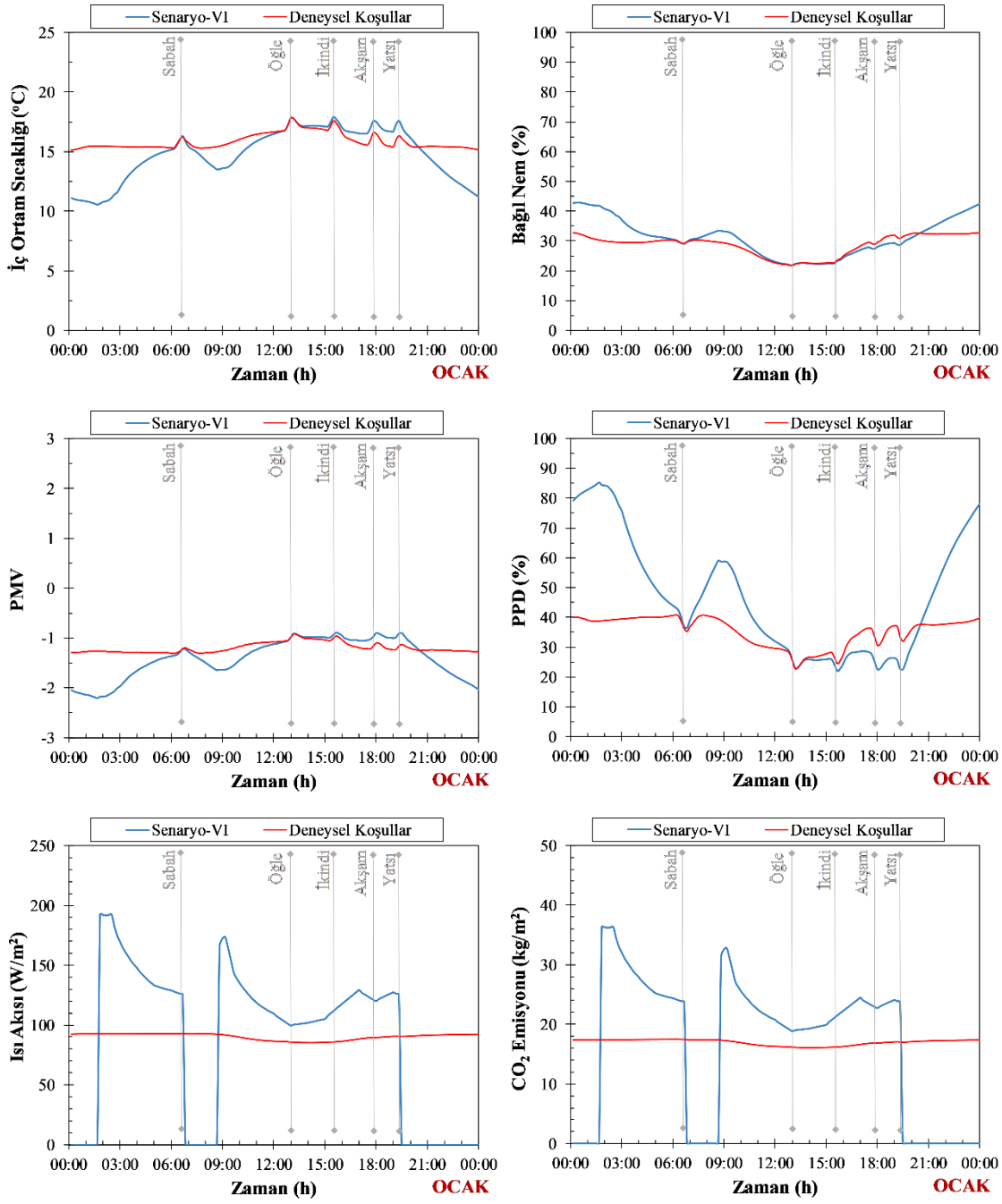
Tablo 3.16. Senaryo-V için Şubat ayı ortalama verileri

OSSDS	Parametreler	Öğleden 0h önce	Öğleden 2h önce	Öğleden 3h önce	Öğleden 4h önce	Öğleden 5h önce
Deneysel	DHS (ºC)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (ºC)	15,7	16,5	16,8	17,1	17,4
	BN (%)	33	32	31	31	30
	ORS (ºC)	17,2	18,0	18,3	18,7	19,0
	ÇS (ºC)	16,4	17,2	17,6	17,9	18,2
	PMV	-0,9	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6
	PPD (%)	30	24	22	20	18
	DT (kWh/gün)	270	289	299	311	316
	CO_2 salımı (kg/gün)	409	438	453	472	478
30ºC	DHS (ºC)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (ºC)	13,9	14,5	14,8	15,0	15,2
	BN (%)	37	36	35	35	34
	ORS (ºC)	15,2	15,9	16,2	16,4	16,7
	ÇS (ºC)	14,6	15,2	15,5	15,7	16,0
	PMV	-1,3	-1,2	-1,1	-1,1	-1,0
	PPD (%)	44	40	38	36	34
	DT (kWh/gün)	214	230	237	245	251
	CO_2 salımı (kg/gün)	325	349	360	371	380
40ºC	DHS (ºC)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (ºC)	15,7	16,5	16,8	17,1	17,4
	BN (%)	33	32	31	31	30
	ORS (ºC)	17,2	18,0	18,3	18,7	19,0
	ÇS (ºC)	16,4	17,2	17,6	17,9	18,2
	PMV	-0,9	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6
	PPD (%)	30	24	22	20	18
	DT (kWh/gün)	270	289	302	308	316
	CO_2 salımı (kg/gün)	409	438	458	467	478
50ºC	DHS (ºC)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (ºC)	16,4	17,2	17,5	17,9	18,2
	BN (%)	32	31	30	29	29
	ORS (ºC)	17,9	18,7	19,1	19,5	19,8
	ÇS (ºC)	17,1	18,0	18,3	1,7	19,0
	PMV	-0,8	-0,6	-0,6	-0,5	-0,4
	PPD (%)	24	19	16	14	12
	DT (kWh/gün)	291	313	327	333	342
	CO_2 salımı (kg/gün)	442	474	495	505	519
60ºC	DHS (ºC)	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
	İHS (ºC)	16,8	17,6	18,0	18,4	18,7
	BN (%)	31	30	29	28	28
	ORS (ºC)	18,4	19,3	19,6	20,0	20,3
	ÇS (ºC)	17,6	18,5	18,8	19,2	19,5
	PMV	-0,7	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3
	PPD (%)	23	18	16	14	12
	DT (kWh/gün)	306	327	341	348	357
	CO_2 salımı (kg/gün)	464	496	518	527	540

Tablo 3.17. Senaryo-V için Aralık ayı ortalama verileri

OSSDS	Parametreler	Öğleden 0h önce	Öğleden 1h önce	Öğleden 2h önce	Öğleden 3h önce	Öğleden 4h önce
Deneysel	DHS (ºC)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (ºC)	15,8	16,0	16,3	16,6	16,8
	BN (%)	50	49	48	47	46
	ORS (ºC)	17,0	17,3	17,6	17,8	18,1
	ÇS (ºC)	16,4	16,7	16,9	17,2	17,5
	PMV	-1,3	-1,2	-1,2	-1,1	-1,1
	PPD (%)	41	38	35	33	30
	DT (kWh/gün)	200	208	216	224	231
	CO_2 salımı (kg/gün)	305	317	330	341	352
30ºC	DHS (ºC)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (ºC)	14,9	15,1	15,4	15,6	15,8
	BN (%)	52	52	51	50	49
	ORS (ºC)	16,0	16,3	16,5	16,8	17,0
	ÇS (ºC)	15,4	15,,71	16,0	16,2	16,4
	PMV	-1,5	-1,4	-1,4	-1,3	-1,3
	PPD (%)	51	48	46	43	41
	DT (kWh/gün)	175	182	189	196	202
	CO_2 salımı (kg/gün)	267	278	289	299	309
40ºC	DHS (ºC)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (ºC)	16,2	16,5	16,8	17,1	17,3
	BN (%)	48	47	47	46	45
	ORS (ºC)	17,5	17,8	18,1	18,4	18,6
	ÇS (ºC)	16,8	17,1	17,4	17,7	18,0
	PMV	-1,2	-1,1	-1,1	-1,0	-0,9
	PPD (%)	36	33	30	28	25
	DT (kWh/gün)	215	223	232	240	247
	CO_2 salımı (kg/gün)	327	340	353	365	377
50ºC	DHS (ºC)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (ºC)	16,3	16,6	16,9	17,2	17,4
	BN (%)	48	47	46	46	45
	ORS (ºC)	17,5	17,9	18,2	18,5	18,7
	ÇS (ºC)	16,9	17,2	17,5	17,8	18,1
	PMV	-1,2	-1,1	-1,0	-1,0	-0,9
	PPD (%)	35	32	30	27	24
	DT (kWh/gün)	217	226	234	242	250
	CO_2 salımı (kg/gün)	331	344	357	369	381
60ºC	DHS (ºC)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	İHS (ºC)	17,0	17,4	17,7	18,0	18,3
	BN (%)	46	45	44	43	42
	ORS (ºC)	18,3	18,7	19,0	19,3	19,6
	ÇS (ºC)	17,7	18,0	18,3	18,7	18,9
	PMV	-1,0	-0,9	-0,9	-0,8	-0,7
	PPD (%)	30	27	24	22	19
	DT (kWh/gün)	237	247	256	264	272
	CO_2 salımı (kg/gün)	361	376	389	403	415

3.4.1.6. Kış Sezonu için Senaryo-VI



Şekil 3.59. Senaryo-VI için Ocak ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

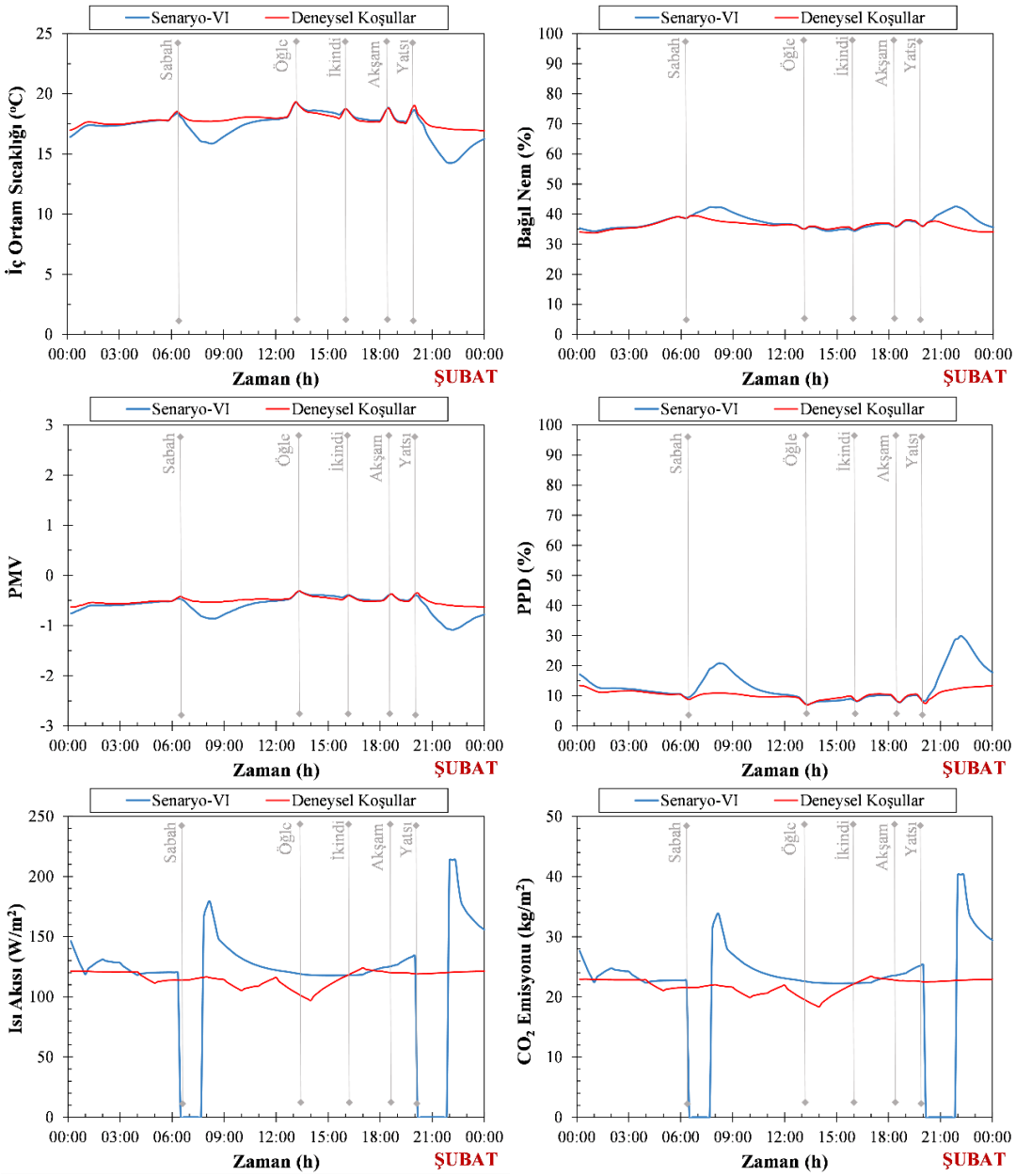
Senaryo-VI'da, simülasyon sonuçlarının deneysel ölçümden elde edilen sonuçlarla örtüştüğü ve daha düşük yakıt tüketimi ve CO_2 salımı elde edildiği Senaryo-IV ve V'teki durumlar birleştirilmiş ve yılın ısıtma mevsimindeki her ayı için yerden ısıtma sisteminin çalışma stratejisi değerlendirilmiştir. Bu senaryoda, yerden ısıtma sistemi yatsı ile sabah

ve sabah ile öğle namazları arasında çalıştırılmamıştır. Dış hava sıcaklığı, radyasyon etkileri ve OSSDS'ler her ay için değişkenlik gösterdiği için yerden ısıtma sisteminin çalışma süreleri her ay için ayrı ayrı tanımlanmıştır. OSSDS'ler ve yerden ısıtma sisteminin çalışma süreleri, camide ısıl konfor koşulları sağlanırken en düşük yakıt tüketiminin elde edileceği şekilde belirlenmiştir.

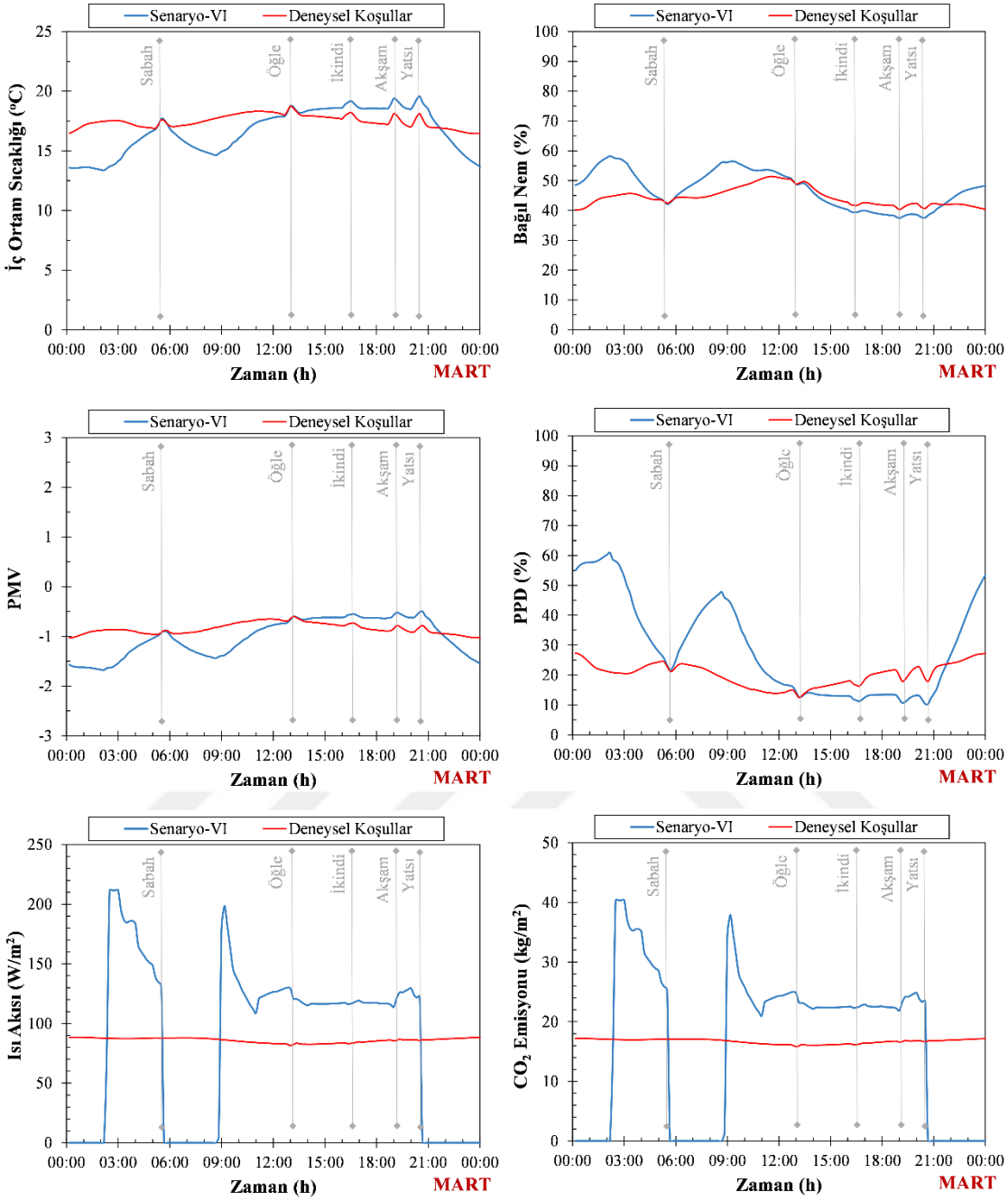
Ocak ayında 50^{o}C OSSDS'ye ayarlanan yerden ısıtma sistemi sabah namazından 4,5 saat önce sabah namazının bitimine kadar ve öğle namazından 4 saat önce yatsı namazının bitimine kadar çalıştırılmıştır (Şekil 3.59). Ocak ayını temsil eden gün olarak seçilen 17 Ocak'ta ortalama dış hava sıcaklığı 3^{o}C iken deneylerde ve Senaryo VI'da elde edilen ortalama iç ortam hava sıcaklıkları sırasıyla 15,9 ve 14,8^{o}C olarak belirlenmiştir. Ortalama iç ortam hava sıcaklığı daha düşük olmasına rağmen Senaryo-VI'da bazı namazlarda iç ortam hava sıcaklıkları deneysel koşullardan daha yüksektir. Öte yandan Senaryo VI'da sabah ve öğle namazları sırasında elde edilen konfor değerleri deneysel ölçümler ile hemen hemen aynıdır. Yerden ısıtma sisteminin sıcaklık değeri deneysel sıcaklık değerinden daha yüksek olduğu için Senaryo-VI'da ikindi, akşam ve yatsı namazlarında iç ortam daha konforlu idi. Yerden ısıtma sistemi deneysel koşullardaki gibi sürekli çalıştırıldığında ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı 90 W/m^2 ve 17 kg/m^2 olmuştur. Ancak Senaryo-VI'da ısı akısı ve CO_2 salımı sırasıyla 85 W/m^2 ve 16 kg/m^2'ye kadar azalmıştır. Bu nedenle, Ocak ayı için Senaryo-VI'da tanımlanan yerden ısıtma sistemi işletme stratejisi daha iyi ısıl konfor şartları altında daha az enerji tüketimi sağlamaya yardımcı olmuştur.

Şubat ayında yerden ısıtma sistemi, sabah namazından 8 saat önce başlayarak sabah namazı bitimine kadar ve öğle namazından 5 saat önce başlayarak yatsı namazı bitimine kadar 60^{o}C OSSDS'de çalıştırılmıştır (Şekil 3.60). Şubat ayındaki ortalama dış ortam hava sıcaklığının diğer aylara göre daha düşük olması ve döngü suyu debisinin daha yüksek olması nedeniyle deneysel olarak elde edilen ısıl konfor koşullarına ulaşmak için OSSDS, 60^{o}C gibi yüksek bir değere ayarlanmıştır. Bu, yerden ısıtma sisteminin uzun süre ve yüksek kapasitede çalıştığı anlamına gelmektedir ve sadece Şubat ayı için geçerlidir. Bu sayede iç ortam hava sıcaklığı, deneydeki sürekli çalışma stratejisine benzer sonuçlara ulaşmıştır. Şubat ayını temsil eden 16 Şubat'ta ortalama dış hava sıcaklığı 5^{o}C iken deneyde ve Senaryo-VI'da elde edilen iç ortam hava sıcaklıkları

sırasıyla 17,8 ve 17,3°C olarak saptanmıştır. Bu durum Senaryo-VI'da ve deneyde elde edilen PMV ve PPD değerlerinin birbirine çok yakın olmasını sağlamıştır. Deneyde ve Senaryo-VI'da elde edilen ortalama CO_2 salımı ve ısı akısı da benzerlik göstermiştir. Yerden ısıtma sisteminin deneyler sırasında sürekli çalıştırılması ve Senaryo-VI'da aralıklı olarak çalıştırılması durumlarında CO_2 salımı arasında yaklaşık 1 kg/m^2 fark elde edilmiştir ve Senaryo-VI'da daha yüksek ısı akısı ve CO_2 salımı değerlerine ulaşılmıştır. Dolayısıyla Senaryo-VI ile camide ısıl konfor koşullarını sağlamak için daha fazla ısı akısına ihtiyaç duyulmuştur.



Şekil 3.60. Senaryo-VI için Şubat ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

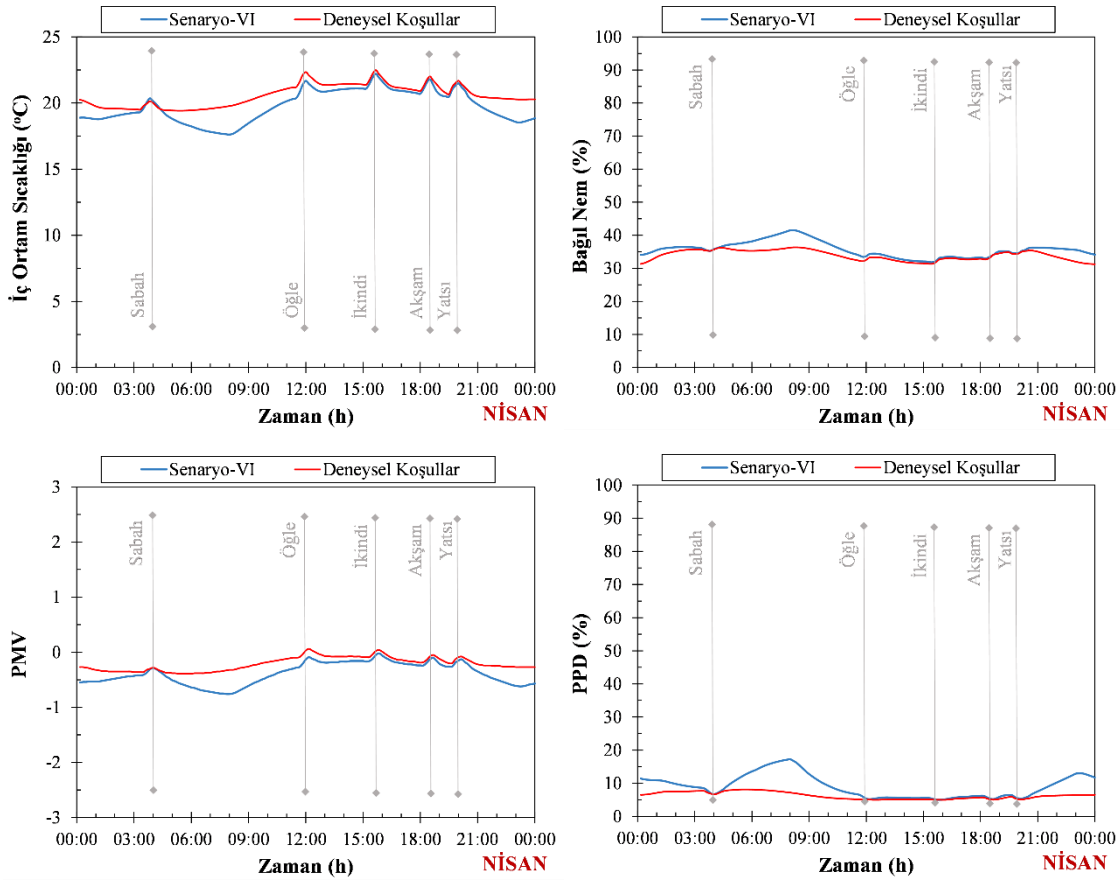


Şekil 3.61. Senaryo-VI için Mart ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

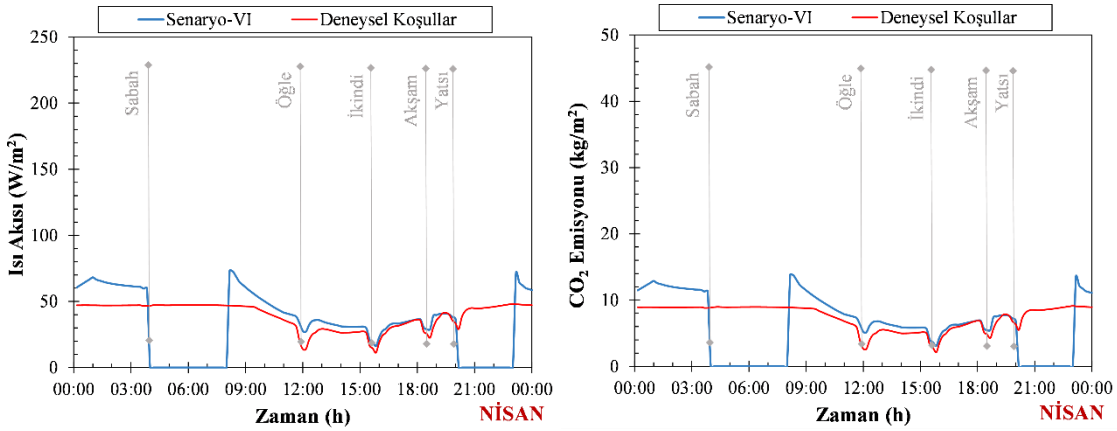
Mart ayında yerden ısıtma sistemi 40°C OSSDS'de sabah namazından 3 saat önce sabah namazının bitimine kadar ve öğle namazından 4 saat önce yatsı namazının bitimine kadar çalıştırılmıştır (Şekil 3.61). Mart ayının temsili günü olan 16 Mart'ta ortalama dış hava sıcaklığı 7,7°C iken, ortalama iç ortam hava sıcaklığı deneyde 16,7, Senaryo-VI'da ise 17,5°C olmuştur. İç ortam hava sıcaklığı, PMV ve PPD değerleri benzer eğilimler göstermiştir. Senaryo-VI ile PPD değeri, namazlar sırasında %10'a kadar varan oranda

iyileşmiştir. Ortalama iç ortam hava sıcaklığı ve PMV değeri, Senaryo-VI'da daha yüksek olmasına rağmen zemindeki ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı, Senaryo-VI'da deneysel sonuçlara göre 2 W/m^2 ve 1 kg/m^2 daha düşüktür. Bu nedenle, Senaryo-VI'daki işletme stratejisinin kullanılması, Mart ayında daha konforlu bir iç ortam sağlarken zemindeki ısı akısının ve CO_2 salımının daha düşük olmasını sağlamıştır.

Yerden ısıtma sistemi, Nisan ayında OSSDS 40^{o}C'de ve sabah namazından 4,5 saat önce sabah namazının bitimine kadar ve öğle namazından 3,5 saat önce yatsı namazının bitimine kadar çalıştırılmıştır (Şekil 3.62). Ortalama iç ortam hava sıcaklığı deneysel koşullarda 20,6^{o}C ve Senaryo-VI'da 19,8^{o}C olarak tespit edilirken temsili gün olan 15 Nisan'da ortalama dış hava sıcaklığı 13,4^{o}C olarak belirlenmiştir. Ayrıca Senaryo-VI'da elde edilen PMV ve PPD değerleri namaz vakitlerinde makul seviyelerde (0,5>PMV>-0,5 ve PPD<10%) idi. Öte yandan Senaryo-VI'da ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı deneysel ortalama sonuçlardan 7 W/m^2 ve 1 kg/m^2 daha düşüktür. Bu nedenle, Nisan ayı için Senaryo-VI'nın kullanılması ısı akısını ve CO_2 salımını azaltmıştır.

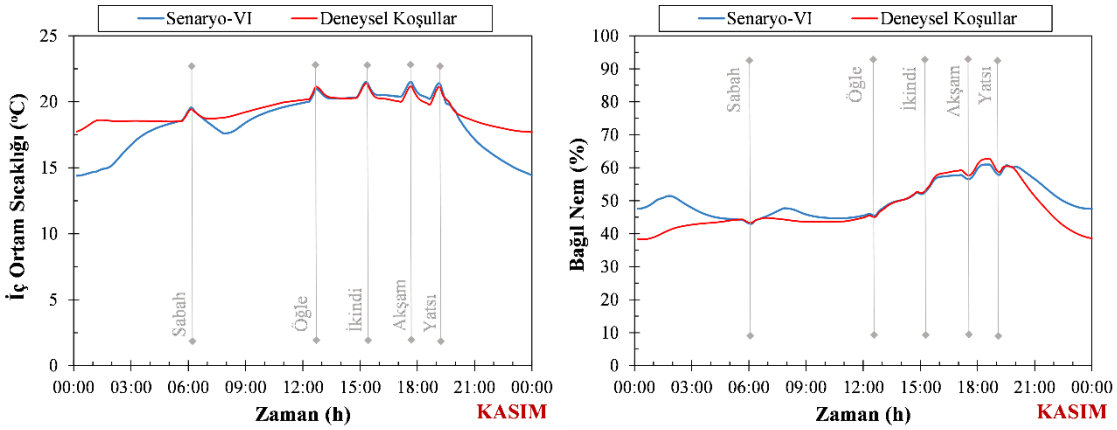


Şekil 3.62. Senaryo-VI için Nisan ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

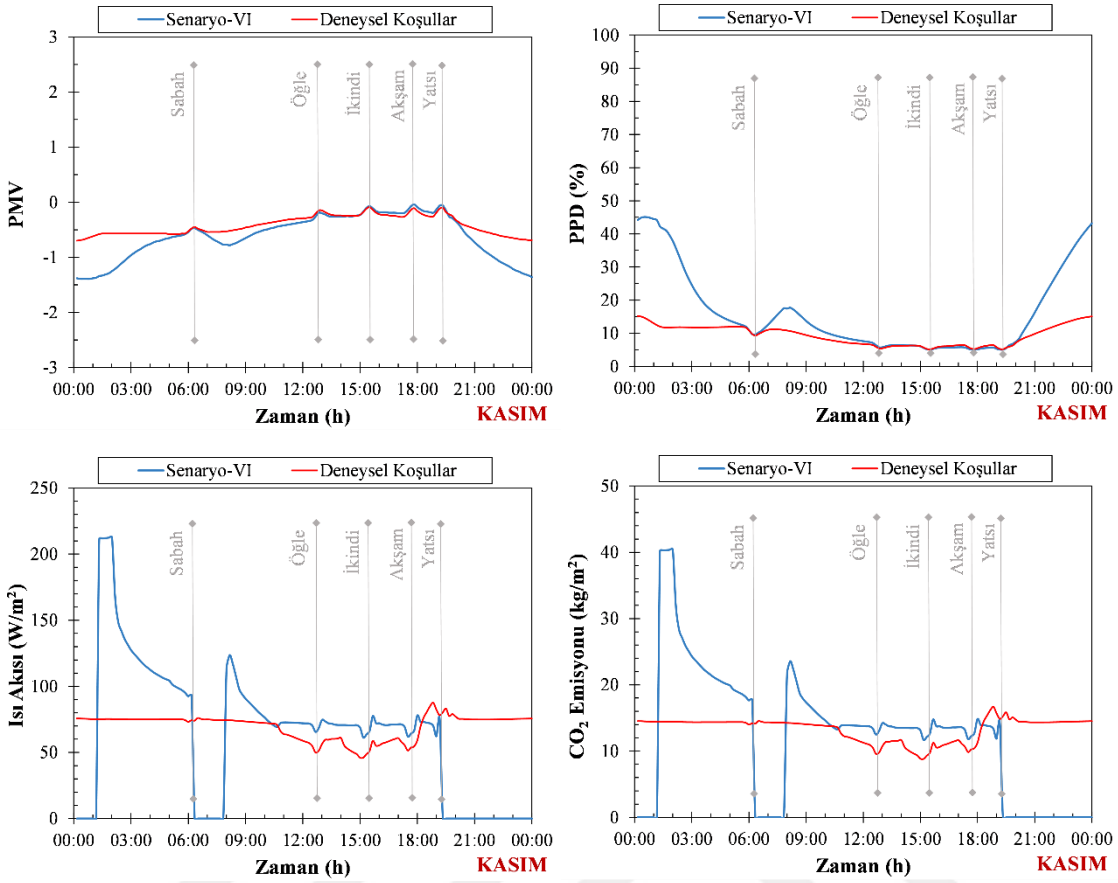


Şekil 3.62. (Devam) Senaryo-VI için Nisan ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Kasım ayında yerden ısıtma sistemi, 50°C OSSDS'de ve sabah namazından 4,5 saat önce sabah namazının bitimine kadar ve öğle namazından 4,5 saat önce yatsı namazının bitimine kadar çalıştırılmıştır (Şekil 3.63). Kasım ayını temsil eden 14 Kasım gününde ortalama dış hava sıcaklığı 11,2°C iken Senaryo-VI ile elde edilen ortalama iç ortam hava sıcaklığı 18,4°C ve deneysel ortalama iç ortam hava sıcaklığı 19,3°C olarak belirlenmiştir. Namaz vakitlerinde iç hava sıcaklıklarına ait simülasyon sonuçları ve deneysel sonuçlar neredeyse örtüşmüştür. Ayrıca, Senaryo-VI'daki -0,61 ve %16'lık ortalama PMV ve PPD değerleri deneysel değerlerle benzerlik göstermiştir. Bununla birlikte ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı, Senaryo-VI'da deneysel sonuçlardan 7 W/m^2 ve 1 kg/m^2 daha düşüktür. Sonuç olarak, Senaryo-VI'nın kullanımı ısı akısı ve CO_2 salımını azaltırken, konfor koşullarını korumaktadır.

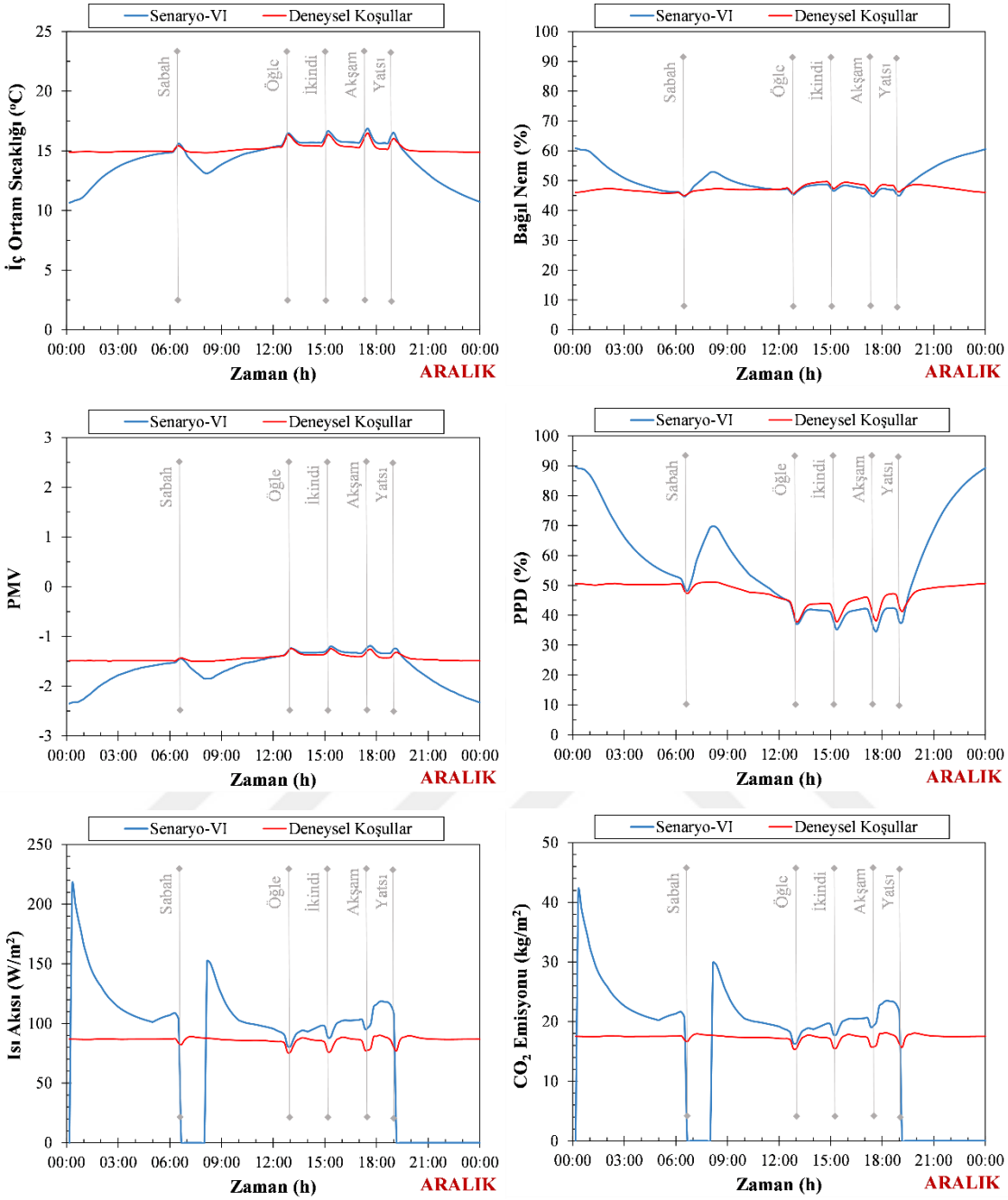


Şekil 3.63. Senaryo-VI için Kasım ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil 3.63. (Devam) Senaryo-VI için Kasım ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Aralık ayında yerden ısıtma sistemi 50°C OSSDS'de sabah namazından 6 saat önce sabah namazının bitimine kadar ve öğle namazından 4,5 saat önce yatsı namazının bitimine kadar çalıştırılmıştır (Şekil 3.64). Temsili gün olan 10 Aralık'ta ortalama dış hava sıcaklığı 5,4°C olarak belirlenmiştir. Ortalama iç hava sıcaklığı ise deneyde ve Senaryo-VI'da sırasıyla 15,2 ve 14,2°C olarak tespit edilmiştir. Deneysel koşullar ile Senaryo-VI arasındaki ortalama PMV ve PPD farkı sırasıyla 0,21 ve %10 idi. Ortalama ısıl konfor parametreleri deneysel koşullar altında daha iyi gibi görünse de namaz vakitlerinde Senaryo-VI ile benzerlik göstermiştir. Sabah namazında ısıl konfor koşulları birbirine yakın olurken diğer namaz vakitlerinde Senaryo-VI daha konforlu sonuçlar ortaya koymuştur. Deneysel verilere kıyasla Senaryo-VI'da ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı 6 W/m^2 ve 1 kg/m^2 daha düşüktür. Sonuç olarak, Aralık ayına ait günlük veriler, Senaryo-VI ile namazlar sırasında ısıl konfor koşulları sağlanırken daha düşük ısı akısının ve CO_2 salımının elde edilebileceğini göstermiştir.



Şekil 3.64. Senaryo-VI için Aralık ayındaki ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Senaryo-VI'nın aylık ortalama verileri Tablo 3.18'de gösterilmiştir. Senaryo-VI'da elde edilen aylık ortalama iç ortam hava sıcaklığı, radyan sıcaklık ve çalışma sıcaklıkları ile PMV değerleri deneysel verilere göre Şubat ayı hariç tüm aylar için daha düşük, bağıl nem ve PPD değerleri ise Şubat ayı hariç tüm aylar için daha yüksek bulunmuştur. Şubat ayında dış ortam sıcaklığının diğer aylara göre daha düşük olması ve ısıtma sistemindeki dolaşım suyu debisinin daha yüksek olması yerden ısıtma sisteminin daha yüksek

sıcaklıkta (60^{o}C OSSDS) ve daha uzun süre kullanılmasına sebep olmuştur. Dolayısıyla Şubat ayı için Senaryo-VI'da elde edilen ortalama konfor verileri, deneylerde elde edilen ortalama verilerden daha yüksekti. Ancak, Senaryo-VI için toplam doğalgaz tüketimi ve CO_2 salımı, Şubat ayı dışındaki tüm aylar için deneysel sonuçlardan daha düşüktür.

Cemaatin namaz vakitlerinde camide bulunmasından dolayı simülasyon çalışmasının oluşturulmasındaki asıl amaç namaz vakitleri dışında yerden ısıtma sisteminin kullanımını kısıtlayarak yakıt tüketiminde ve CO_2 salımında tasarruf sağlamaktı. Senaryo-VI'daki ısıl koşulların günlük namaz vakitlerinde deneylerde elde edilen sonuçlara benzer hatta daha iyi olması, aylık yakıt tüketimi ve CO_2 salımının ise daha düşük olması bu çalışmanın amacına ulaştığının bir göstergesidir. Senaryo-VI'daki gibi yerden ısıtma sisteminin işletme stratejilerinin iyileştirilmesiyle yıllık yakıt tüketiminde 89 kWh/gün (0,81 kWh/m^{2}gün) ve yıllık CO_2 salımında 136 kg/gün azalma meydana gelmiştir. Bu durum, tipik bir mahalle camisi örneği olan Hacı Hasan Sert Cami'de yıllık yakıt tüketimi ve CO_2 salımında Şubat ayı dışında yaklaşık %9 tasarruf sağlandığı anlamına gelmektedir. Şubat ayında PMV ve PPD değerlerinde sırasıyla 0,08 ve %1 iyileşme olmasına rağmen geliştirilen senaryo ile doğal gaz tüketimi 23 kWh/gün artış gözlenmiştir. Elde edilen tasarruf miktarı düşük gibi görünse de Türkiye'deki cami sayısı (yaklaşık 83.000) dikkate alındığında, ısıtma sistemi işletme stratejilerinin iyileştirilmesiyle ülke genelinde büyük miktarda yakıt tüketimi ve CO_2 salımında azalma sağlanabileceği belirlenmiştir.

Tablo 3.18. Senaryo-VI için aylık ortalama veriler

Yerden ısıtma sisteminin çalışma stratejisi	**İç Ortam Hava Sıcaklığı (ºC)**	**Bağıl Nem (%)**	**Ortalama Radyan Sıcaklık (ºC)**	**Çalışma Sıcaklığı (ºC)**	**PMV (-)**	**PPD (%)**	**Doğalgaz Tüketimi (kWh/gün)**	**CO_2 Salımı (kg/gün)**
Ocak OSSDS: 50ºC Ort. DHS: 5,76ºC - Sabah namazlarından 4,5 h önce - Öğle namazlarından 4 h önce - Yatsı namazının sonuna kadar	16,0	41	16,9	16,4	-1,13	35	223	338
Deneysel koşullar	17,5	37	18,5	18,0	-0,80	23	253	383

Tablo 3.18. (Devam) Senaryo-VI için aylık ortalama veriler

Yerden ısıtma sisteminin çalışma stratejisi	İç Ortam Hava Sıcaklığı (ºC)	Bağıl Nem (%)	Ortalama Radyan Sıcaklık (ºC)	Çalışma Sıcaklığı (ºC)	PMV (-)	PPD (%)	Doğalgaz Tüketimi (kWh/gün)	CO_2 Salımı (kg/gün)
Şubat OSSDS: 60ºC Ort. DHS: 4,88ºC - Sabah namazlarından 8 h önce - Öğle namazlarından 5 h önce - Yatsı namazının sonuna kadar	18,2	29	19,8	19,0	-0,44	15	344	522
Deneysel koşullar	17,8	29	19,4	18,6	-0,52	16	322	488
Mart OSSDS: 40ºC Ort. DHS: 7,25ºC - Sabah namazlarından 3 h önce - Öğle namazlarından 4 h önce - Yatsı namazının sonuna kadar	17,4	39	19,1	18,2	-0,83	26	242	367
Deneysel koşullar	18,0	37	19,8	18,9	-0,68	20	245	373
Nisan OSSDS: 40ºC Ort. DHS: 12,06ºC - Sabah namazlarından 4,5 h önce - Öğle namazlarından 3,5 h önce - Yatsı namazının sonuna kadar	19,7	41	20,6	20,0	-0,43	14	103	156
Deneysel koşullar	19,9	40	21,2	20,5	-0,31	13	119	181
Kasım OSSDS: 50ºC Ort. DHS: 10,59ºC - Sabah namazlarından 4,5 h önce - Öğle namazlarından 4,5 h önce - Yatsı namazının sonuna kadar	18,9	45	20,2	19,5	-0,51	14	195	295
Deneysel koşullar	19,4	43	20,8	20,1	-0,40	11	207	313
Aralık OSSDS: 50ºC Ort. DHS: 7,87ºC - Sabah namazlarından 6 h önce - Öğle namazlarından 4,5 h önce - Yatsı namazının sonuna kadar	16,1	49	17,3	16,7	-1,22	38	216	330
Deneysel koşullar	17,2	45	18,5	17,9	-0,96	27	244	372
Şubat dışında tüm aylar için yıllık toplam yakıt tüketimi ve CO_2 salımı tasarrufu							**89**	**136**

3.4.2. Kış Sezonu için Yalıtım Uygulaması

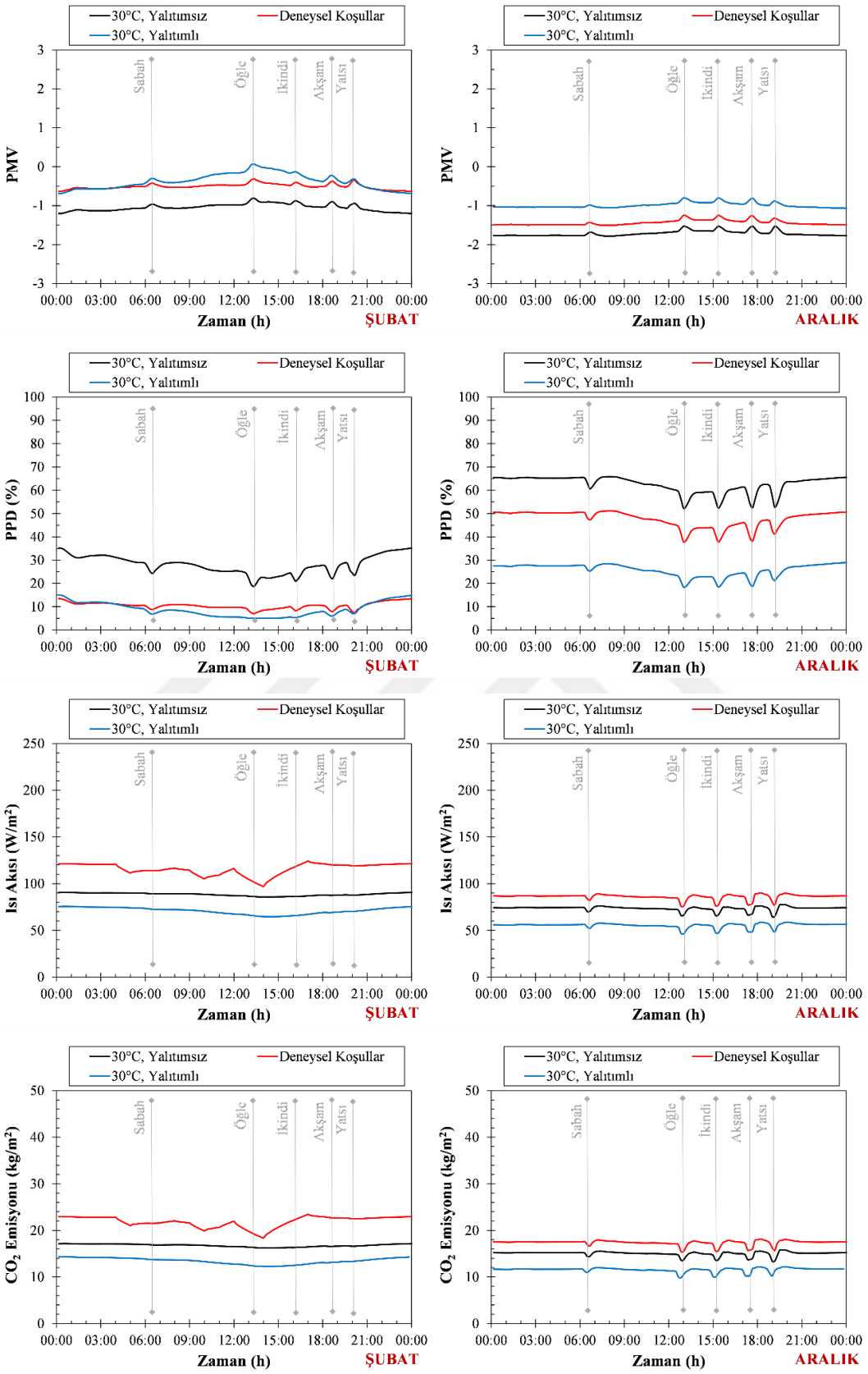
Yalıtım uygulamaları binalarda enerji tasarrufu açısından oldukça önemli bir yere sahip olmasına rağmen Hacı Hasan Sert Cami, Türkiye'de bulunan çoğu cami gibi yalıtımsız

bir duvara sahiptir. Bu bölümde, simülasyon çalışmasında yürütülen senaryolarda yalıtım uygulamasının camideki ısıl konfor ve enerji tüketimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. 1,501 W/m^{2}K U-değerine sahip olan camideki yalıtımsız duvarın dış ortama bakan yüzeyine 4 cm kalınlığındaki XPS (Ekstrüde Polistiren Köpük) malzemesi eklenerek yalıtım uygulanmış ve U-değeri 0,5 W/m^{2}K'e düşürülmüştür. Senaryolarda deneysel koşullarda elde edilen ısıl konfor şartlarına en yakın durumlar (Tablo 2.13) ele alınmıştır. Ayrıca bu bölümde önceki bölümde olduğu gibi Şubat ve Aralık ayları dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmış olup diğer aylara ait veriler Ek-D'de sunulmuştur.

3.4.2.1. Yalıtılmış Camide Kış Sezonu için Senaryo-I

Deneysel koşullar altında Şubat ve Aralık aylarında yerden ısıtma sistemi 50-26^{o}C ve 45-25^{o}C SSDS'lerde sürekli olarak çalıştırılmıştır. Senaryo-I'de de yalıtılmış camideki yerden ısıtma sisteminin 30^{o}C OSSDS'de sürekli çalışma stratejisi ele alınmıştır (Şekil 3.65). Deneysel koşullarda yerden ısıtma sisteminin sürekli çalışma stratejisinde kullanılması ve yalıtımın en düşük olumlu etkilerini gözlemlemek amacıyla en düşük OSSDS seçilmiştir.

Şubat ayında deneysel koşullara göre daha düşük OSSDS'de çalıştırılan yerden ısıtma sistemi sabah, öğle, ikindi ve akşam namazları sırasında deneysel koşullardan daha iyi iç ortam konfor şartları sunmuştur. Yatsı namazında ise deneysel sonuçlarla benzerlik görülmüştür. Deneysel PMV bulguları ile yalıtılmış 30^{o}C OSSDS durumundaki PMV sonuçları arasındaki en büyük fark öğle namazında yaklaşık 0,4 olarak belirlenmiştir. Yalıtılmış 30^{o}C OSSDS ve deneysel koşullar altında ortalama PMV ve PPD değerleri arasında sırasıyla 0,13 ve %2 fark oluşmuştur. Yalıtılmış 30^{o}C OSSDS durumunda, iç ortamdaki ısıl konfor parametreleri iyileşmesine rağmen zemindeki ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı yaklaşık 45 W/m^2 ve 8 kg/m^2 daha düşüktür. Aralık ayında ise Şubat ayında olduğu gibi yalıtılmış 30^{o}C OSSDS durumunda en iyi konfor şartları gözlenmiştir. Deneysel koşullar ile elde edilen PMV ve PPD değerleri ile yalıtılmış 30^{o}C OSSDS durumunda elde edilen değerler arasında sırasıyla ortalama 0,5 ve %22 fark tespit edilmiştir. Isıl konfor parametrelerindeki bu iyileşme durumu zemindeki ortalama ısı akısı ve CO_2 salımında 31 W/m^2 ve 6 kg/m^2 olarak yansımıştır.

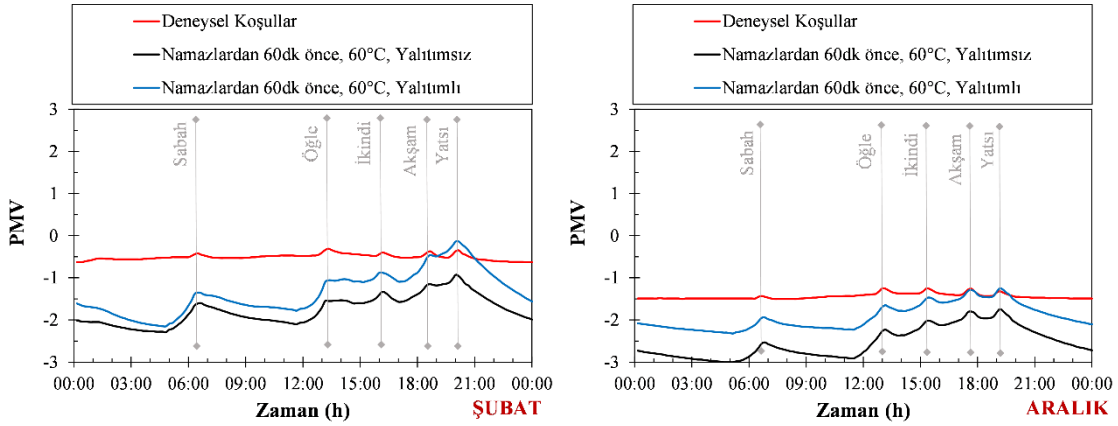


Şekil 3.65. Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

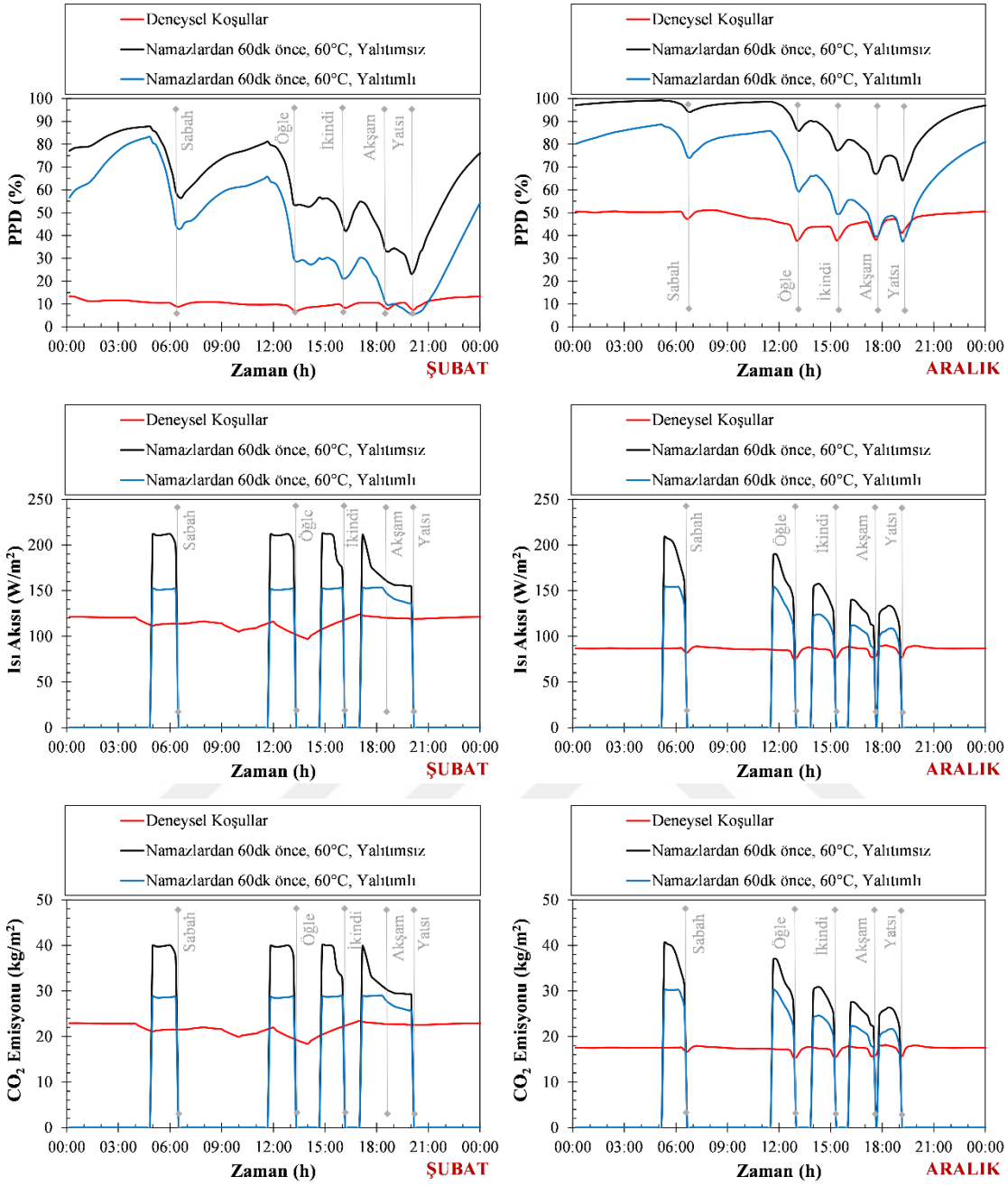
3.4.2.2. Yalıtılmış Camide Kış Sezonu için Senaryo-II

Senaryo-II'de, yalıtılan camide yerden ısıtma sisteminin vakit namazlarından 60dk önce ve 60°C OSSDS'de çalıştırılması dikkate alınmıştır (Şekil 3.66). Yerden ısıtma sisteminin aralıklı olarak yüksek OSSDS'de çalıştırılması durumunda tüm aylar için iç ortamda deneysel ısıl konfor şartlarına ulaşılamadığı için yalıtılmış camide en yüksek çalışma süreleri ve en yüksek OSSDS ele alınmıştır.

Şubat ayında iç ortamdaki deneysel konfor şartlarını yalıtılmış camide Senaryo-II'nin akşam ve yatsı namazları dışında sağlayamadığı görülmektedir. Belirtilen akşam ve yatsı namaz vakitleri arasında kısa bir süre olmasından dolayı yerden ısıtma sistemi kapatılmadan çalışmaya devam etmiş ve konfor şartları ancak sağlanabilmiştir. Deneysel sonuçlar ve yalıtım durumdaki sonuçlar arasında ortalama PMV ve PPD farkı 0,8 ve %35 olarak belirlenmiştir. Bu fark yalıtımsız camide yerden ısıtma sisteminin sürekli kullanılmasının yalıtılmış camide aralıklı kullanım stratejisine göre daha iyi konfor şartları sağlandığını göstermiştir. Yalıtılmış camide yerden ısıtma sisteminin aralıklı kullanım stratejisinde ısıl konfor şartlarını sağlanamazken zemindeki ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı 70 W/m^2 ve 14 kg/m^2 azaltılmıştır. Aralık ayında ise Şubat ayına benzer şekilde akşam ve yatsı namazları dışında deneysel konfor şartları sağlanamamıştır. Ortalama PMV ve PPD farkı 0,5 ve %24 olarak belirlenirken zemindeki ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı 51 W/m^2 ve 12 kg/m^2 azalmıştır.



Şekil 3.66. Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



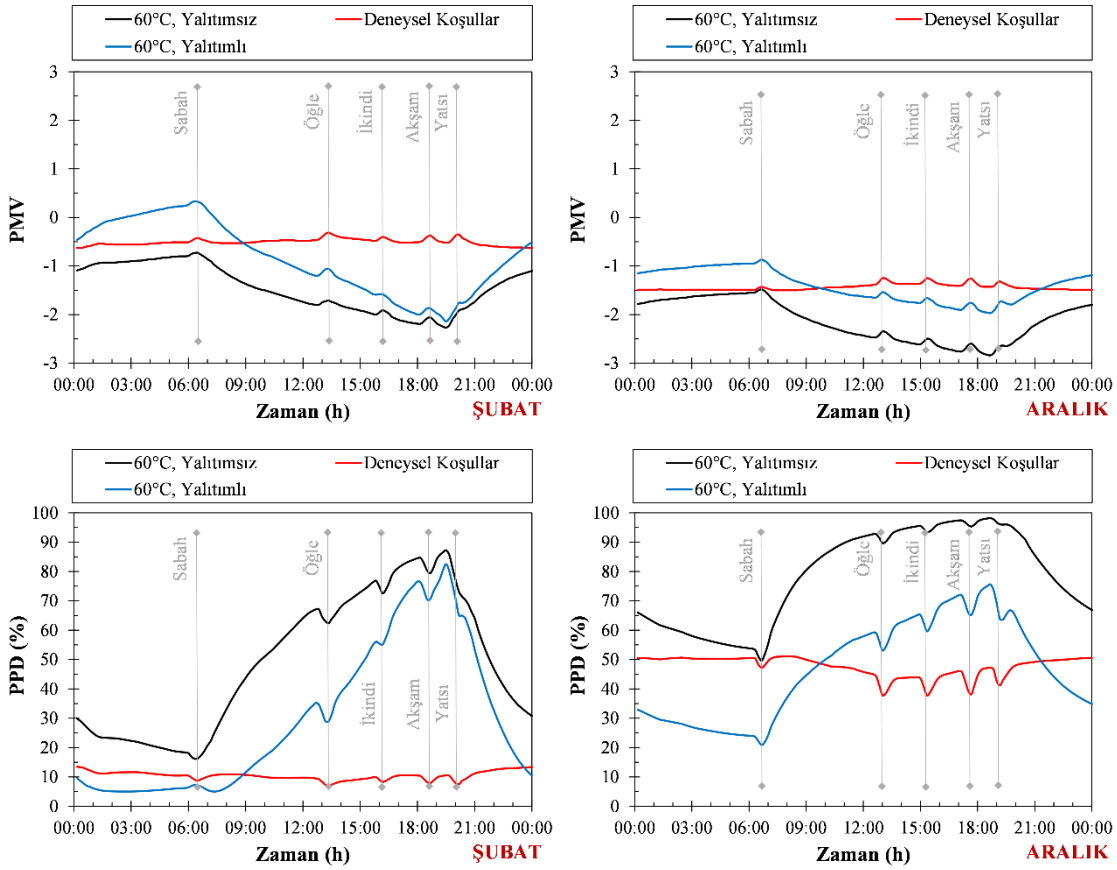
Şekil 3.66. (Devam) Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

3.4.2.3. Yalıtılmış Camide Kış Sezonu için Senaryo-III

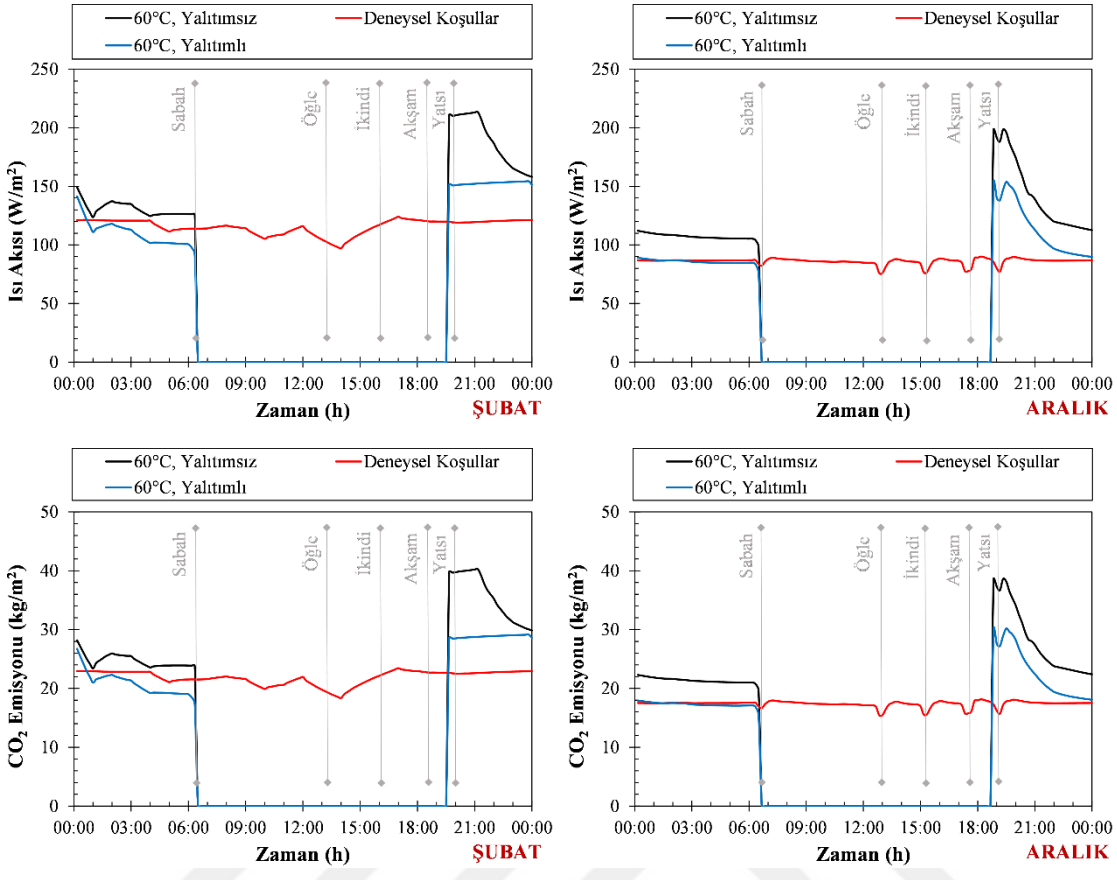
Yalıtılmış camideki yerden ısıtma sisteminin yatsı namazından sabah namazının sonuna kadar çalıştırılması Senaryo-III ile Şekil 3.67'deki gibi ele alınmıştır. Gece saatlerinde caminin kullanılmamasından ve Senaryo-III'e göre yalıtımsız camideki iç ortamın namaz

vakitlerinde konforsuz oluşundan dolayı yerden ısıtma sistemi en yüksek OSSDS'de (60ºC) çalıştırılması incelenmiştir.

Şubat ve Aralık ayları için yapılan günlük incelemeler yalıtımlı camide yerden ısıtma sistemi Senaryo-III stratejisine göre çalıştırıldığında sabah namazında konfor şartlarının deneysel şartlara göre iyileştiği belirlenmiştir. Ancak her iki ay için de sabah namazı dışındaki diğer vakit namazlarında istenilen konfor şartları sağlanamamıştır. Yalıtımlı durumda ortalama PMV (PPD) değerleri Şubat ve Aralık aylarında sırasıyla -0,8 (%30) ve -1,4 (%47) olarak tespit edilmiştir. Bu değerler deneysel koşullar altında elde edilen bulgulara göre ortalama 0,3 (%19) ve 0,1 (%1) daha kötüdür. Ancak her iki ay için zemindeki ısı akısı (CO_2 salımı) sırasıyla 58 W/m^2 (11 kg/m^2) ve 38 W/m^2 (8 kg/m^2) azalmıştır. Yerden ısıtma sisteminin Senaryo-III çalışma stratejisinde kullanımı, camide yalıtım uygulamasına rağmen tercih edilmesi gereken bir strateji olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.67. Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

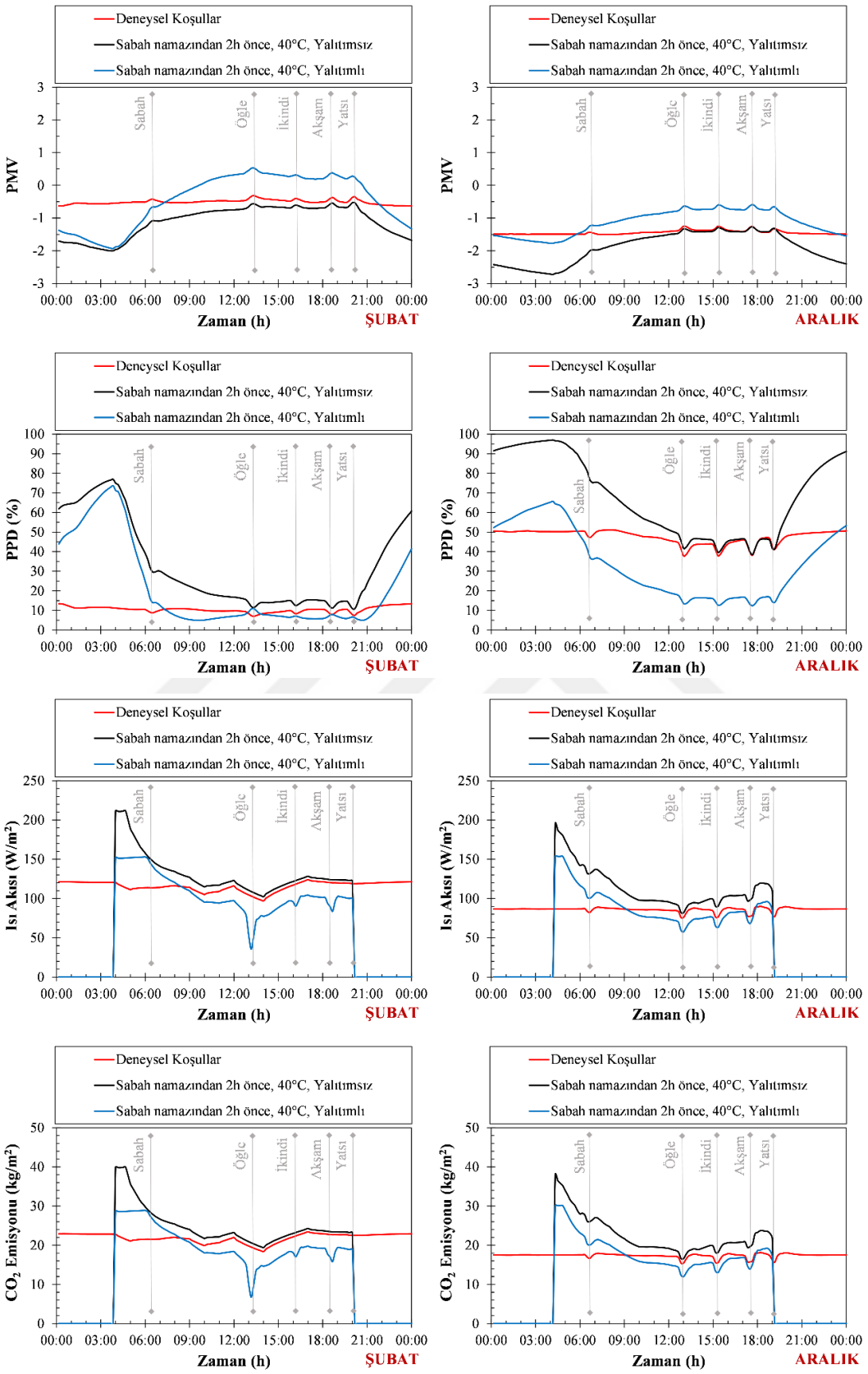


Şekil 3.67. (Devam) Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

3.4.2.4. Yalıtılmış Camide Kış Sezonu için Senaryo-IV

Senaryo-IV, yalıtılmış camide yerden ısıtma sisteminin sabah namazından 2 saat önce yatsı namazının sonuna kadar çalışmasını temsil etmektedir. OSSDS, Ocak, Şubat ve Aralık ayları için 40°C, Mart, Nisan ve Kasım ayları için 30°C olarak belirlenmiştir (Şekil 3.68). Önceki senaryolarda olduğu gibi yalıtımsız camide konfor şartlarına yaklaşılan ve yalıtım uygulamasıyla konfor şartlarının karşılanabileceği şartlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Şubat ayında yerden ısıtma sisteminin sabah namazından 2 saat önce çalıştırılması sabah namazında deneysel olarak elde edilen ısıl konfor koşullarının sağlanmasında yeterli olmamıştır. Ancak diğer namaz vakitlerinde konfor şartlarını karşılamış hatta daha üst seviyelere ulaştığı gözlenmiştir. Yatsı namazından sabah namazına kadar geçen sürede konfor şartlarının olumsuz olması cemaatin camide bulunmaması nedeniyle problem teşkil etmemektedir.



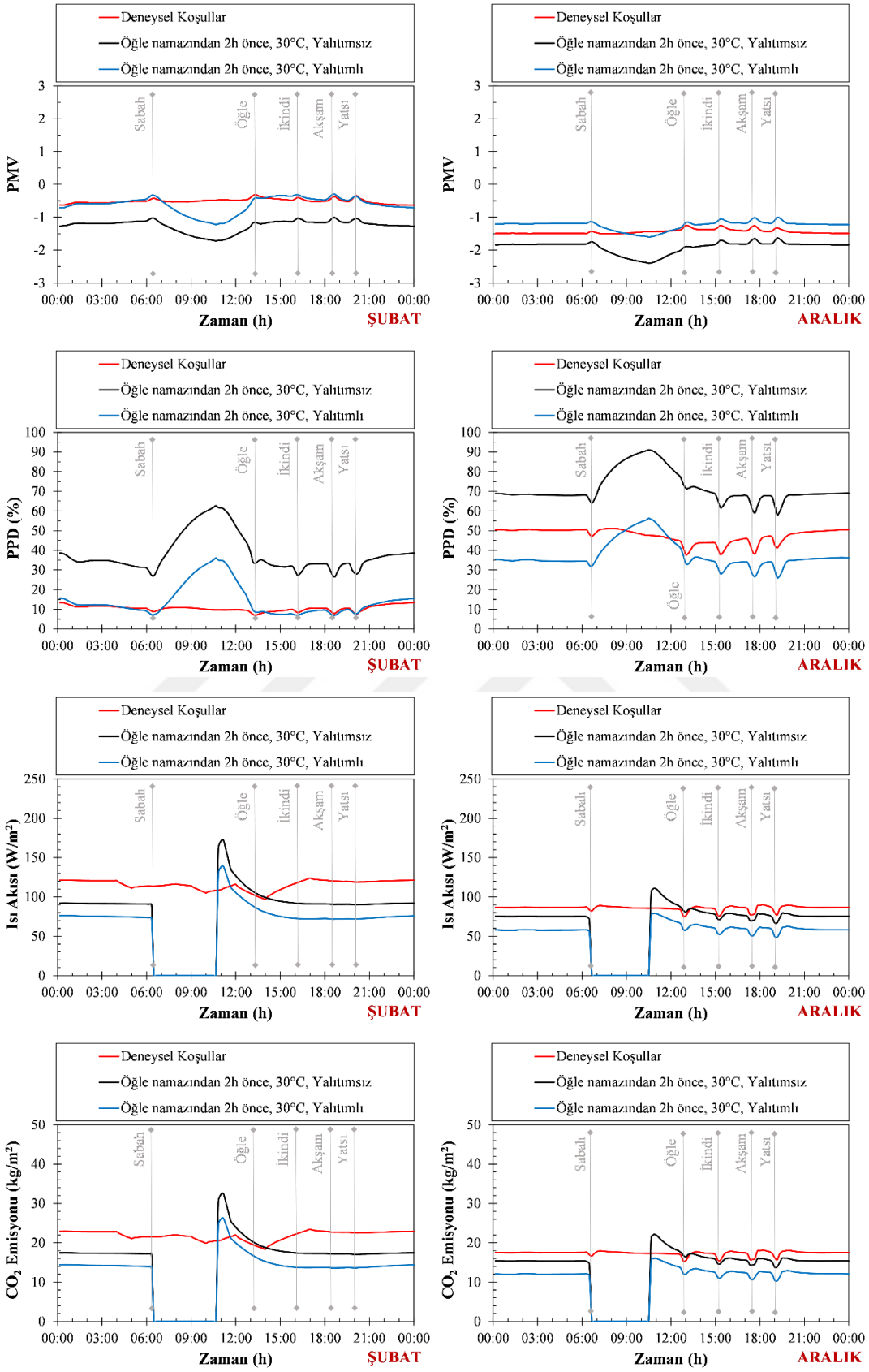
Şekil 3.68. Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Şubat ayı için ortalama PMV ve PPD değerleri -0,4 ve %21 iken zeminden ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı 72 W/m^2 ve 14 kg/m^2 olarak belirlenmiştir. Ortamdaki ısıl memnuniyetsizlik oranı deneysel koşullara göre %11 artış gösterse de bu değer gece saatlerindeki olumsuz konfor şartlarından kaynaklanmıştır. Öte yandan zemindeki ortalama ısı akısı 44 W/m^2 iyileşmiştir. Aralık ayında ise günlük ortalama PMV ve PPD değerleri deneysel koşullara göre 0,3 ve %14 iyileşmiştir. Ayrıca zemindeki ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı sırasıyla 30 W/m^2 ve 6 kg/m^2 azalmıştır. Dolayısıyla Senaryo-IV ısıl konfor koşullarını iyileştirdiği ve zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımının azalmasını sağladığı için yalıtılmış cami için tercih edilebilecek bir kullanım stratejisi olarak belirlenmiştir.

3.4.2.5. Yalıtılmış Camide Kış Sezonu için Senaryo-V

Senaryo-V, yerden ısıtma sisteminin öğle namazından 2 saat önce çalıştırılarak sabah namazının sonuna kadar tüm aylar için 30^{o}C OSSDS'de çalıştırılmasını temsil etmektedir (Şekil 3.69). Yerden ısıtma sistemi bu senaryoda sadece sabah ve öğle namazlarının arasında kapatılmıştır.

Şubat ayında elde edilen günlük ısıl konfor bulguları sadece öğle namazı sırasında deneysel koşullara ulaşmadığı ancak oldukça yakın olduğunu göstermektedir. Ancak Aralık ayında yalıtılmış camideki bulguların deneysel koşullardan daha iyi konfor şartları sağladığı görülmektedir. Dolayısıyla camide yalıtım yapılması ile birlikte yerden ısıtma sistemi daha düşük OSSDS'de kullanıldığı halde ısıl konfor şartlarının sağlanabileceği belirlenmiştir. Şubat ayında yalıtım uygulaması yapılan ve Senaryo-V stratejisinin kullanıldığı durumda ortalama PMV ve PPD değerleri -0,6 ve %14 iken deneysel ısıl konfor parametreleri sırasıyla -0,51 ve %11 olarak saptanmıştır. Öte yandan zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı arasında 51 W/m^2 ve 10 kg/m^2 fark oluşmuş ve Senaryo-V ile elde edilen verilerin deneysel sonuçlardan daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla elde edilen konfor şartlarının iyileştirilmesi için sıcaklık ve yerden ısıtma sistemindeki küçük bir artışla deneysel sonuçların ısı akısı ve CO_2 salımı açısından daha tasarruflu şekilde karşılanabileceği belirlenmiştir. Şubat ayına göre daha iyi bir iyileşme görülen Aralık ayında tüm vakit namazlarında deneysel koşullardan daha iyi iç ortam ısıl şartlar sağlanmıştır.



Şekil 3.69. Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Aralık ayını temsil eden gün içerisinde sadece sabah ve öğle namazları arasındaki yerden ısıtma sisteminin kullanılmadığı zaman aralığında deneysel konfor şartlarına göre daha düşük PMV değeri ve daha yüksek PPD değeri elde edilmiştir. Ancak belirtilen zamanlarda camide kimsenin bulunmaması bu durumun göz ardı edilmesine olanak tanımaktadır. Deneysel ve Senaryo-V ile elde edilen PMV ve PPD değerleri arasında sırasıyla 0,2 ve %10 fark bulunmaktadır. Öte yandan zemindeki ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı arasındaki fark ise sırasıyla 36 W/m^2 ve 7 kg/m^2 olarak elde edilmiştir. Yalıtılmış duvara sahip camide Senaryo-V stratejisinin kullanılması, yalıtımsız durumdaki deneysel koşullara (sürekli kullanım) göre daha düşük CO_2 salım değerleri ile daha iyi konfor şartlarının sunulabileceğini göstermiştir.

3.4.2.6. Yalıtılmış Camide Kış Sezonu için Senaryo-VI

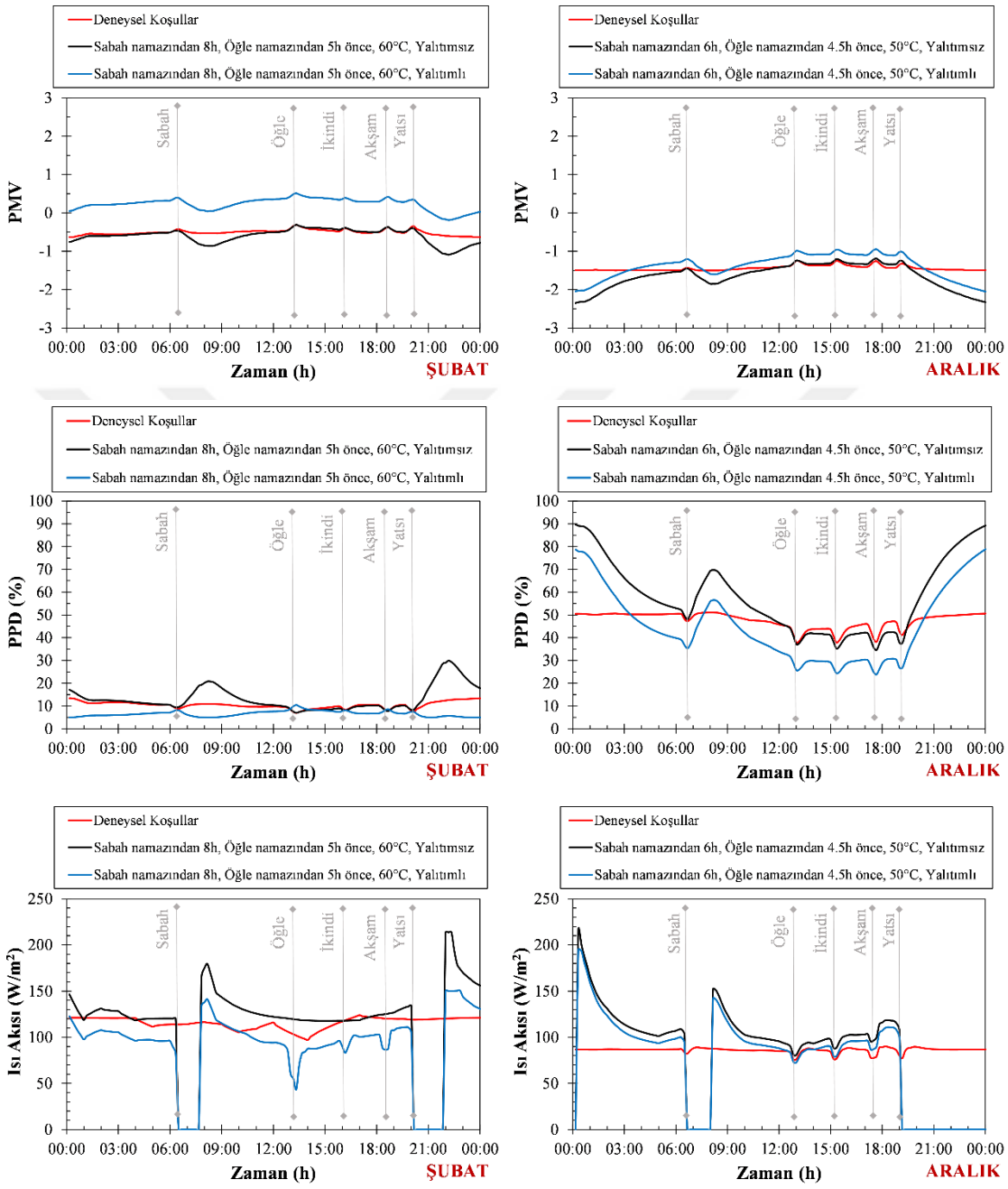
Senaryo-VI duvarı yalıtılan camide yerden ısıtma sisteminin Tablo 2.13'te verilen koşullar altında kullanılmasını temsil etmektedir (Şekil 3.70). Bu senaryoda yatsı-sabah ve sabah-öğle namazları arasında yerden ısıtma sistemi çalıştırılmamış olup her ay için yalıtımsız durumda belirlenen en uygun çalışma süreleri ve çalışma sıcaklıkları (OSSDS) altında yerden ısıtma sistemi çalışma performansı incelenmiştir.

Şubat ayında Senaryo-VI için elde edilen ısıl konfor parametreleri camideki mevcut konfor şartlarından çok olumludur. Kış ayları olmasına rağmen iç ortamda pozitif PMV değerlerinin görülmesi ortamın gereğinden fazla ısıtıldığını göstermektedir. Ancak önceki bölümde de görüldüğü gibi Şubat ayında dış ortam sıcaklıklarının diğer aylara göre daha düşük olması ve yerden ısıtma sisteminde kullanılan dolaşım suyu debisinin daha yüksek olması yalıtımsız durumdaki camide yerden ısıtma sisteminin aralıklı olarak kullanılmasını olumsuz yönde etkilemiştir. Yalıtımsız camide, belirtilen aralıklı çalışma durumlarının tümünde ya ısıl konfor şartlarına ulaşılamamış ya da daha fazla enerji tüketimi ile karşılaşılmıştır. Ancak camide yalıtım uygulaması ile Şubat ayında dahi konfor şartları sağlanırken daha düşük zemindeki ısı akısı gözlemlenebilmiştir. Senaryo-VI'da belirtilen yerden ısıtma sisteminin çalışma şartları yalıtımsız duruma göre belirlendiği için yalıtımlı durumda ısıl konfor parametreleri kış aylarında fazla ısıtma gibi bir durumun oluşmasına neden olmuştur. Ancak buna rağmen yalıtımlı cami için zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımında yaklaşık 25 W/m^2 ve 5 kg/m^2 tasarruf sağlanmıştır. Bu durum Şubat ayında dikkate alınan OSSDS'nin daha düşük sıcaklıklara ayarlanması

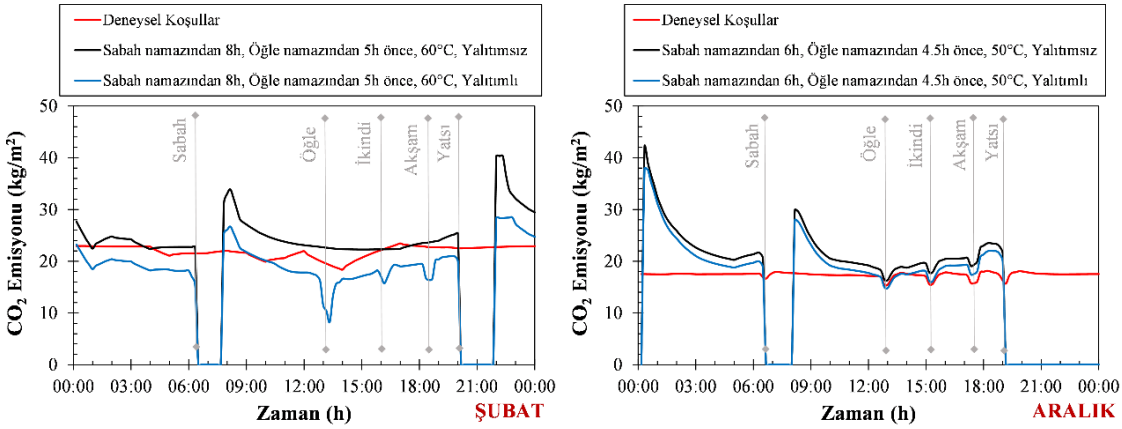
ve yerden ısıtma sisteminin kullanım süresinin azaltılması ile daha düşük ısı akısı ve CO_2 salımı ile istenilen konfor seviyelerinin sağlanabileceğini göstermektedir. Aralık ayında da Şubat ayında olduğu gibi deneysel ısıl konfor parametrelerinden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Deneysel bulgular ile yalıtımlı camideki Senaryo-VI sonuçları arasındaki ortalama PMV ve PPD farkı 0,1 ve %2 olarak elde edilmiş ve yalıtımlı camideki aralıklı kullanımın daha iyi konfor şartları sağladığı belirlenmiştir. Senaryo-VI ile ısıl konfor şartları iyileşirken yalıtılmış caminin zeminindeki ısı akısı ve CO_2 salımı sırasıyla 11 W/m^2 ve 2 kg/m^2 azalmıştır. Dolayısıyla yalıtımsız camide Senaryo-VI ile daha düşük salımlar ile ısıl konfor şartları sağlanırken yalıtılmış camide çok daha düşük CO_2 salımı ile ısıl konfor şartları iyileştirilmiştir.

Ele alınan senaryolar ışığında Şubat ve Aralık ayları için yalıtılmış camideki aylık ortalama ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı değerleri Tablo 3.19'da verilmiştir. Yerden ısıtma sisteminin sürekli çalıştırıldığı deneysel koşullarda Şubat ve Aralık ayları için elde edilen ortalama iç ortam sıcaklıkları sırasıyla 17,8 ve 17,2^oC iken yalıtılmış durumdaki camide Senaryo-VI için elde edilen sıcaklık değerleri sırasıyla 20,9 ve 16,7^oC'dir. Bu değerler Şubat ayı için en yüksek iç ortam sıcaklığını temsil ederken Aralık ayındaki en yüksek ortalama iç ortam sıcaklığı Senaryo-I'de 18,1^oC olarak belirlenmiştir. Ancak aylık ortalama veriler namaz vakitlerinin dışındaki caminin kullanılmadığı zamanları da kapsadığı için sıcaklık, bağıl nem, PMV ve PPD gibi değerler günlük bazda değerlendirmelerin yapıldığı önceki bölümler ışığında dikkate alınmalıdır. Aylık veriler özellikle doğalgaz tüketimi ve CO_2 salımının değerlendirilmesinde etkili olmaktadır. Şubat ayı için aylık doğalgaz tüketimi ve CO_2 salımı en fazla yalıtımsız durumdaki Senaryo-VI'da ve en düşük Senaryo-III'de elde edilmiştir. Ancak Senaryo-III'te günlük konfor şartları istenilen seviyelere ulaşamamıştı. Dolayısıyla Şubat ayında günlük ısıl konfor şartlarının karşılanabildiği senaryolar dikkate alınarak yalıtılmış durumdaki Senaryo-V'in (doğalgaz tüketimi 192 kWh/gün ve CO_2 salımı 290 kg/gün) kullanımı tavsiye edilmektedir. Aralık ayında ısıl konfor şartlarının sağlanabildiği ve en düşük yakıt tüketiminin elde edildiği yerden ısıtma sistemi kullanım stratejisi Senaryo-VI'dır. Diğer aylara ait aylık ortalama veriler ise Ek-C'de verilmiştir. Ele alınan senaryolar dikkate alındığında yalıtımlı camide en uygun ısıl konfor şartları sağlanırken deneysel verilere göre Senaryo IV'te yakıt tüketimi ve CO_2 salımında yıllık toplam %29,4

tasarruf sağlanmıştır. Bu değer Senaryo-V ve VI'da sırasıyla %30,1 ve %27,4 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.70. Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-VI için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil 3.70. (Devam) Yalıtılmış camide 16 Şubat ve 10 Aralık tarihlerinde Senaryo-VI için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Tablo 3.19. Şubat ve Aralık ayları için yalıtım uygulamasının aylık sonuçları

	Parametreler	Şubat		Aralık	
		Yalıtımsız	Yalıtımlı	Yalıtımsız	Yalıtımlı
Senaryo-I 30°C OSSDS Sürekli çalışma	DHS (°C)	4,9	4,9	7,9	7,9
	İHS (°C)	15,5	17,9	16,2	18,1
	BN (%)	33	29	48	43
	ORS (°C)	17,0	21,1	17,4	20,7
	ÇS (°C)	16,3	19,5	16,8	19,4
	PMV	-1,0	-0,4	-1,2	-0,7
	PPD (%)	32	15	37	16
	DT (kWh/gün)	255	209	213	176
	CO_2 salımı (kg/gün)	387	317	326	267
Senaryo-II 60°C OSSDS Namazlardan 60dk önce çalışma	DHS (°C)	4,9	4,9	7,9	7,9
	İHS (°C)	12,0	13,4	12,9	14,5
	BN (%)	42	39	60	54
	ORS (°C)	13,2	15,8	13,8	16,4
	ÇS (°C)	12,6	14,6	13,4	15,4
	PMV	-1,7	-1,3	-1,9	-1,5
	PPD (%)	57	46	70	51
	DT (kWh/gün)	170	131	124	112
	CO_2 salımı (kg/gün)	258	199	189	170
Senaryo-III 60°C OSSDS Yatsı namazından sabah namazında kadar gece çalışma	DHS (°C)	4,9	4,9	7,9	7,9
	İHS (°C)	13,8	16,0	14,7	16,8
	BN (%)	38	33	53	47
	ORS (°C)	15,1	18,8	15,8	19,0
	ÇS (°C)	14,5	17,4	15,2	17,9
	PMV	-1,3	-0,7	-1,5	-1,0
	PPD (%)	44	29	53	28
	DT (kWh/gün)	210	175	177	159
	CO_2 salımı (kg/gün)	318	265	270	240

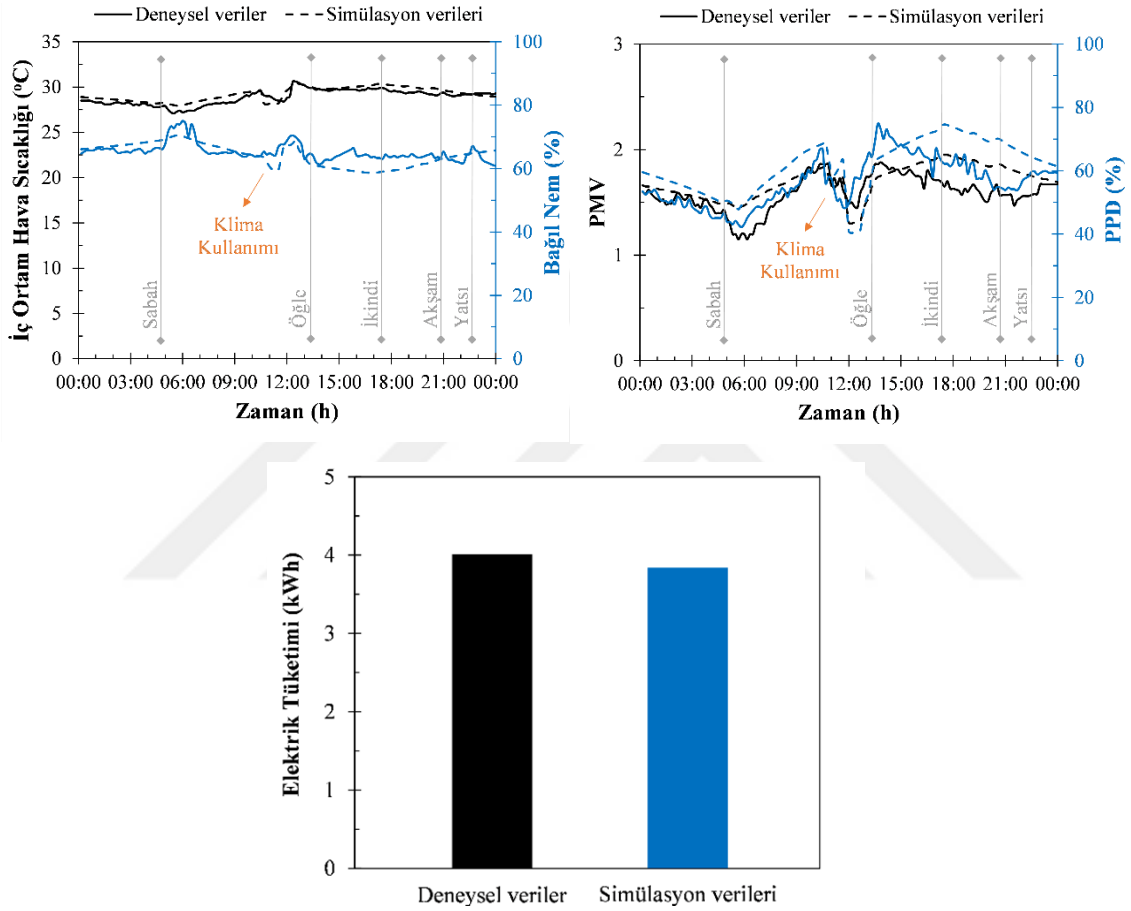
Tablo 3.19. (Devam) Şubat ve Aralık ayları için yalıtım uygulamasının aylık sonuçları

	Parametreler	Şubat		Aralık	
		Yalıtımsız	Yalıtımlı	Yalıtımsız	Yalıtımlı
Senaryo-IV 40°C OSSDS Sabah namazından 2h önce yatsı namazı sonuna kadar çalışma	DHS (°C)	4,9	4,9	7.9	7.9
	İHS (°C)	15,0	17,3	15.1	17.0
	BN (%)	35	31	53	46
	ORS (°C)	16,4	20,3	16.1	19.3
	ÇS (°C)	15,7	18,8	15.5	18.2
	PMV	-1,1	-0,5	-1.5	-0.9
	PPD (%)	35	23	49	26
	DT (kWh/gün)	248	223	187	163
	CO_2 salımı (kg/gün)	376	339	284	247
Senaryo-V 40°C OSSDS Sabah namazından sonra öğle namazından 2h öncesine kadar çalışmama	DHS (°C)	4,9	4,9	7.9	7.9
	İHS (°C)	16,5	16,8	16.8	17.2
	BN (%)	32	31	47	45
	ORS (°C)	18,0	19,8	18.1	19.7
	ÇS (°C)	17,2	18,3	17.4	18.5
	PMV	-0,8	-0,6	-1.1	-0.9
	PPD (%)	24	21	30	22
	DT (kWh/gün)	289	192	232	158
	CO_2 salımı (kg/gün)	438	290	353	240
Senaryo-VI Yatsı ile sabah namazı ve sabah namazı ile öğle namazı arasında bir süre çalışmama	DHS (°C)	4,9	4,9	7.9	7.9
	İHS (°C)	18,2	20,9	16.1	16.7
	BN (%)	29	25	49	47
	ORS (°C)	19,8	24,5	17.3	18.4
	ÇS (°C)	19,0	22,7	16.7	17.6
	PMV	-0,4	0,3	-1.2	-1.0
	PPD (%)	15	7	38	30
	DT (kWh/gün)	344	239	216	202
	CO_2 salımı (kg/gün)	522	362	330	309
Deneysel bulgular Sürekli çalışma	DHS (°C)	4,9		7,9	
	İHS (°C)	17,8		17,2	
	BN (%)	29		45	
	ORS (°C)	19,4		18,5	
	ÇS (°C)	18,6		17,9	
	PMV	-0,5		-1,0	
	PPD (%)	16		27	
	DT (kWh/gün)	322		244	
	CO_2 salımı (kg/gün)	488		372	

3.4.3. Yaz Sezonu için Simülasyon Bulguları

Yalova ilinin 2022 yılındaki meteorolojik şartlarına göre klimalar Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında kullanılmıştır. İlgili soğutma sezonu ayları için simülasyon çalışmaları klimaların çalışma stratejisine bağlı olarak geliştirilen beş senaryo dikkate alınarak hem

günlük hem de aylık bazda yürütülmüştür. Yaz aylarında iç ortamda doğal yollarla konfor şartlarının sağlanması ve ortamın havalandırılması için pencereler kullanıldığı için yürütülen senaryolarda pencerelerin açık olması durumu ele alınmış ve kaynak olarak dış ortam havası seçilerek iç ortama 2100 m^3/h oranında taze hava beslendiği dikkate alınmıştır. Ayrıca yaz aylarına bağlı değerlendirmeler sadece Temmuz ayı üzerinde yapılırken diğer aylara ait bulgular Ek-E'de verilmiştir.



Şekil 3.71. Soğutma sezonu için simülasyon modelinin doğrulanması

Hacı Hasan Sert Cami'de klimalar bazı namaz vakitlerinde kısa süreli olarak kullanıldığı için simülasyon çalışmasının doğruluğunu ve geçerliliğini sağlamak adına bir günlük deneysel sonuçlar, oluşturulan model ile elde edilen simülasyon sonuçları ile kıyaslanmıştır (Şekil 3.71). Camideki klimalar sadece 10:00 ve 12:00 saatleri arasında açılırken günlük elektrik tüketimi cihazların bağlı olduğu sayaç üzerinden takip edilmiştir. Günlük iç ortam sıcaklığı, bağıl nemi, PMV, PPD ve doğalgaz tüketimleri dikkate alındığında simülasyon sonuçlarının deneysel sonuçlar ile benzerlik gösterdiği

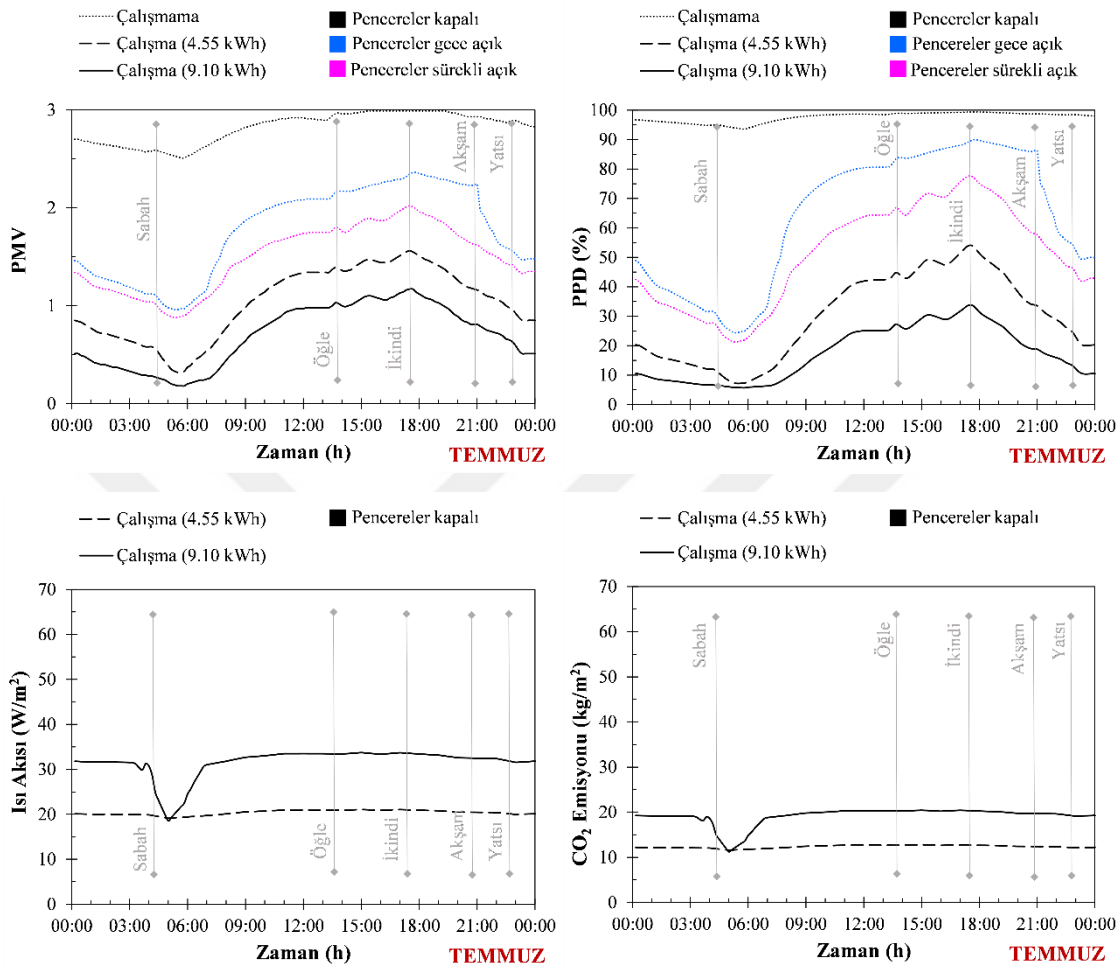
belirlenmiştir. Her iki yöntem ile elde edilen ortalama iç hava sıcaklıkları arasında ortalama %1,24 hata oranı tespit edilirken PMV indeksleri arasındaki hata oranı ortalama %6,34 olarak belirlenmiştir. Gün içerisindeki elektrik tüketimleri için elde edilen hata oranı ise %4,24'tir. Hata oranlarının belirtildiği gibi düşük olması soğutma sezonu için geliştirilen simülasyon modelinin doğruluğunun sağlandığını göstermektedir.

3.4.3.1. Yaz Sezonu için Senaryo-I

Senaryo-I'de klimaların çalıştırılmadığı ve sürekli çalıştırıldığı durumlar incelenmiştir. Grafiklerde, camide bulunan klimalardan birisinin çalışması 4,55 kWh, ikisinin birden çalıştırılması ise 9,10 kWh olarak temsil edilmiştir. Öte yandan pencereler, klimaların sürekli çalıştırıldığı durumda kapalı iken klimaların kullanılmadığı durumda sürekli açık veya sadece gece saatlerinde açık durumdadır.

17 Temmuz'daki Senaryo-I kullanım stratejisinde günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı Şekil 3.72 ile verilmiştir. Klimaların çalıştırılmadığı ve pencerelerin kapalı olduğu durumda iç ortamda oldukça olumsuzluk konfor şartları görülmüştür. Özellikle gün içerisinde en yüksek sıcaklıkların görüldüğü öğle namazı sonrasında PMV değeri +3'e PPD değeri ise %100 yaklaşmıştır. Günlük ortalama PMV ve PPD değerleri ise sırasıyla +2,8 ve %98 olarak belirlenmiştir. Ancak pencerelerin açıldığı durumlarda konfor şartlarında iyileşmeler gözlenmiş ve pencerelerin sürekli açık olduğu durumda PMV ve PPD değerleri ortalama +1,5 ve %51 iken pencerelerin gece açık olduğu durumda +1,8 ve %64 olarak gözlenmiştir. Belirlenen PMV ve PPD değerleri dış ortam sıcaklığının yüksek olduğu yaz aylarında klima kullanılmadığı taktirde iç ortamın ısıl açıdan konforsuz olduğunu göstermektedir. Klimaların sürekli çalıştırıldığı durumda ise beklendiği gibi konfor şartları iyileşirken iki klimanın birden çalıştırılması ile ortalama PMV ve PPD değerlerinin sırasıyla +0,7 ve %18'e düştüğü saptanmıştır. Bu değerler tek klima kullanımında +1,0 ve %30'a çıkmış ve büyük hacme sahip camide tek klima kullanımının konfor şartlarını sağlamada yeterli olmadığını göstermiştir. Sabah saatlerinde dış ortamdaki sıcaklığın azalmasıyla birlikte iki klima kullanımında ısı akısı ve CO_2 salımı azalırken, tek klima kullanımında dikkate değer bir değişim söz konusu olmamıştır. Ayrıca iki klima kullanımında (9,10 kWh) ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı 32 W/m^2 ve 19 kg/m^2'e ulaşırken tek klima (4,55 kWh) kullanımında bu değerler 20 W/m^2 ve 12 kg/m^2 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla çalışan klima sayısındaki artış konfor

şartlarının iyileşmesini sağlarken daha çok elektrik tüketimine ve CO_2 salımına neden olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.72. 17 Temmuz tarihinde Senaryo-I için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı

Temmuz ayına ait Senaryo-I'e göre elde edilen aylık ortalama ısıl konfor şartları, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı Tablo 3.20'de verilmiştir. Ortalama en yüksek iç ortam sıcaklığı pencerelerin kapalı olduğu ve klimaların çalıştırılmadığı durumda 30,9°C olarak belirlenirken pencerelerin açık kalma süresinin artmasıyla ortalama iç ortam sıcaklığında azalma meydana gelmiştir. Kullanılan klima sayısındaki artış ise ortalama iç ortam sıcaklığını 1,4°C azaltmıştır. İç ortam sıcaklıklarında olduğu gibi PMV ve PPD indeksleri de pencerelerin açık kalma süreleri ve kullanılan klima sayısındaki artışa bağlı olarak iyileşmiştir. Ancak sadece pencerelerin açık tutulması ile ortamın iklimlendirilmesinde elektrik tüketimi meydana gelmezken klima kullanımı ile 84,6 kWh/gün'e kadar elektrik tüketimi ve 51,6 kg/gün'e kadar CO_2 salımı meydana gelmiştir. Dolayısıyla klimaların

sürekli kullanımı ısıl konforu iyileştirirken elektrik tüketimi ve CO_2 salımını arttırmaktadır. Deneysel koşullar altında klimaların sürekli kullanılmaması ve cemaatin anlık konfor hissiyatına göre kullanım stratejilerinin belirlenmesi Senaryo-I'e göre daha düşük elektrik tüketimi ile konfor şartlarının sağlandığını göstermektedir. Bu nedenle elektrik tüketimi dikkate alındığında Senaryo-I klima kullanımında tercih edilen bir strateji olmamalıdır.

Tablo 3.20. Senaryo-I için Temmuz ayı ortalama verileri

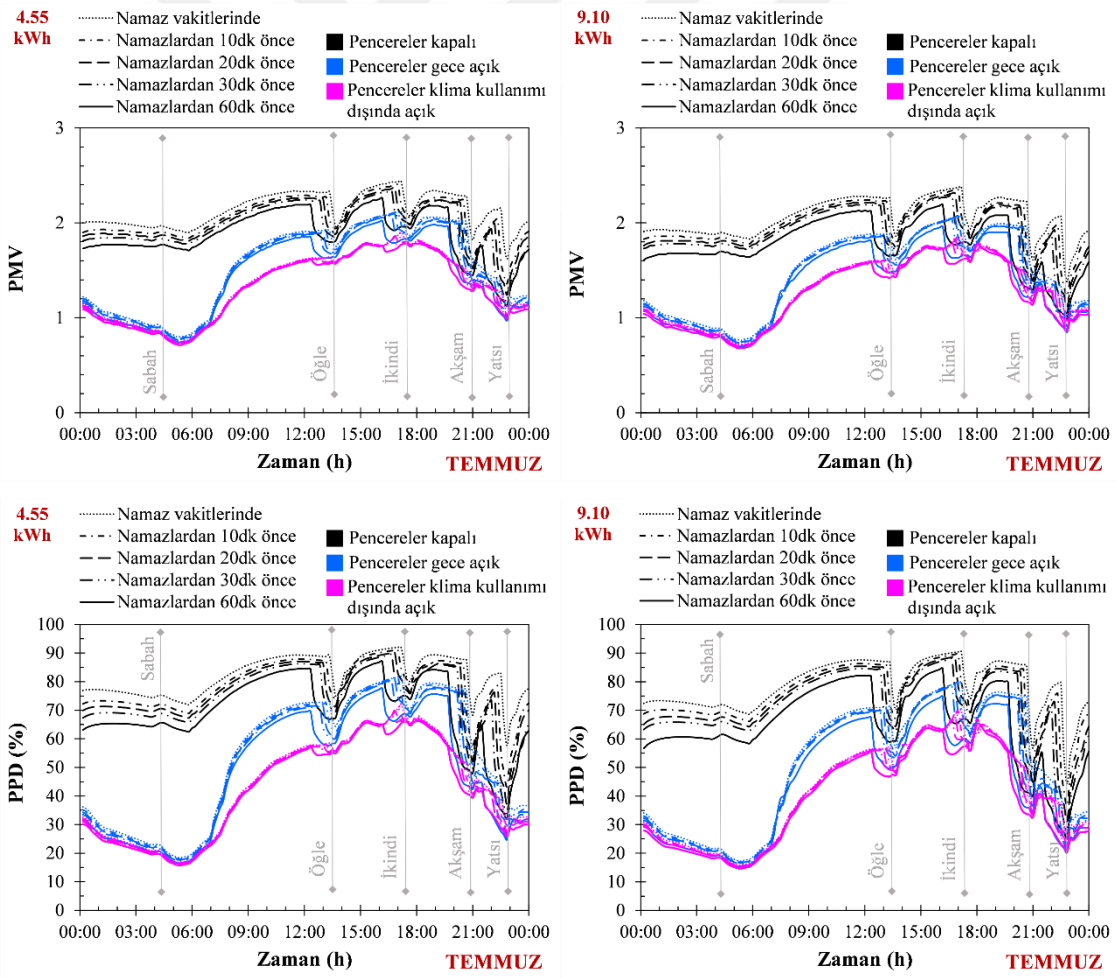
Ay	Parametreler	Çalışmama			Tek Klima (4,55 kWh)	Çift Klima (9,10 kWh)
		Pencereler sürekli kapalı	Pencereler sürekli açık	Pencereler gece açık	Pencereler sürekli kapalı	Pencereler sürekli kapalı
Temmuz	DHS (°C)	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1
	İHS (°C)	30,9	26,5	27,5	25,5	24,1
	BN (%)	94,7	82,1	78,5	66,5	69,3
	ORS (°C)	30,9	28,5	29,1	27,6	26,7
	ÇS (°C)	30,9	27,5	28,3	26,5	25,4
	PMV	2,7	1,4	1,7	1,0	0,7
	PPD (%)	87,7	49,2	58,2	32,2	20,2
	ET (kWh/gün)	0,0	0,0	0,0	55,6	84,6
	CO_2 salımı (kg/gün)	0,0	0,0	0,0	33,9	51,6

3.4.3.2. Yaz Sezonu için Senaryo-II

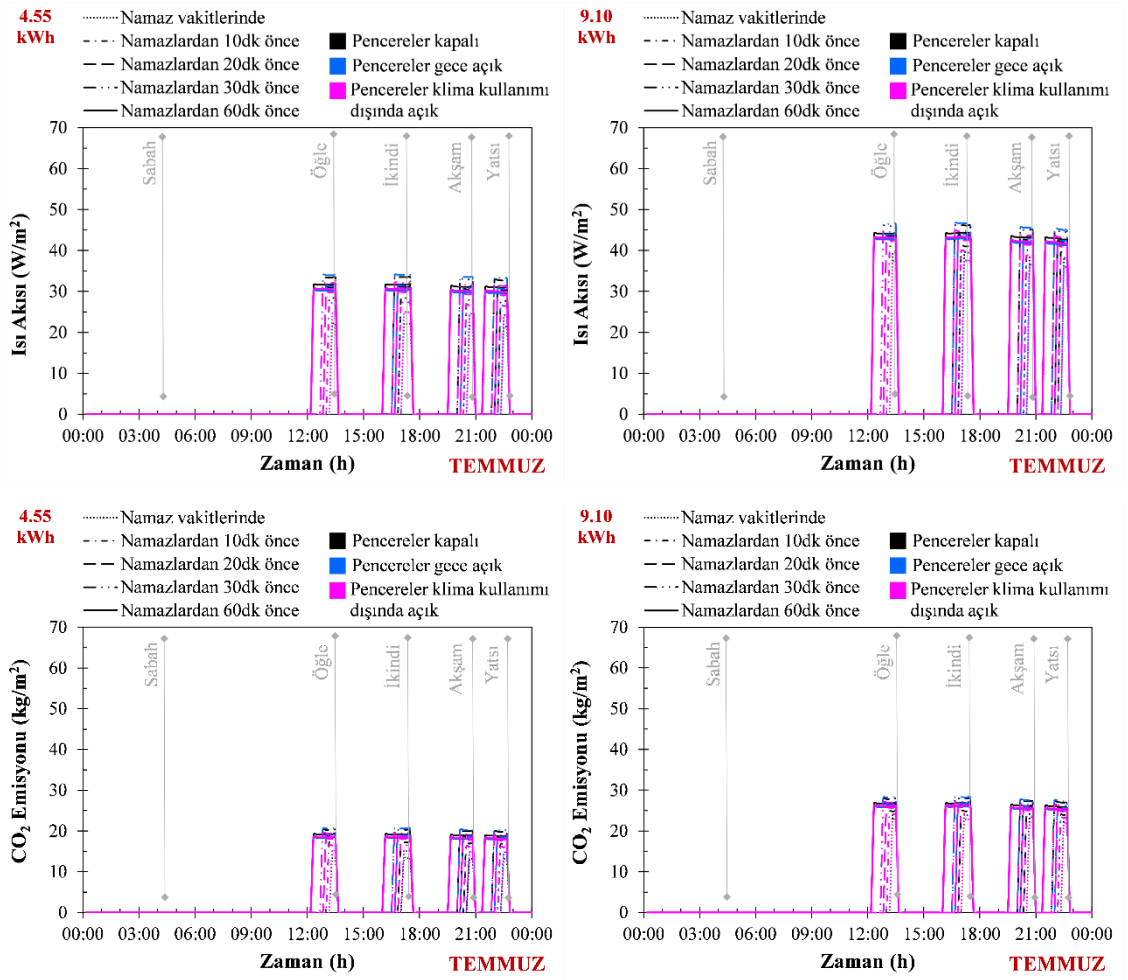
Klimaların namaz vakitlerinde kullanımı Senaryo-II stratejisi olarak tanımlanmıştır. Klimalar bu senaryoda, günün en düşük dış ortam sıcaklıkları görüldüğü için sabah namazı dışındaki namaz vakitlerinde ve namazlardan sırasıyla 10, 20, 30 ve 60 dk önce çalıştırılmıştır. İç ortama pencereler vasıtasıyla beslenen temiz hava miktarı önceki senaryoda olduğu gibi 2100 m^3/h iken pencerelerin kapalı olduğu, klima kullanımı dışında açık olduğu ve sadece gece saatlerinde açık olduğu durumlar değerlendirilmiştir.

17 Temmuz'daki Senaryo-II'ye ait günlük veriler Şekil 3.73 ile verilmiştir. Kullanılan klima sayısındaki ve çalışma sürelerindeki artışla birlikte PMV ve PPD değerleri daha belirgin şekilde azalmıştır. Ayrıca pencerelerin klima kullanımı dışında açık olması daha iyi konfor şartlarını sağlamıştır. En konforsuz koşullar tek klimanın sadece namaz vakitlerinde çalıştırıldığı ve pencerelerin kapalı olduğu durumda elde edilmiştir. Gün içerisindeki en yüksek dış ortam sıcaklıkları öğle namazı sırasında gözlemlenmesine rağmen en konforsuz koşullar ikindi namazında meydana gelmiştir. Bu durum kalın

duvarlara sahip camideki ısıl ataletin yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Öte yandan pencerelerin açık olduğu durumlarda sabah namazı sırasında klima kullanılmadığı halde en konforlu koşullar elde edilmiştir. Klima kullanımının olduğu diğer vakit namazlarında ise yatsı namazı sırasında en konforlu koşullarla karşılaşılmıştır. Isı akısı ve CO_2 salımı ise çift klimanın sürekli kullanımında (9,10 kWh) ortalama 32 W/m^2 ve 19 kg/m^2 iken pencereler kapalı konumdayken aralıklı olarak namazlardan 60dk önce kullanımda 10,0 W/m^2 ve 6,1 kg/m^2 olarak belirlenmiştir. Bu durum pencereler gece açıkken 9,7 W/m^2 ve 5,8 kg/m^2, pencereler klima kullanımı dışında açıkken 9,8 W/m^2 ve 5,9 kg/m^2 olarak sonuçlanmıştır. Dolayısıyla pencerelerin açık kalma süresindeki değişim ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı üzerinde dikkate değer bir etkiye sahip değildir. Ancak pencerelerin açılmasıyla birlikte klimalardan kaynaklanan ısı akısı ve CO_2 salımının azaldığı belirlenmiştir.



Şekil 3.73. 17 Temmuz tarihinde Senaryo-II için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil 3.73. (Devam) 17 Temmuz tarihinde Senaryo-II için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı

Klimaların Senaryo-II koşullarında çalışma durumunda elde edilen Temmuz ayına ait aylık ortalama veriler Tablo 3.21'de verilmiştir. Klimaların çalışma süreleri arttıkça ortalama iç ortam hava sıcaklığı, ortalama radyant sıcaklık, çalışma sıcaklığı, PMV ve PPD değerleri azalırken, bağıl nem, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı artmıştır. Aylık ortalama veriler caminin kullanılmadığı zamanı da kapsadığı için ortalama ısıl konfor indeksleri kullanım zamanındaki koşulları temsil etmemektedir. Ancak caminin vakit namazları dışında da kullanıma açık olduğu dikkate alınırsa genel olarak ısıl açıdan konforsuz koşulların oluştuğu belirtilebilir. Elektrik tüketimi ve CO_2 salımı klimaların sürekli çalıştırıldığı Senaryo-I'e göre oldukça düşük olmasına rağmen konfor şartları sağlanamadığı için yaz aylarında klimaların sadece vakit namazlarında kullanımı önerilmemektedir.

Tablo 3.21. Senaryo-II için Temmuz ayı ortalama verileri

Çalışma Şartları	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
Tek klima (4,55 kWh) (Pencereler kapalı)	DHS (ºC)	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1
	İHS (ºC)	30,1	29,8	29,6	29,4	29,0
	BN (%)	53,5	54,2	54,9	55,6	56,7
	ORS (ºC)	30,5	30,3	30,2	30,0	29,8
	ÇS (ºC)	30,3	30,0	29,9	29,7	29,4
	PMV	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8
	PPD (%)	72,7	70,5	68,9	67,4	64,2
	ET (kWh/gün)	3,9	7,3	10,4	13,8	20,4
	CO_2 salımı (kg/gün)	2,4	4,4	6,3	8,4	12,4
Çift klima (9,10 kWh) (Pencereler kapalı)	DHS (ºC)	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1
	İHS (ºC)	29,8	29,6	29,3	29,1	28,7
	BN (%)	52,4	53,7	54,7	55,5	56,9
	ORS (ºC)	30,3	30,1	30,0	29,9	29,6
	ÇS (ºC)	30,1	29,8	29,7	29,5	29,1
	PMV	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7
	PPD (%)	69,9	67,8	66,2	64,7	60,4
	ET (kWh/gün)	6,0	10,4	14,4	18,8	28,4
	CO_2 salımı (kg/gün)	3,7	6,3	8,8	11,4	17,3
Tek klima (4,55 kWh) (Pencereler gece açık)	DHS (ºC)	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1
	İHS (ºC)	27,3	27,2	27,2	27,1	26,9
	BN (%)	62,9	63,1	63,3	63,7	64,2
	ORS (ºC)	28,9	28,9	28,8	28,8	28,6
	ÇS (ºC)	28,1	28,1	28,0	27,9	27,8
	PMV	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4
	PPD (%)	50,5	49,7	48,9	48,3	46,4
	ET (kWh/gün)	4,4	7,0	10,4	14,0	19,4
	CO_2 salımı (kg/gün)	2,7	4,2	6,4	8,5	11,8
Çift klima (9,10 kWh) (Pencereler gece açık)	DHS (ºC)	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1
	İHS (ºC)	27,2	27,1	27,0	26,9	26,6
	BN (%)	61,5	62,0	62,8	63,3	64,0
	ORS (ºC)	28,8	28,8	28,7	28,6	28,4
	ÇS (ºC)	28,0	27,9	27,8	27,8	27,5
	PMV	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3
	PPD (%)	48,4	47,4	46,8	46,1	43,2
	ET (kWh/gün)	6,6	10,1	14,5	19,0	27,2
	CO_2 salımı (kg/gün)	4,0	6,1	8,8	11,6	16,6
Tek klima (4,55 kWh) (Pencereler klima kullanımı dışında açık)	DHS (ºC)	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1
	İHS (ºC)	26,6	26,5	26,5	26,5	26,4
	BN (%)	65,7	65,5	65,7	65,8	66,0
	ORS (ºC)	28,5	28,4	28,4	28,4	28,3
	ÇS (ºC)	27,5	27,5	27,5	27,4	27,4
	PMV	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	PPD (%)	43,5	43,1	42,9	42,7	42,0
	ET (kWh/gün)	4,4	6,9	9,9	13,2	19,7
	CO_2 salımı (kg/gün)	2,7	4,2	6,1	8,0	12,0

Tablo 3.22. (Devam) Senaryo-II için Temmuz ayı ortalama verileri

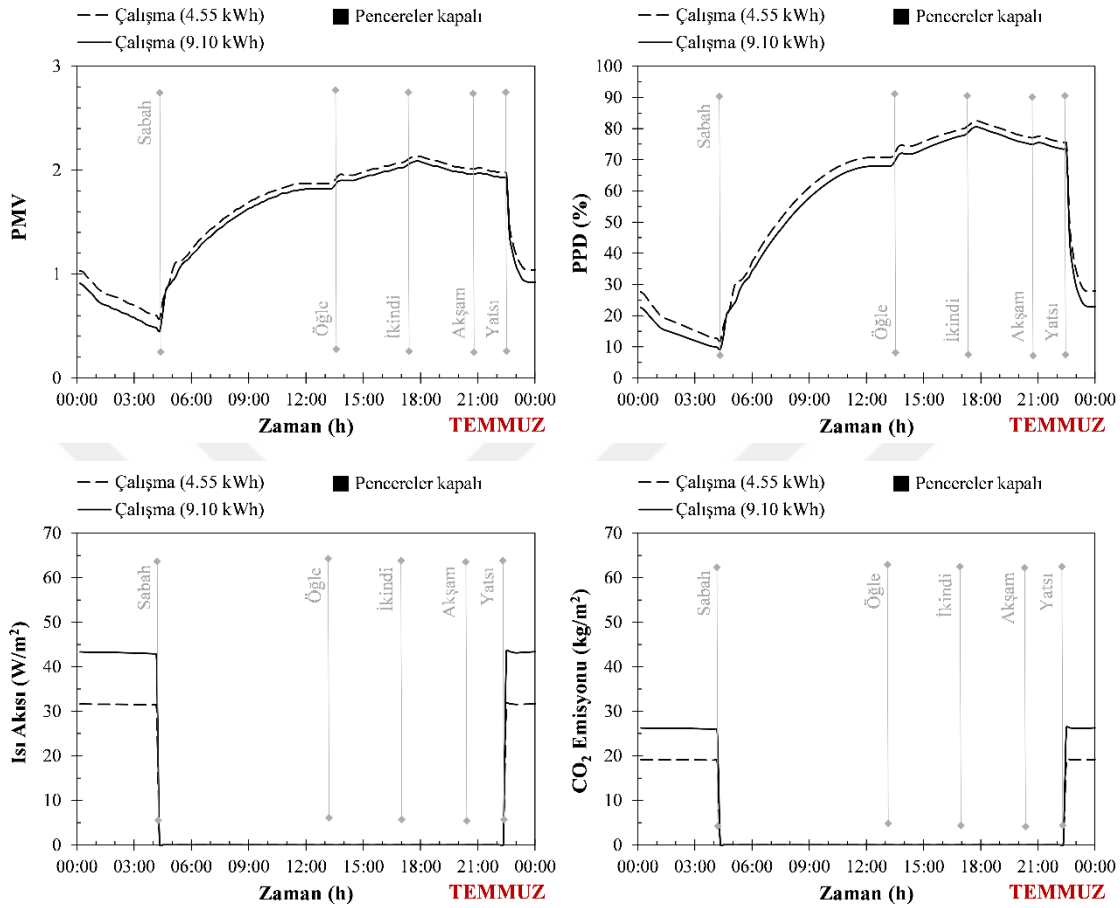
Çalışma Şartları	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
Çift klima (9,10 kWh) (Pencereler klima kullanımı dışında açık)	DHS (°C)	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1
	İHS (°C)	26,5	26,4	26,4	26,3	26,2
	BN (%)	64,0	64,3	64,7	65,1	65,5
	ORS (°C)	28,4	28,3	28,3	28,3	28,2
	ÇS (°C)	27,4	27,4	27,3	27,3	27,2
	PMV	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
	PPD (%)	41,9	41,4	41,1	40,8	39,2
	ET (kWh/gün)	6,6	10,0	14,0	18,2	27,5
	CO_2 salımı (kg/gün)	4,0	6,1	8,5	11,1	16,8

3.4.3.3. Yaz Sezonu için Senaryo-III

Senaryo-III camide klimaların yatsı namazından sabah namazına kadar çalıştırılmasını temsil etmektedir. Gece saatlerinde dış ortam sıcaklığının en düşük seviyelere düşmesi ve dolayısıyla elektrik tüketiminin daha düşük olması nedeniyle oluşturulan bu senaryoda iç ortamdaki hava sıcaklığını gündüz saatlerinde de korumak amacıyla pencereler açılmamıştır.

Şekil 3.74, temsili gün olan 17 Temmuz'daki günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımındaki değişimleri göstermektedir. Yatsı namazının ardından klimaların çalıştırılması ile ısıl konfor indekslerinin azaldığı belirlenirken ısı akısı ve CO_2 salımında ani artış söz konusu olmuştur. Sabaha namazından sonra klimaların kapatılması ile ısıl konfor indeksleri aniden kötüleşmiş ve PMV değeri ikindi namazına kadar +2, PPD değeri ikindi namazına kadar yaklaşık %85'e ulaşmıştır. İkindi namazından sonra dış ortam sıcaklığı düşmesine rağmen caminin ısıl ataletinin yüksek olmasından dolayı iç ortamdaki ısıl konfor şartları iyileşmeyerek aynı seviyelerde devam etmiştir. Klimaların açıldığı yatsı namazı sırasında dış ortam sıcaklığının iç ortam sıcaklığından daha düşük olması iç ortamdaki konfor koşullarının hızlıca iyileşmesini sağlamıştır. Tek (4,55 kWh) ve çift (9,10 kWh) klima kullanımında ortalama PMV (PPD) değerleri sırasıyla +1,6 (%56) ve +1,5 (%53) olarak belirlenmiştir. Klimaların her iki yükte kullanımında elde edilen ısıl konfor indeksleri gece saatlerinde güneş ve doluluk oranı etkileri olmadığı için benzerlik göstermiştir. Güneş etkilerinin görüldüğü gündüz saatlerinde ise klimalar kapalı durumda olduğu için benzer dağılım gerçekleşmiştir. Ancak tek cihaz kullanımı beklendiği gibi daha düşük ısı akısı ve CO_2 salımına neden olduğu için gece saatlerinde

klima kullanımı söz konusu olduğu taktirde tek cihaz kullanımının yeterli olabileceği belirlenmiştir.



Şekil 3.74. 17 Temmuz tarihinde Senaryo-III için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı

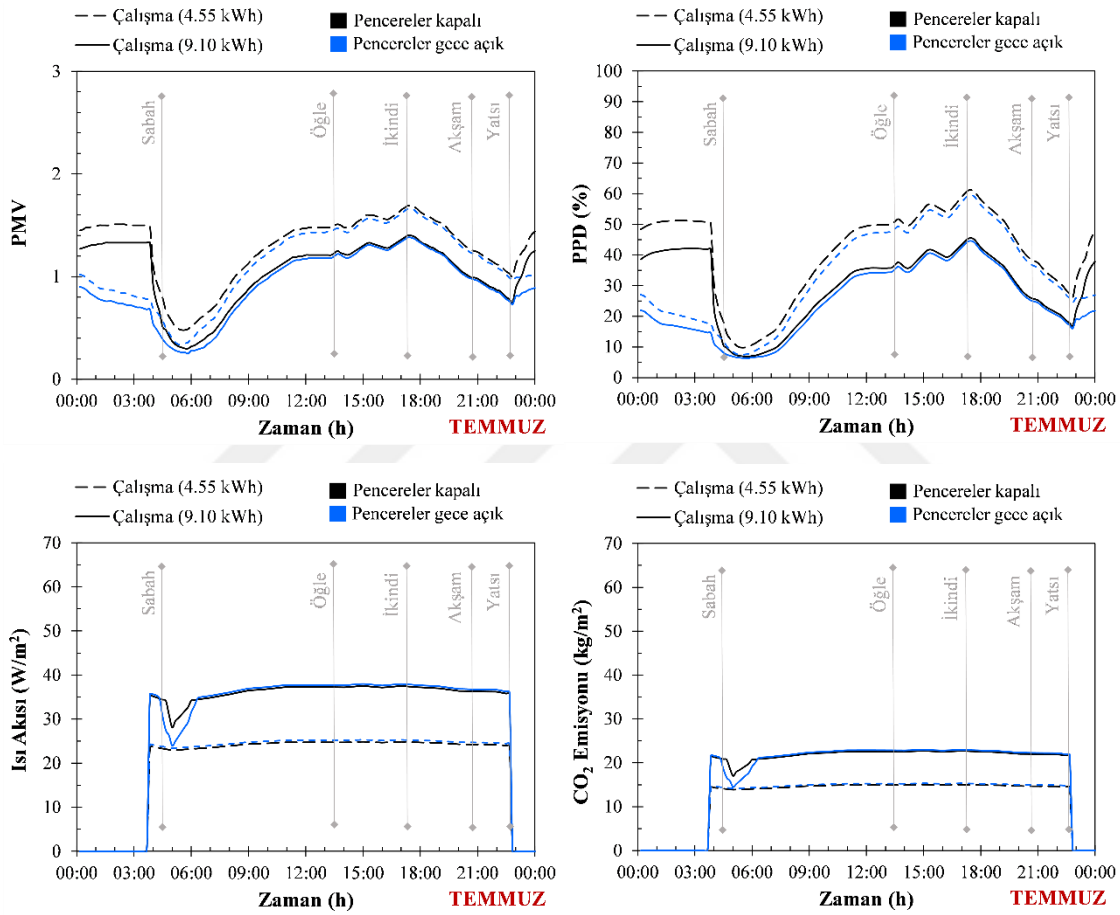
Tablo 3.23. Senaryo-III için Temmuz ayı ortalama verileri

Ay	Parametreler	Tek klima (4,55 kWh) (Pencereler kapalı)	Çift klima (9,10 kWh) (Pencereler kapalı)
Temmuz	DHS (ºC)	25,1	25,1
	İHS (ºC)	27,8	27,5
	BN (%)	58,4	58,3
	ORS (ºC)	28,9	28,7
	ÇS (ºC)	28,3	28,1
	PMV	1,5	1,4
	PPD (%)	51,4	48,8
	ET (kWh/gün)	21,4	28,3
	CO_2 salımı (kg/gün)	13,0	17,2

Temmuz ayında Senaryo-III için elde edilen aylık ortalama ısıl konfor parametreleri, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı Tablo 3.22'de verilmiştir. Kullanılan klima sayısı arttıkça

sıcaklıklar azalmış, ısıl konfor indeksleri iyileşmiş ancak elektrik tüketimi ve CO_2 salımı artmıştır. Önceki senaryolarla kıyaslandığında Senaryo-I'e göre daha düşük, Senaryo-II'ye göre daha yüksek elektrik tüketimi ve CO_2 salımı meydana gelmiştir. Ancak günlük PMV ve PPD değişimleri dikkate alındığında vakit namazlarında istenilen konfor koşulları sağlanamadığı için klimaların gece kullanımı uygun görülmemektedir.

3.4.3.4. Yaz Sezonu için Senaryo-IV



Şekil 3.75. 17 Temmuz tarihinde Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı

Senaryo-IV'de klimalar sabah namazından yatsı namazına kadar çalıştırılmış ve pencerelerin sürekli kapalı ve klima kullanımı dışında gece saatlerinde açık olma durumları dikkate alınmıştır. Şekil 3.75 Senaryo-IV ile elde edilen ısıl konfor parametreleri, ısı akısı ve CO_2 salımı göstermektedir. Sabah namazının başlamasıyla birlikte klimaların açılması ısıl konfor şartlarını hızlı şekilde iyileştirmiştir. Belirtilen sabah saatlerinde dış ortam sıcaklığının da en düşük seviyelerde olması klimaların

çalıştırılmasının ardından ısı akısı ve CO_2 salımında kısa süreli düşüş sağlamıştır. Pencerelerin gece saatlerinde açık bırakılması cami duvarında biriken ısının hızlı şekilde ortamdan uzaklaştırılmasını sağlamış ve ısıl konforun daha düşük ısı akısı ile elde edilmesine olanak tanımıştır. En konforlu şartlar pencerelerin açık olduğu ve gündüz saatlerinde iki klimanın birden çalıştırıldığı durumda PMV=+0,9 ve PPD=%24 olarak elde edilirken en konforsuz koşullar pencerelerin kapalı tutulduğu ve tek klimanın çalıştırıldığı durumda PMV=+1,3 ve PPD=%41 olarak belirlenmiştir. En konforlu ve konforsuz durumlarda ortalama ısı akısı ise sırasıyla 29 ve 19 W/m^2 olmuştur. Dolayısıyla konfor şartları iyileşirken ısı akısı ve CO_2 salımı artmıştır. Ancak Senaryo-IV ile belirlenen en yüksek ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı Senaryo-I'de elde edilen değerlerden daha düşük olduğu için kullanılabilecek klima kullanım stratejileri arasında yer almıştır.

Tablo 3.24. Senaryo-IV için Temmuz ayı ortalama verileri

Ay	Parametreler	Tek klima (4,55 kWh) (Pencereler kapalı)	Tek klima (4,55 kWh) (Pencereler açık)	Çift klima (9,10 kWh) (Pencereler kapalı)	Çift klima (9,10 kWh) (Pencereler açık)
Temmuz	DHS (ºC)	25,1	25,1	25,1	25,1
	İHS (ºC)	26,7	25,8	25,6	24,9
	BN (%)	63,4	66,6	65,3	68,2
	ORS (ºC)	28,3	27,9	27,6	27,3
	ÇS (ºC)	27,5	26,9	26,6	26,1
	PMV	1,3	1,1	1,0	0,9
	PPD (%)	42,5	36,1	32,5	27,7
	ET (kWh/gün)	52,6	53,4	77,2	77,6
	CO_2 salımı (kg/gün)	32,1	32,6	47,1	47,3

Senaryo-IV ile elde edilen aylık ortalama ısıl konfor parametreleri, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı Tablo 3.23 ile verilmiştir. Önceki senaryolarda olduğu gibi kullanılan klima sayısı arttıkça ısıl konfor parametreleri iyileşirken elektrik tüketimi ve CO_2 salımı artmıştır. Temmuz ayı için aylık ortalama PMV değeri çift klima çalıştırıldığı ve pencerelerin gece saatlerinde açıldığı durumda (+0,9) elde edilmiştir. Ancak aynı sayıda klima kullanımında pencereler kapalı durumdayken daha düşük elektrik tüketilmiştir. Elektrik tüketiminin azalması iç ortamdaki memnuniyetsizlik seviyesine yaklaşık %5 artış olarak yansımıştır. Senaryo-I'de verilen çift klimanın sürekli kullanımında elde edilen elektrik tüketimi 84,6 kWh/gün iken klimaların sadece gündüz kullanımında bu

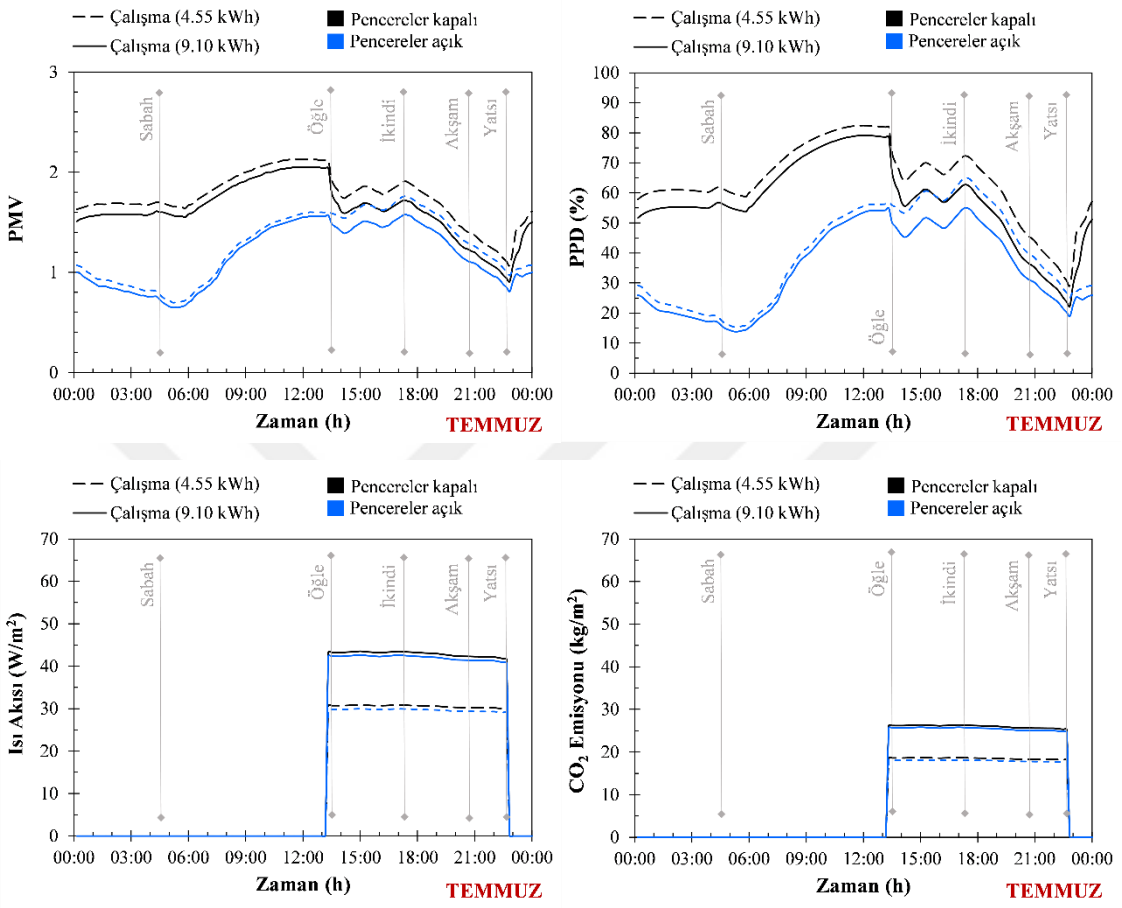
değer 77,6 kWh/gün'e düşmüştür. Aradaki 6,8 kWh/gün'lük fark camide kullanılan klimaların gündüz saatlerinde daha çok enerji tükettiğini göstermektedir. Öte yandan Senaryo-I ile Senaryo-IV arasındaki PMV değerlerinin farkı 0,2 olarak belirlenmiştir. Bu fark camide ısıl konfor açısından göz ardı edilebilecek bir derecededir. Elektrik tüketimi ve ısıl konfor indeksleri dikkate alındığında Senaryo-I yerine Senaryo-IV stratejisinin kullanımı tercih edilmelidir.

3.4.3.5. Yaz Sezonu için Senaryo-V

Sabah namazları sırasında dış ortam sıcaklığı düşük olduğu için Senaryo-II'de olduğu gibi Senaryo-V'te sabah namazında klimalar çalıştırılmamıştır. Ancak Senaryo-II'de oluşan olumsuz ısıl konfor şartlarının iyileştirilmesi için Senaryo-V'te klimalar öğle namazı ile birlikte çalıştırılmış ve yatsı namazının sonuna kadar kapatılmamıştır. Önceki senaryolardan yola çıkarak caminin duvarlarındaki ısıyı daha hızlı şekilde üzerinden atabilmesi için pencereler klima kullanımı dışında açık bırakılmıştır.

17 Temmuz tarihi için yürütülen Senaryo-V'e ait günlük ısıl konfor indeksleri, ısı akısı ve CO_2 salımı Şekil 3.76'de verilmiştir. Dikkat edilirse pencerelerin açık olması durumunda kapalı olması durumuna göre daha uygun ısıl konfor koşulları meydana gelmiştir. Ancak pencerelerin açık tutulması, dış ortam sıcaklığının öğle namazına kadar güneşin etkisiyle birlikte artış göstermesiyle birlikte iç ortam konfor şartlarının daha hızlı kötüleşmesine sebep olmuştur. Pencereler açık durumdayken sabah namazındaki ısıl memnuniyetsizlik oranı %20'den daha düşük iken pencerelerin kapalı olduğu durumda tek klima kullanımında yaklaşık %60 ve çift klima kullanımında yaklaşık %55 civarındadır. Dolayısıyla pencerelerin kapalı olması durumunda yatsı namazından sabah namazına kadar klima kullanılmamasına rağmen sabah namazında tek ve çift cihaz kullanımlarında ortalama %8 fark gözlemlenmiştir. Ancak pencerelerin açık olması durumunda her iki durum arasında yaklaşık %1'lik bir fark elde edilmiştir. Bu durum pencerelerin açılmasıyla dikkate alınan 2100 m^3/h'lik hava değişiminin yetersiz olduğuna işaret etmektedir. Çünkü pencereler açık olduğu durumda yatsı namazından sonra sabah namazına kadar geçen süre içerisinde her iki koşulda da birebir aynı konfor şartlarının elde edilmesi beklenir. Bu sebeple camide havalandırma miktarı üzerine çalışmalar yürütülmüş ve sonraki bölümde sonuçları sunulmuştur. Öte yandan pencerelerin açık ve kapalı olma durumlarında ısı akısı ve CO_2 salımı benzer şekilde bir dağılım sunmuştur.

Ancak tek cihaz kullanımı çift cihaz kullanımına göre ortalama 15 W/m^2 daha düşük ısı akısında çalışmıştır. Bu durum CO_2 salımının yaklaşık 8 kg/m^2 daha düşük olması ile sonuçlanmıştır.



Şekil 3.76. 17 Temmuz tarihinde Senaryo-V için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı

Temmuz ayında Senaryo-V için elde edilen aylık ortalama sonuçlar Tablo 3.24 ile verilmiştir. Pencereler kapalı durumdayken tek klima kullanımında ortalama iç ortam sıcaklığı çift klima kullanımına göre 0,5^{o}C daha yüksektir. Bu durumda ortamdaki memnuniyetsizlik oranları arasında %5,4 fark elde edilmiştir. Pencereler açık durumdayken sonuçlar arasındaki bu farklılıklar neredeyse değişmemiştir. Bu durum, aylık ortalama verilerin camide klimaların kullanılmadığı yatsı namazı ve sonraki günün öğle namazları arasındaki değerlerin de hesaplamalara dahil edilmesinden kaynaklanmıştır. Dolayısıyla ısıl konfor şartları için Senaryo-V'in kullanımına günlük veriler üzerinden karar verilmesinin daha doğru olacağı belirlenmiştir. Ancak aylık elektrik tüketimleri dikkate alınırsa en düşük elektrik tüketimi çift klima kullanıldığı

pencerelerin açık olduğu durumda 46,2 kWh/gün olarak elde edilmiştir. Bu değer pencerelerin kapalı olduğu duruma göre 1,1 kWh/gün daha düşüktür. Benzer şekilde tek klima kullanımında da pencerelerin açılması günlük 1 kWh daha az elektrik tüketimi sağlamıştır.

Tablo 3.25. Senaryo-IV için Temmuz ayı ortalama verileri

Ay	Parametreler	Tek klima (4,55 kWh) (Pencereler kapalı)	Tek klima (4,55 kWh) (Pencereler açık)	Çift klima (9,10 kWh) (Pencereler kapalı)	Çift klima (9,10 kWh) (Pencereler açık)
Temmuz	DHS (°C)	25,1	25,1	25,1	25,1
	İHS (°C)	28,6	26,3	28,1	25,9
	BN (%)	57,6	65,8	58,2	65,9
	ORS (°C)	29,6	28,3	29,2	28,0
	ÇS (°C)	29,1	27,3	28,7	27,0
	PMV	1,7	1,2	1,6	1,1
	PPD (%)	60,8	40,9	55,4	36,6
	ET (kWh/gün)	33,8	32,8	47,3	46,2
	CO_2 salımı (kg/gün)	20,6	20,0	28,8	28,2

Camideki mevcut duvar malzemeleri dikkate alınarak yürütülen çalışmada aylık en düşük elektrik tüketimi tek klimanın sabah namazı dışındaki namazlarda sadece namaz vakitlerinde kullanıldığı ve pencerelerin kapalı olduğu Senaryo-II'de (3,9 kWh/gün) elde edilmiştir. Ancak bu durumda iç ortamda uygun ısıl konfor şartlarına ulaşılamamıştır. Camideki en iyi günlük konfor şartları klimaların sürekli çalıştığı ve klimalar çalıştığı için pencerelerin kapalı olduğu Senaryo-I'de (ortalama PPD=%20) elde edilmiştir. Tablo 3.7 ile verilen elektrik faturaları dikkate alındığında Temmuz ayı için belirlenen aylık elektrik tüketimi 7,42 kWh/gün iken en iyi konfor şartlarının sağlandığı Senaryo-I'de 84,6 kWh/gün olarak belirlenmiştir.

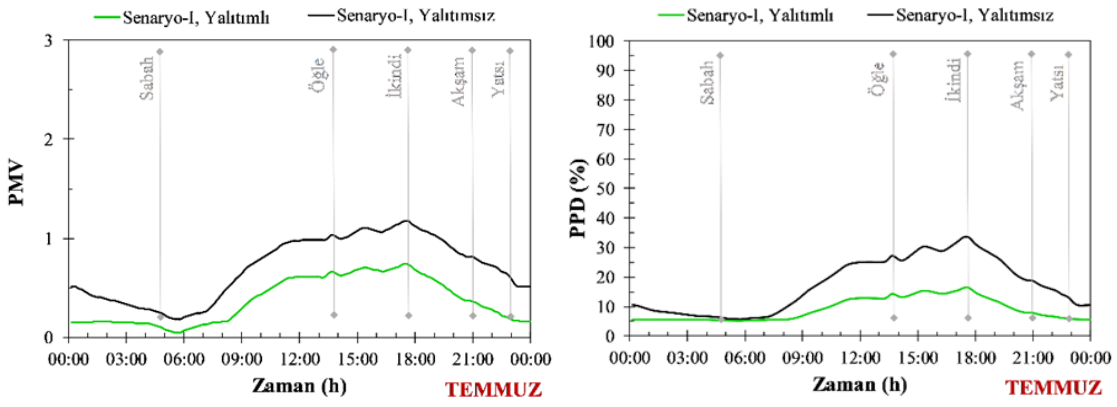
3.4.4. Yaz Sezonu için Yalıtım Uygulaması

Önceki bölümlerde belirtildiği gibi Hacı Hasan Sert Cami'nin mevcut duvarı yalıtımsız olup 1,501 W/m^{2}K U-değerine sahiptir. Bu bölümde yalıtım uygulaması ile U-değeri 0,5 W/m^{2}K değerine düşürülmüş ve camide yalıtımın klima kullanımına etkisi araştırılmıştır. Öte yandan önceki bölümde, caminin kullanılmadığı gece saatlerinde klimaların çalıştırılması Senaryo-III ile temsil edilmiştir. Ancak elde edilen ısıl konfor bulguları namaz vakitlerinde uygun konfor şartlarından oldukça uzaklaşıldığını gösterdiği için

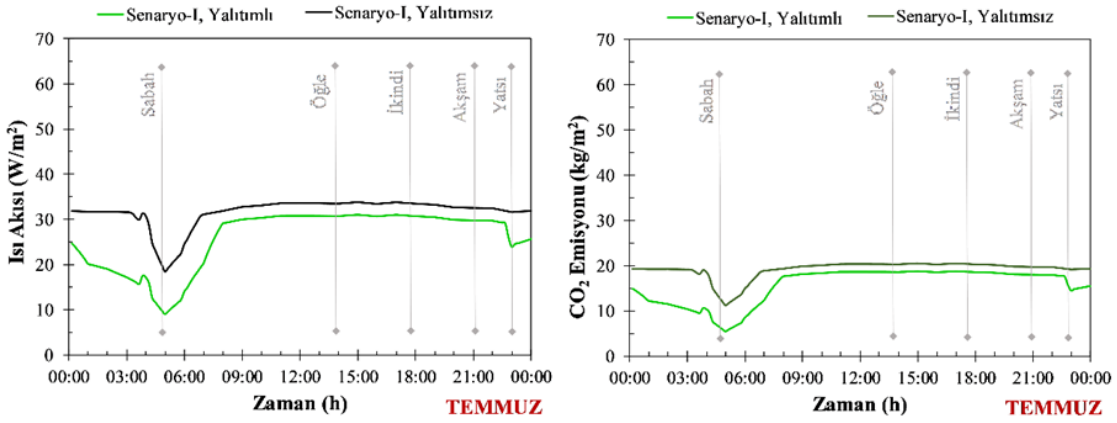
Senaryo-III bu bölüme dahil edilmemiştir. Dolayısıyla bu bölümde uygun konfor koşullarının sağlanabileceği ön görülen Senaryo-I, II, IV ve V üzerinde değerlendirmeler yapılmış ve yalıtımın ısıl konfor parametreleri, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Senaryo-I'de sürekli klima kullanımı söz konusu olduğu için pencereler kapalı durumda ele alınmış, Senaryo-II, IV ve V'te pencerelerin klima kullanımı dışında açık olduğu varsayılmıştır. Pencerelerin açık olması durumunda ise dış ortam kaynak olarak gösterilmiş ve iç ortama 2100 m^3/h oranında havalandırma yapılmıştır. Senaryolarda Temmuz ayı dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmış olup diğer yaz aylarına ait sonuçlar Ek-F'de verilmiştir.

3.4.4.1. Yalıtılmış Camide Yaz Sezonu için Senaryo-I

Camide klimaların sürekli çalıştırılması durumu Senaryo-I olarak adlandırılmıştır. Klimalar sürekli çalıştırıldığı için pencereler sürekli kapalı konumdadır. 17 Temmuz'da elde edilen ısıl konfor indeksleri, ısı akısı ve CO_2 salımındaki değişimler Şekil 3.77 ile verilmiştir. Camide yalıtım bulunması ve bulunmaması durumlarında en konforsuz şartlar ikindi namazında gözlemlenirken en yüksek PMV ve PPD değerleri yalıtımsız durumda 1,2 ve %34 ve yalıtımlı durumda 0,7 ve %16 olarak elde edilmiştir. Öte yandan yalıtımlı durumda gece ve sabah saatlerinde memnuniyetsizlik oranı %5 civarında olurken caminin bu saatlerde kullanılmıyor olması elde edilen iyi konfor sonuçlarını etkisiz duruma düşürmüştür. Ancak caminin kullanıldığı gün içindeki namaz vakitleri sırasında memnuniyetsizlik oranının %20'nin altında kalması konfor parametrelerinin iyileştirildiğini göstermektedir.



Şekil 3.77. 17 Temmuz'da pencereler kapalı iken Senaryo-I için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil 3.77. 17 Temmuz'da pencereler kapalı iken Senaryo-I için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı

Yalıtım uygulaması ile günlük ortalama memnuniyetsizlik oranı %9 azalmıştır. Yalıtımsız durumda 32 W/m^2 ve 19 kg/m^2 olan ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı yalıtımlı durumda ortalama 26 W/m^2 ve 17 kg/m^2 değerlerine düşmüştür. Dolayısıyla yalıtım uygulaması ile camide klimaların sürekli kullanıldığı durumda ısıl memnuniyetsizlik oranı %20'nin altında tutulurken ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı %20 oranında azalmıştır.

Tablo 3.26. Senaryo-I için Temmuz ayında yalıtım uygulamasıyla elde edilen aylık ortalama veriler

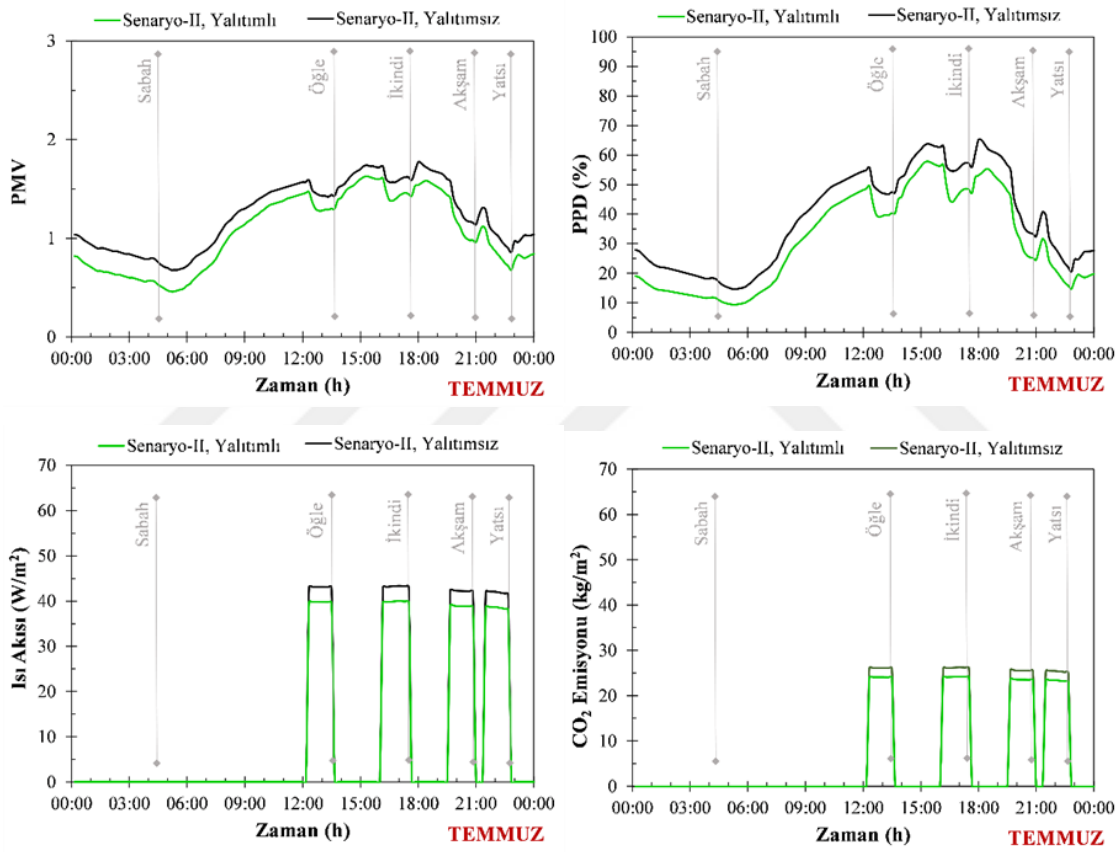
		Çift klima (9,10 kWh) (Pencereler açık)	
Ay	**Parametreler**	**Yalıtımsız**	**Yalıtımlı**
Temmuz	DHS (ºC)	25,1	25,1
	İHS (ºC)	24,1	23,0
	BN (%)	69,3	71,7
	ORS (ºC)	26,7	25,3
	ÇS (ºC)	25,4	24,2
	PMV	0,7	0,4
	PPD (%)	20,2	10,8
	ET (kWh/gün)	84,6	72,2
	CO_2 salımı (kg/gün)	51,6	44,0

Caminin yalıtıldığı ve Senaryo-I stratejisine göre klimaların sürekli kullanıldığı durumda elde edilen aylık ortalama ısıl konfor bulguları Ek-F'de verilmiştir. Ayrıca Temmuz ayına ait bilgiler Tablo 3.25'de sunulmuştur. Caminin yalıtımsız durumunda elde edilen ortalama iç ortam hava sıcaklığı yalıtım uygulaması ile 1,1ºC azalmış ve PPD değeri %9,4 iyileşmiştir. Bununla birlikte camideki klima kullanımına bağlı olarak elde edilen aylık

elektrik tüketimi yalıtım uygulaması ile 12,4 kWh/gün azalmıştır. Dolayısıyla camide yalıtım uygulamasının iç ortam havasının soğutulmasında oldukça etkili olduğu belirlenmiştir.

3.4.4.2. Yalıtılmış Camide Yaz Sezonu için Senaryo-II

Yalıtılmış camide klimaların öğle, ikindi, akşam ve yatsı namazları sırasında namazlardan 60 dk önce çalıştırılması ve namazların sonunda kapatılması durumu Senaryo-II ile temsil edilmektedir. Klimaların çalıştırıldığı süre dışında pencereler sürekli açık durumdadır.



Şekil 3.78. 17 Temmuz'da pencereler açık iken Senaryo-II için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı

Şekil 3.78, Senaryo-II stratejisi altında yalıtımsız ve yalıtımlı olmak üzere iki farklı duvara yapısına sahip camideki ısıl konfor parametreleri, ısı akısı ve CO_2 salımındaki değişimi göstermektedir. Yalıtımlı duvar yapısında elde edilen ısıl konfor indeksleri yalıtımsız duruma ile benzer değişimler göstermiş ancak her iki durum için ortalama PMV ve PPD değerleri arasında 0,17 ve %7 fark oluşmuştur. Öte yandan her iki durum için maksimum PMV ve PPD değerleri ikindi namazı sırasında klimalar açılmadan önce

ve kapatıldıktan sonra elde edilmiştir. Bu durum yaz aylarındaki en konforsuz koşulların ikindi namazı sırasında oluştuğunu göstermektedir. Ancak caminin yalıtılması ile klimaların etkinliği artmış ve ortamında daha iyi konfor şartları sağlanmıştır. En düşük memnuniyetsizlik oranı yalıtımlı durumda %9 olarak belirlenirken yalıtımsız durumda bu değer %6 artmıştır. Yalıtım uygulaması ile günlük ortalama memnuniyetsizlik oranı %7 oranında azalmıştır. Isı akısı ve CO_2 salımı ise yalıtımsız durumda yalıtımlı duruma göre 4 W/m^2 ve 2 kg/m^2 daha fazladır. Dolayısıyla önceki senaryoda olduğu gibi Senaryo-II'de yalıtım uygulaması ısı akısı ve CO_2 salımını azaltırken ısıl konforun iyileşmesini sağlamıştır. Ancak yalıtım uygulansa bile özellikle öğle ve ikindi namazlarında caminin iç ortamında uygun konfor koşullarına ulaşılamamıştır.

Yalıtımlı camide klimaların Senaryo-II stratejisinde kullanımına ait aylık veriler Tablo 3.26 ile verilmiştir. Camide yalıtım uygulaması ortalama iç ortam sıcaklığının 0.3°C, PMV ve PPD değerlerinin ise 0,1 ve %4,6 azalmasını sağlamıştır. Isıl konfor şartları az da olsa iyileşirken aylık elektrik tüketimi ve CO_2 salımı sırasıyla 2,2 kWh/gün ve 1,5 kg/gün azalmıştır. Ancak yalıtımsız durumda olduğu gibi yalıtılmış cami için de elde edilen günlük ısıl konfor şartları uygun seviyelere ulaşmadığı için Senaryo-II'nin kullanılması önerilmemektedir.

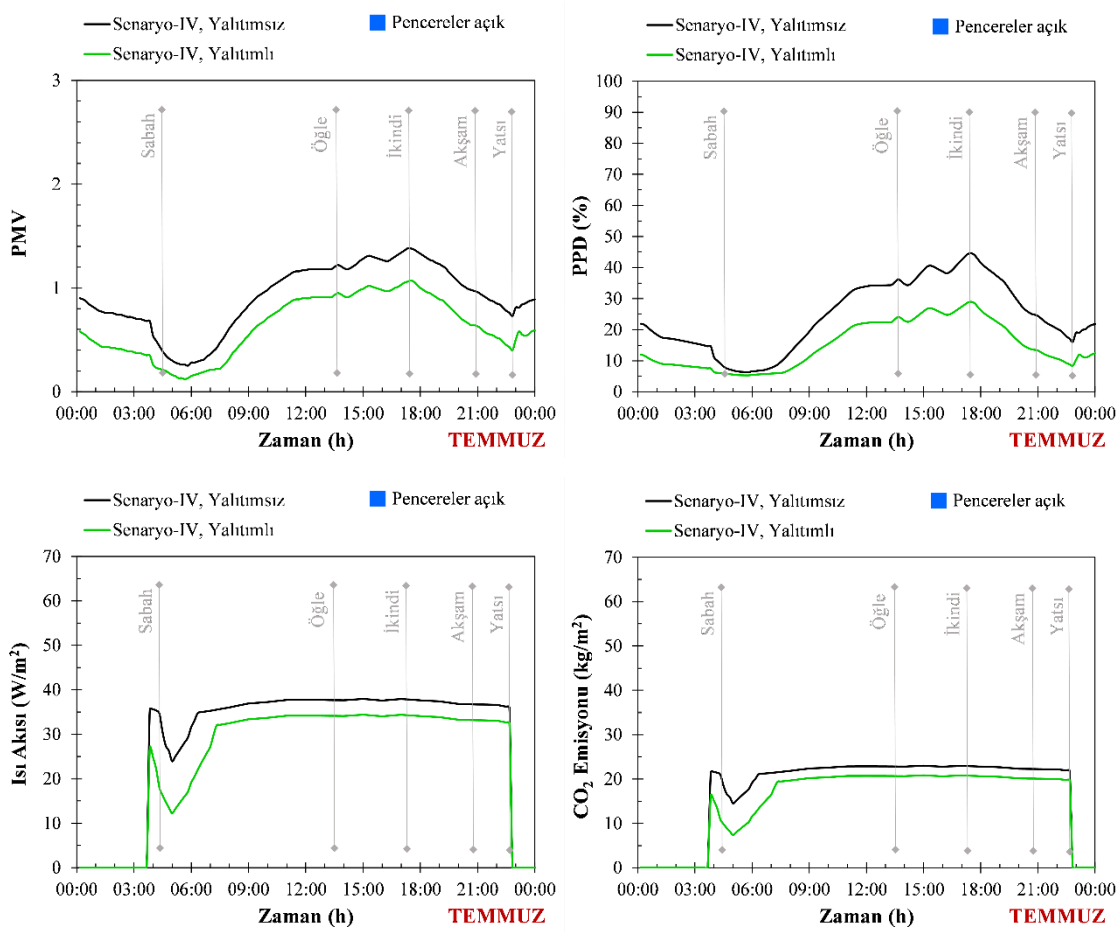
Tablo 3.27. Senaryo-II için Temmuz ayında yalıtım uygulamasıyla elde edilen aylık ortalama veriler

		Çift klima (9,10 kWh) (Pencereler açık)	
Ay	**Parametreler**	**Yalıtımsız**	**Yalıtımlı**
Temmuz	DHS (°C)	25,1	25,1
	İHS (°C)	26,2	25,9
	BN (%)	65,5	66,0
	ORS (°C)	28,2	27,6
	ÇS (°C)	27,2	26,7
	PMV	1,2	1,1
	PPD (%)	39,2	34,6
	ET (kWh/gün)	27,5	25,3
	CO_2 salımı (kg/gün)	16,8	15,3

3.4.4.3. Yalıtılmış Camide Yaz Sezonu için Senaryo-IV

Senaryo-IV, yalıtılmış camide klimaların sabah namazında çalıştırılarak yatsı namazının sonunda kapatılması durumunu temsil etmektedir. Duvarda biriken ısının daha hızlı

şekilde boşalmasını sağlandığı için pencereler yatsı namazından sabah namazına kadar gece saatlerinde açık durumdadır. Şekil 3.79, 17 Temmuz'da Senaryo-IV stratejisi için elde edilen günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımındaki değişimi göstermektedir. Klimaların sabah saatlerinde çalıştırılması ile konfor şartlarında hızlı bir iyileşme görülürken yalıtımsız durumda bu iyileşme oranı daha fazla olmuştur. Bu durum yalıtımlı camide sabah namazından önce gözlemlenen ısıl konfor şartlarının daha düşük olmasından kaynaklanmıştır. Buna rağmen yalıtımsız durumda sabah namazında elde edilen en iyi PMV ve PPD indeksleri 0,25 ve %6 iken yalıtımlı durumda bu değerler 0,12 ve %5 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.79. 17 Temmuz'da Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı

Günlük ortalama PMV ve PPD indeksleri ise yalıtımsız durumda 0,9 ve %25 iken yalıtımlı durumda 0,6 ve %15 olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla yalıtım kullanımının günlük ortalama memnuniyetsizlik oranı üzerindeki etkisi önceki senaryolarda sırasıyla %9 (Senaryo-I) ve %7 (Senaryo-II) iken bu senaryoda %10 olarak belirlenmiştir.

Ortalama ısı akısı ve CO_2 salımında ise yalıtım uygulaması ile birlikte 4 W/m^2 ve 3 kg/m^2 azalma meydana gelmiştir. Dolayısıyla yalıtım uygulaması, önceki senaryolarda olduğu gibi Senaryo-IV'te de daha düşük ısı akısı ve CO_2 salımı ile daha iyi konfor koşullarının sağlanmasında etkili olmuştur.

Tablo 3.27 yalıtılmış camide klimaların Senaryo-IV stratejisi ile kullanımından elde edilen aylık ortalama verileri göstermektedir. Caminin yalıtılması ile iç ortam sıcaklığı 0,8°C, PMV ve PPD değerleri ise sırasıyla 0,2 ve %8,6 azalmıştır. Öte yandan yalıtımlı durumda aylık elektrik tüketimi ve CO_2 salımı yalıtımsız duruma göre 9,2 kWh/gün ve 5,6 kg/gün daha düşüktür. Önceki senaryolarla kıyaslandığında Senaryo-IV'te yalıtım uygulamasının Senaryo-I'e göre (12,4 kWh/gün) daha düşük etkiye ve Senaryo-II'ye göre (2,2 kWh/gün) daha yüksek etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum klimaların kullanım süreleriyle ilgilidir ve klima kullanım süresi arttıkça yalıtımın elektrik tüketimi üzerindeki etkisi artmıştır.

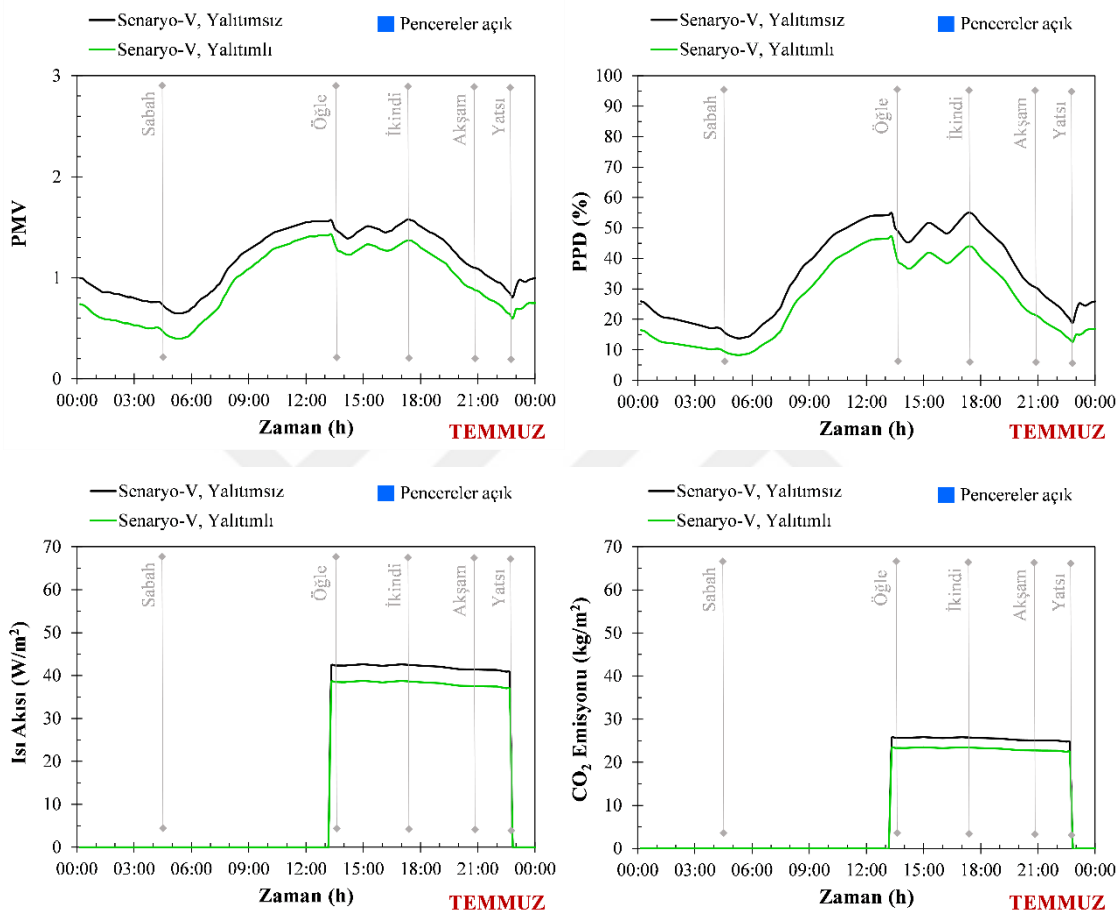
Tablo 3.28. Senaryo-IV için Temmuz ayında yalıtım uygulamasıyla elde edilen aylık ortalama veriler

		Çift klima (9,10 kWh) (Pencereler açık)	
Ay	**Parametreler**	**Yalıtımsız**	**Yalıtımlı**
Temmuz	DHS (°C)	25,1	25,1
	İHS (°C)	24,9	24,1
	BN (%)	68,2	70,0
	ORS (°C)	27,3	26,3
	ÇS (°C)	26,1	25,2
	PMV	0,9	0,7
	PPD (%)	27,7	19,1
	ET (kWh/gün)	77,6	68,4
	CO_2 salımı (kg/gün)	47,3	41,7

3.4.4.4. Yalıtılmış Camide Yaz Sezonu için Senaryo-V

Klimaların öğle namazından yatsı namazının sonuna kadar çalıştırılması Senaryo-V ile temsil edilmiş ve caminin yalıtımlı ve yalıtımsız durumları bu bölümde kıyaslanmıştır (Şekil 3.80). Öğle namazında klimaların çalıştırılması ile konfor şartları iyileşirken dış ortam sıcaklık değişimine bağlı olarak öğle ve ikindi namazları arasında ortamı iklimlendirmede klimalar etkili olamamıştır. İkindi namazında cemaatin camiye gelmesiyle birlikte tekrar yükselişe geçen memnuniyetsizlik oranı dış ortam sıcaklığının

azalması ve klimaların camideki etkisini tam anlamıyla göstermesi ile birlikte azalarak yatsı namazının sonunda minimum değerlere ulaşmıştır. Yalıtım uygulamasında günlük ortalama PMV ve PPD değerleri yalıtımsız duruma göre 0,2 ve %9 iyileşmiştir. Öte yandan günlük ortalama ısı akısı ve CO_2 salımı yalıtımlı durumda yalıtımsız duruma göre 1,5 W/m^2 ve 0,9 kg/m^2 düşüş göstermiştir.



Şekil 3.80. 17 Temmuz'da Senaryo-V için günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı

Yalıtımlı durumdaki cami için Temmuz ayına ait Senaryo-V'in aylık sonuçları Tablo 3.28 ile verilmiştir. Yalıtım uygulamasıyla birlikte aylık ortalama iç ortam hava sıcaklığı, PMV ve PPD değerleri sırasıyla 0,4ºC, 0,1 ve %5,8 azalmıştır. Öte yandan yalıtımsız duruma göre yalıtımlı durumda 4,3 kWh/gün daha az elektrik tüketilmiş ve 2,6 kg/gün daha az CO_2 salımı meydana gelmiştir.

Yalıtım uygulamasında dikkate alınan senaryolar ışığında klimaların kullanım süreleri çoktan aza doğru sırasıyla Senaryo-I, IV, V ve II idi. Bu senaryolarda yalıtım uygulaması ile elde edilen aylık elektrik tasarrufu miktarı ise sırasıyla 12,4, 9,2, 4,3 ve 2,2 kWh/gün

olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla önceki bölümde belirtildiği gibi klimaların kullanım süresindeki artış ile birlikte yalıtımın sağladığı tasarruf miktarı artmıştır. Ayrıca aynı sıralama ile ısıl memnuniyetsizlik yalıtımlı camide sırasıyla %9,4, 8,6, 5,8 ve 4,6 oranlarında iyileşmiştir. Dolayısıyla klimaların kullanım sürelerinin artışına bağlı olarak yalıtımın iç ortamdaki ısıl şartları iyileştirme oranı da doğru orantılı olarak artmıştır.

Tablo 3.29. Senaryo-IV için Temmuz ayında yalıtım uygulamasıyla elde edilen aylık ortalama veriler

		Çift klima (9,10 kWh) (Pencereler açık)	
Ay	**Parametreler**	**Yalıtımsız**	**Yalıtımlı**
Temmuz	DHS (°C)	25,1	25,1
	İHS (°C)	25,9	25,5
	BN (%)	65,9	66,7
	ORS (°C)	28,0	27,3
	ÇS (°C)	27,0	26,4
	PMV	1,1	1,0
	PPD (%)	36,6	30,8
	ET (kWh/gün)	46,2	41,9
	CO_2 salımı (kg/gün)	28,2	25,6

3.4.5. Yaz Sezonunda Havalandırma Oranının Değişimi

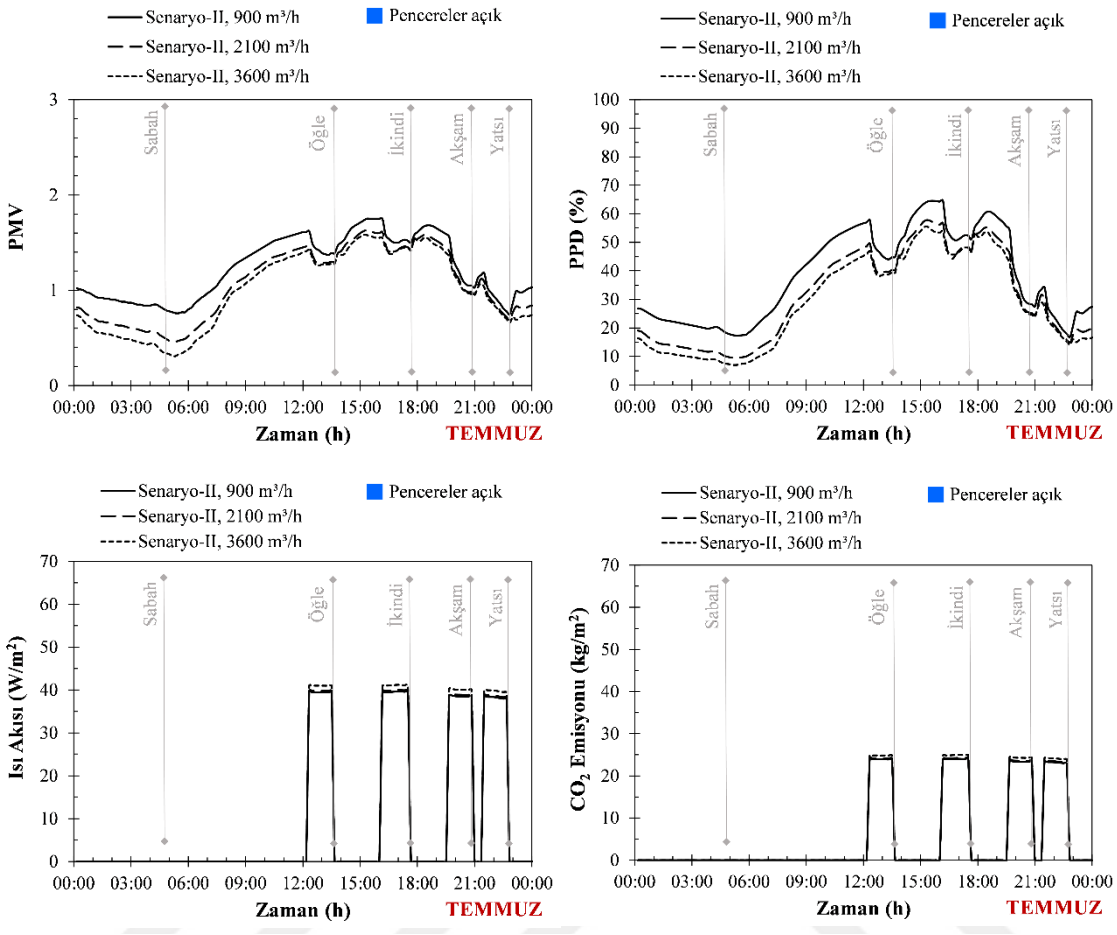
Önceki bölümlerde ele alınan caminin yalıtımsız ve yalıtımlı olduğu durumlarda pencerelerin açık olması iç ortama 2100 m^3/h taze hava girişini temsil etmekteydi. İç ortama dış ortam kaynağından beslenen hava miktarındaki değişimin klima kullanım stratejilerine bağlı olarak iç ortamdaki ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımına etkilerini incelemek amacıyla beslenen hava miktarı 900, 2100 ve 3600 m^3/h olarak ayarlanmış ve elde edilen bulgular kıyaslanmıştır. Klimaların sürekli kullanım durumunun incelenmesi ve bu sebeple pencerelerin sürekli kapalı tutulması nedeniyle Senaryo-I'e bu bölümde yer verilmemiştir. Ayrıca klimaların sadece gece saatlerinde açıldığı ve bu sebeple gündüz gerçekleştirilen vakit namazlarında uygun konfor şartlarından uzak sonuçların elde edildiği Senaryo-III, bu bölümde ele alınmamıştır. Caminin yalıtımlı durumu yalıtımsız durumundan daha iyi konfor koşullarını daha düşük elektrik tüketimi ile sunduğu için bu bölümde ele alınan senaryoların tamamı yalıtılmış durumda gerçekleştirilmiştir. Öte yandan hava değişiminin etkilerini daha net şekilde belirleyebilmek için tüm senaryolarda pencereler klima kullanımı dışında açık durumdadır. Senaryoları birbirinden ayıran diğer bilgiler ilgili bölümün içinde

açıklanmıştır. Tüm senaryolar için kıyaslamalar Temmuz ayı için yürütülmüş olup diğer yaz aylarına ait bulgular Ek-G'de sunulmuştur.

3.4.5.1. Havalandırılan Camide Yaz Sezonu için Senaryo-II

Senaryo-II, yalıtılmış camide klimaların sabah namazı dışındaki namaz vakitlerinde aralıklı olarak çalıştırıldığı durumu göstermektedir. Dolayısıyla sabah namazı dışındaki namaz vakitlerinde sürekli havalandırma söz konusudur. 17 Temmuz tarihli günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımına ait dağılımlar Şekil 3.81'de sunulmaktadır. Hava değişim miktarının artmasıyla camideki ısıl konfor şartlarının iyileştiği gözlemlenmiştir. Taze hava miktarındaki bu artış, namaz vakitlerinde de daha düşük memnuniyetsizlik oranlarının oluşmasında faydalı olmuştur. Günlük ortalama PMV (PPD) değerleri 900, 2100 ve 3600 m^3/h için sırasıyla 1,2 (%38), 1,1 (%31) ve 1,0 (%29) olarak belirlenmiştir. Öte yandan taze hava miktarındaki artış ile birlikte günlük ortalama ısı akıları 8,9, 9,1 ve 9,3 W/m^2 artış göstermiştir. Bu durum klimaların kullanılmadığı zamanlarda iç ortamın daha çok dış hava kaynağıyla beslenmesinin daha yüksek ısı akısına ve CO_2 salımına neden olduğunu göstermektedir. Klimalar her namaz vaktinde dış ortam şartlarına ulaşan bir iç ortam havasını soğutmak için daha çok güç tüketmiştir. Dolayısıyla klimaların namaz vakitlerinde aralıklı olarak kullanıldığı durumlarda özellikle gündüz saatlerinde daha fazla taze hava sağlanması klimalara düşen yükü arttırdığı için tavsiye edilmemektedir.

Havalandırma miktarının değişimine bağlı olarak Senaryo-II için elde edilen Temmuz ayına ait aylık ortalama ısıl konfor parametreleri, elektik tüketimi ve CO_2 salımı Tablo 3.29'da sunulmuştur. Günlük verilerden farklı olarak havalandırma miktarındaki artış ile birlikte iç ortam hava sıcaklığı, PMV ve PPD değerleri azalmıştır. Bu durum ortalama veriler dikkate alınırken gece saatlerinin de hesaplamaya dahil edilmesinden kaynaklanmaktadır. Öte yandan aylık elektrik tüketimi ve CO_2 salımı en fazla 2100 m^3/h ve en az 900 m^3/h için elde edilmiştir. 3600 m^3/h için enerji tüketiminin 2100 m^3/h'e göre daha düşük çıkmasının nedeni dış ortam şartlarının değişkenliğinden kaynaklanmaktadır. Gündüz saatlerinde dış ortam sıcaklığının iç ortam sıcaklığından daha düşük olduğu zamanlarda havalandırma miktarının artması ile yapı malzemelerinde biriken yük azalmış ve dolaylı olarak klimalara düşen yük azalmıştır.



Şekil 3.81. 17 Temmuz'da Senaryo-II için havalandırma oranlarının değişimi

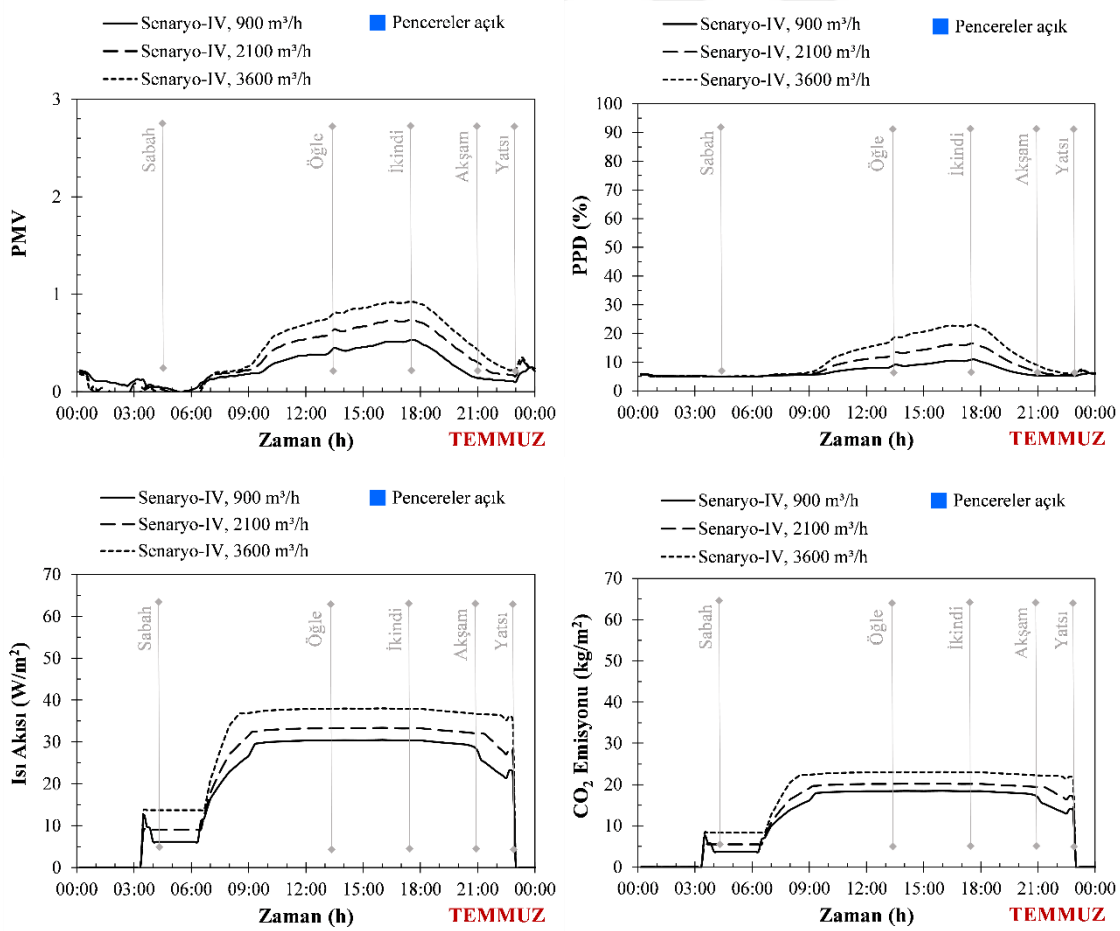
Tablo 3.30. Senaryo-II için Temmuz ayında havalandırma oranının değişimine ait aylık veriler

Ay	Parametreler	Çift klima (9,10 kWh)		
		900 m³/h	2100 m³/h	3600 m³/h
Temmuz	DHS (°C)	25,1	25,1	25,1
	İHS (°C)	26,6	26,2	25,5
	BN (%)	63,1	65,5	67,6
	ORS (°C)	28,1	28,2	27,3
	ÇS (°C)	27,4	27,2	26,4
	PMV	1,2	1,2	1,0
	PPD (%)	40,6	39,2	32,3
	ET (kWh/gün)	25,1	27,5	26,1
	CO_2 salımı (kg/gün)	15,3	16,8	15,9

3.4.5.2. Havalandırılan Camide Yaz Sezonu için Senaryo-IV

Senaryo-IV'te yalıtılmış caminin iklimlendirilmesinde klimalar sabah namazından yatsı namazının sonuna kadar çalıştırılmıştır. Havalandırma işlemi ise yatsı namazının

sonundan sabah namazının başına kadar devam etmiştir. Temmuz ayına ait farklı havalandırma miktarlarında elde edilen günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımı sonuçları Şekil 3.82'de verilmiştir. 900, 2100 ve 3600 m^3/h için elde edilen günlük ortalama PMV değerleri sırasıyla 0,5, 0,6 ve 0,8 iken ortalama memnuniyetsizlik oranları sırasıyla %11, 15 ve 20 olarak belirlenmiştir. Öte yandan hava değişim miktarının 900, 2100 ve 3600 m^3/h olması durumlarında günlük ortalama ısı akısı 22, 25 ve 28 W/m^2 olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla gece saatlerinde havalandırma miktarının artması ile birlikte gündüz saatlerinde soğutulan iç ortamın dış ortam ile etkileşimi artmış ve iklimlendirme için daha çok ısı akısına ihtiyaç duyulmuştur. Yüksek havalandırma durumunda düşük havalandırma miktarında elde edilen konfor şartları daha fazla ısı akısına rağmen sağlanamamıştır. Bu durumun bir diğer nedeni Senaryo-IV'te klima kullanım süresinin uzun olmasıdır.



Şekil 3.82. 17 Temmuz'da Senaryo-IV için havalandırma oranlarının değişimi

Senaryo-IV için Temmuz ayında elde edilen aylık veriler Tablo 3.30 ile verilmiştir. Günlük ortalama verilerle doğru orantılı olarak havalandırma miktarındaki artış klimalardan kaynaklanan elektrik tüketimi ve CO_2 salımı arttırmıştır. Ancak iç ortam hava sıcaklığı, PMV ve PPD değeri günlük ortalama verilerine benzer şekilde bir dağılım sergilememiştir. Bu durum aylık dış ortam sıcaklığının değişiminden kaynaklanmıştır. Havalandırmanın yapıldığı gece saatlerinde dış ortam hava sıcaklığı iç ortamdan daha yüksek olduğu taktirde havalandırma miktarının arttırılması olumsuz sonuçlar doğuracağı gibi dış ortam sıcaklığının iç ortamdan düşük olduğu zamanlarda havalandırma miktarının arttırılması olumlu sonuçlar meydana getirecektir.

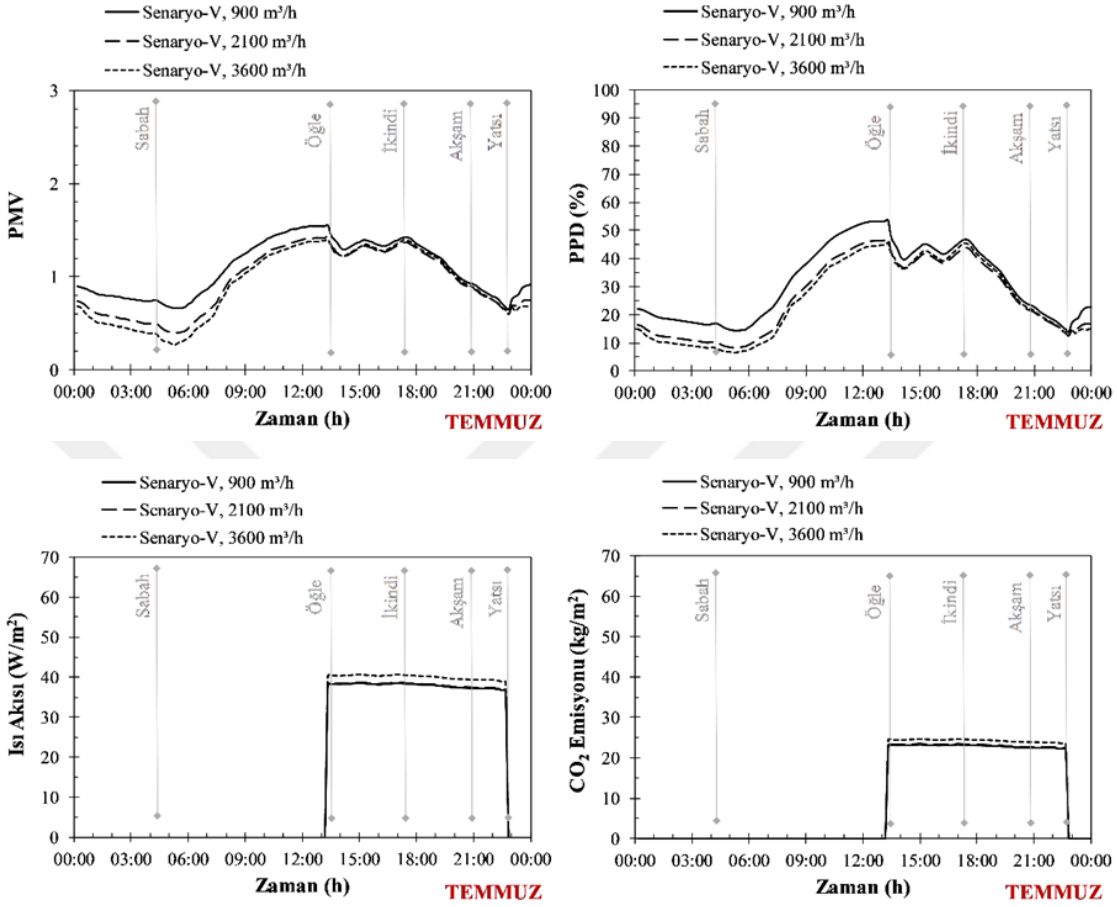
Tablo 3.31. Senaryo-IV için Temmuz ayında havalandırma oranının değişimine ait aylık veriler

		Çift klima (9,10 kWh)		
Ay	**Parametreler**	**900 m^3/h**	**2100 m^3/h**	**3600 m^3/h**
Temmuz	DHS (°C)	25,1	25,1	25,1
	İHS (°C)	23,7	24,6	24,9
	BN (%)	69,2	68,2	70,2
	ORS (°C)	25,9	27,3	26,7
	ÇS (°C)	24,8	26,1	25,6
	PMV	0,6	0,9	0,8
	PPD (%)	14,5	27,7	23,9
	ET (kWh/gün)	61,8	77,6	78,8
	CO_2 salımı (kg/gün)	37,7	47,3	48,1

3.4.5.3. Havalandırılan Camide Yaz Sezonu için Senaryo-V

Yalıtılmış camide klimaların öğle namazından yatsı namazının sonuna kadar kullanıldığı ve klimaların kullanılmadığı zaman diliminde 900, 2100 ve 3600 m^3/h oranlarında havalandırmanın yapıldığı durumlar bu bölümde kıyaslanmıştır. Şekil 3.83, 17 Temmuz tarihindeki günlük ısıl konfor, ısı akısı ve CO_2 salımındaki değişimini göstermektedir. Klima kullanılmayan öğle namazından önceki saatlerde havalandırma miktarındaki artış PMV ve PPD değerlerinin daha iyi olmasını sağlamıştır. Ayrıca yatsı namazının ardından klimaların kapatılarak havalandırmanın yapılması ile en düşük havalandırma oranı olan 900 m^3/h'te ısıl konfor daha hızlı kötüleşmiştir. 900, 2100 ve 3600 m^3/h havalandırma miktarları için sırasıyla günlük ortama PMV değerleri 1,1, 1,0 ve 0,9 iken memnuniyetsizlik oranları (PPD) sırasıyla %31, %26 ve %25 olarak belirlenmiştir.

Günlük ortalama ısı akısı ise aynı havalandırma oranları için sırasıyla 14,9, 15,1 ve 15,8 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.83. 17 Temmuz'da Senaryo-V için havalandırma oranlarının değişimi

Havalandırma miktarındaki değişimlere göre elde edilen Temmuz ayına ait bulgular Tablo 3.31'te görülmektedir. Havalandırma miktarındaki artış iç ortam hava sıcaklığının azalmasına neden olmuştur. Ancak PPD değeri 2100 m^3/h'de en yüksek seviyedeyken 3600 m^3/h'te en düşük seviyededir. Ayrıca elektrik tüketimi ve CO_2 salımı 2100 m^3/h'te en yüksek mertebeye ulaşırken 3600 m^3/h'te en düşüktür. Havalandırma miktarına bağlı olarak meydana gelen bu artış ve azalışlar önceki senaryoda olduğu gibi günlük dış ortam hava sıcaklığının değişimi ile ilgilidir. Başka bir deyişle, 3600 m^3/h için enerji tüketiminin 2100 m^3/h'e göre daha düşük çıkmasının nedeni dış ortam şartlarının değişkenliğinden kaynaklanmaktadır. Dış ortam sıcaklığının iç ortam sıcaklığından daha düşük olduğu zamanlarda havalandırma miktarının artması ile yapı malzemelerinde biriken yük azalmış ve dolaylı olarak klimalara düşen yük azalmıştır. Dış ortam hava sıcaklığının düşük

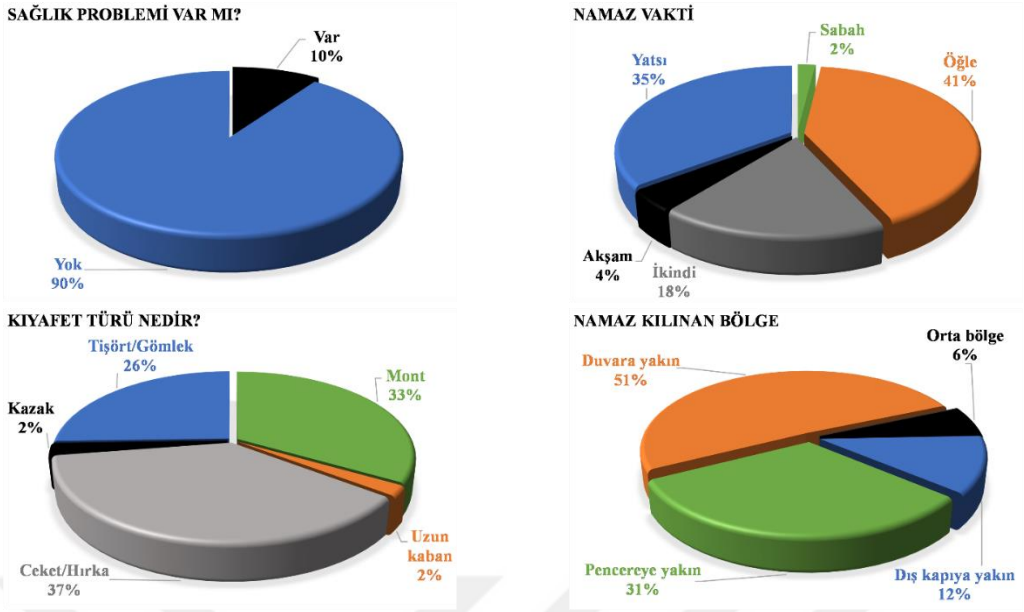
olduğu durumda havalandırma miktarının fazla olması olumlu etkilere neden olurken dış ortam sıcaklığının iç ortamdan yüksek olduğu zamanlarda havalandırma miktarının artması olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle aylık ortalama verilerin kıyaslanması uygun olmayıp günlük verilerin dikkate alınması daha doğru olacaktır.

Tablo 3.32. Senaryo-V için Temmuz ayında havalandırma oranının değişimine ait aylık veriler

		Çift klima (9,10 kWh)		
Ay	**Parametreler**	**900 m^3/h**	**2100 m^3/h**	**3600 m^3/h**
Temmuz	DHS (°C)	25,1	25,1	25,1
	İHS (°C)	26,1	25,9	25,3
	BN (%)	64,2	65,9	68,1
	ORS (°C)	27,8	28,0	27,2
	ÇS (°C)	26,9	27,0	26,2
	PMV	1,1	1,1	0,9
	PPD (%)	35,5	36,6	29,6
	ET (kWh/gün)	41,6	46,2	44,1
	CO_2 salımı (kg/gün)	25,4	28,2	26,9

3.5. Anket Bulguları

Yaz, kış ve bahar aylarında cemaat tarafından gerçekte hissedilen camideki ısıl konfor parametrelerinin belirlenmesi için anket çalışmaları yürütülmüştür. Ayrıca camide gerçekleşebilen yüksek CO_2 ve toz partikül konsantrasyonlarının gibi iç hava kalitesinin bozulmasına sebep olan kirleticilerin cemaat tarafından hissedilip hissedilmediği konusunda yürütülen anket çalışmasından yararlanılmıştır. Anketlerin %28'i yaz, %23'ü kış, %26'sı ilkbahar ve %23'ü sonbahar aylarında gerçekleştirilmiştir. Sadece erkek bireylerden oluşan ve kilo ve yaş ortalamaları 79 kg ve 44 olan 151 katılımcı, anketleri farklı namaz vakitlerinde camiyi terk ederken cevaplandırmıştır (Şekil 3.84). Katılımcıların %90'ı herhangi bir sağlık problemi olmadığını ifade etmişlerdir. Anketlere en fazla öğle ve yatsı namazlarında en az ise sabah ve akşam namazlarında katılım sağlanmıştır. Anketlerin gerçekleştirildiği mevsimsel şartlara göre kıyafet türü değişkenlik göstermiş ve ilkbahar ve sonbahar aylarında daha sık kullanılan ceket veya hırka türü giysilere sahip olan kişiler (%37) çoğunlukta olmuştur.

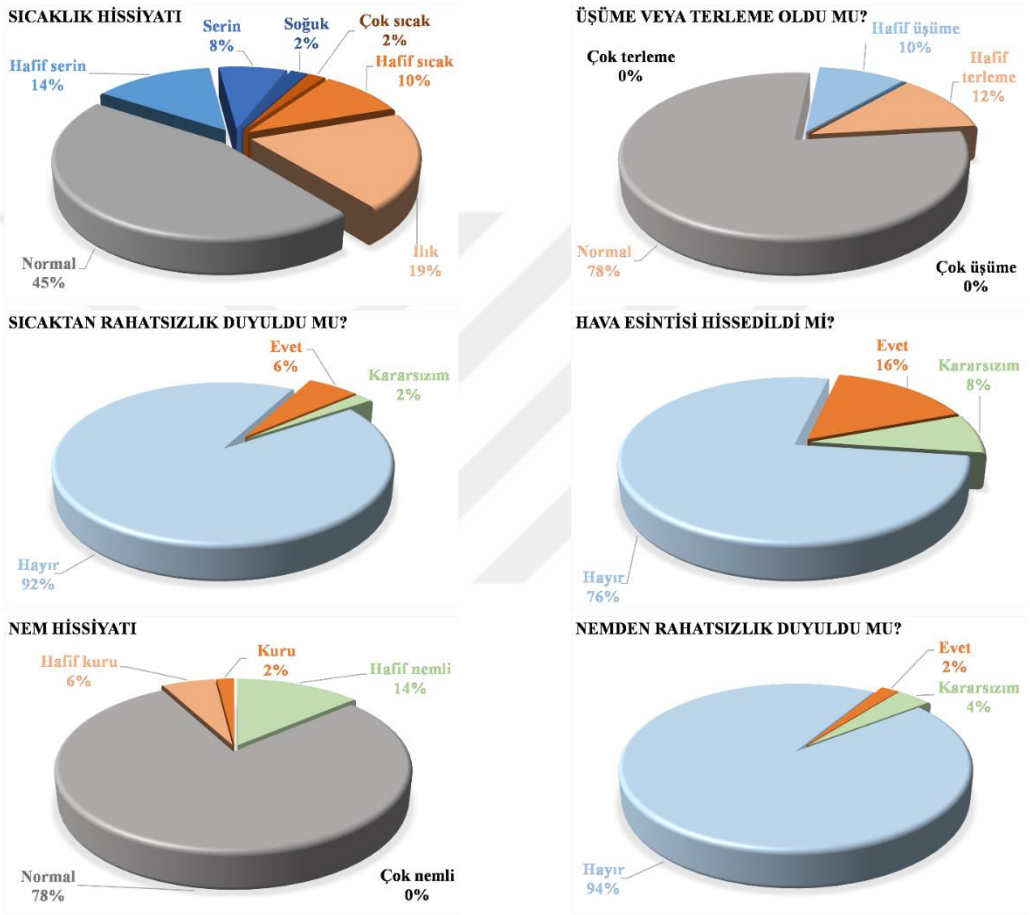


Şekil 3.84. Ankete katılım gösteren kişilerin konfor hissiyatlarını etkileyebilecek özellikleri ve camide bulundukları namaz vakitleri

Cemaatin %45 gibi büyük bir çoğunluğu camideki sıcaklığın normal olduğu görüşüne sahiptir (Şekil 3.85). Ayrıca caminin ılık düzeyde bir sıcaklığa sahip olduğunu düşünen kişi sayısı katılımcıların %19'unu oluşturmaktadır. Çok sıcak veya soğuk seçeneklerini cevaplandıran katılımcıların oranı ise %2'dir. Normal ve ılık seçeneklerinin toplamı %64 olmasına rağmen cemaatin %78'i herhangi bir üşüme veya terleme ile karşılaşmamıştır. Ayrıca caminin çok sıcak veya soğuk olduğunu belirten kişiler toplam %4 olmasına rağmen çok üşüme veya çok terleme gibi bir durumla karşılaşılmamıştır. Benzer şekilde ortamın serin veya hafif sıcak olduğunu düşünen kişilerin oranı toplam %18 iken hafif üşüme veya hafif terleme durumlarının toplamı %22 olmuştur. Sıcaklıktan dolayı rahatsızlık duyan ve duymayan kişilerin oranı ise sırasıyla %6 ve 92 olarak belirlenmiştir. Sıcaklık değerlendirmesinde hissiyat oranlarının sıcaklıktan rahatsız olma oranlarıyla örtüşmediği tespit edilmiştir. Sıcaklık hissiyatında normal veya ılık seçenekleri dışında kalan oran %36 iken sıcaklıktan rahatsızlık duyan kişilerin oranı %6 olarak saptanmıştır. Dolayısıyla cemaatin bir kısmı ortam sıcaklığı hakkındaki hissiyatlarını rahatsızlık olarak değerlendirmemiştir. Bu uyumsuzluğa nedenlerinden birisi kutsal alanlar için insanların olumsuzluk teşkil eden seçeneklerden kaçınması gösterilebilir.

Camide bulunan pencerelerin açık veya kapalı kalma durumuna göre hava esintisi hissiyatları da değişkenlik göstermiştir. Şekil 3.84'de pencereye yakın bölgede bulunan

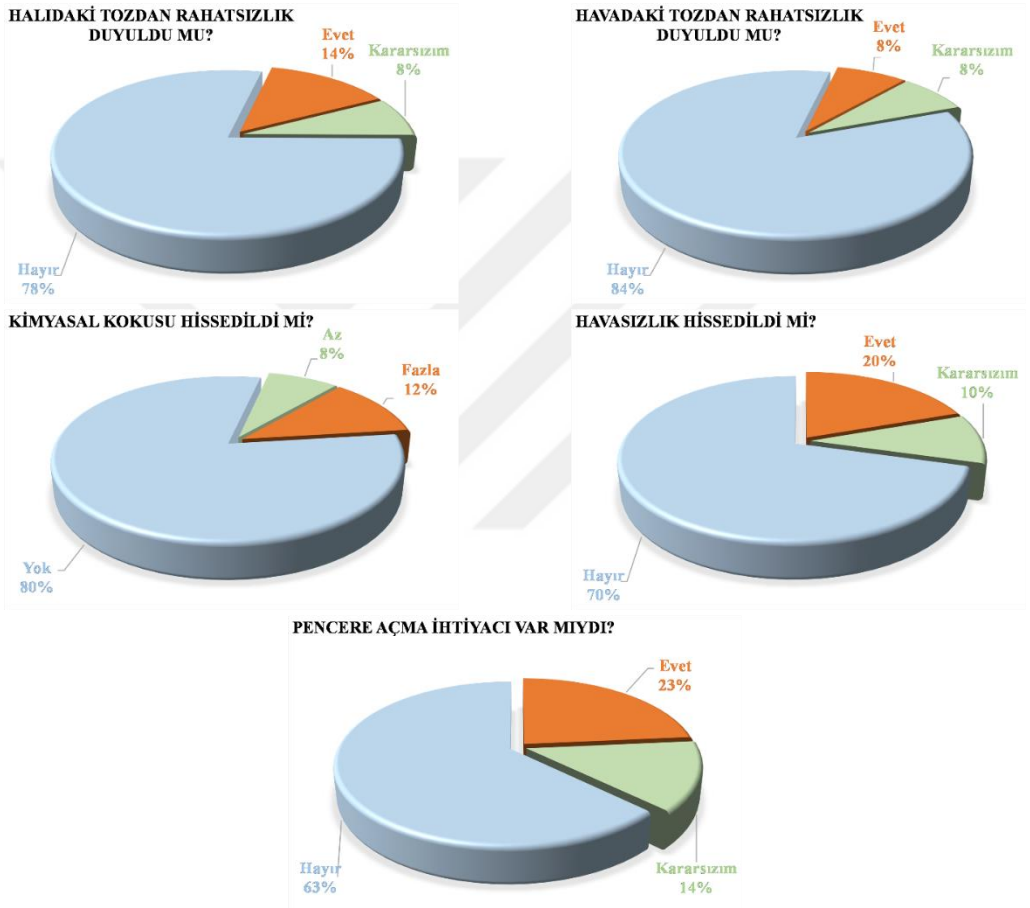
kişilerin oranı %31 iken hava esintisi hisseden kişilerin oranı %16 olmuştur. Camide insanların pencereleri açıp kapatmasında herhangi bir sınırlama bulunmaması ve bu nedenle açık ve kapalı tutulan pencere sayıları ve açık kalma sürelerindeki değişkenlik her iki oranının örtüşmemesine neden olmuştur. Ayrıca ortamdaki nem hissiyatını kişilerin %2'si kuru olarak değerlendirirken nemden rahatsız olan kişilerin oranı aynı olmuştur.



Şekil 3.85. Anketlerden elde edilen ısıl konfor sonuçları

İç ortam hava kalitesine ait anket sorularını cevaplandıran katılımcıların %14'ü secde anında halıdaki tozdan, %8'i ise ortam havasındaki tozdan rahatsızlık duymuştur (Şekil 3.86). Halı veya ortam havasındaki tozdan rahatsızlık duymayan kişilerin oranı ise sırasıyla %78 ve %84 olarak elde edilmiştir. Zemindeki toz partiküllerden rahatsızlık duyanların oranı ortam havasındaki tozdan rahatsızlık duyanlara göre %6 daha fazla olmuştur. Her iki bölge için %8'lik oran "kararsızım" seçeneğini tercih etmiştir. Namazlardan önce kimyasal temizlik ürünleri kullanılmamasına rağmen cemaatin %8' az ve %12'si fazla kimyasal kokusu hissettiğini belirtmiştir. Bu durumun camide kullanılan

eşyalardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca ortamın havasız olduğunu belirten kişiler tüm katılımcıların %20'sini oluştururken ortamın havalandırma ihtiyacının olduğunu düşünen kişilerin oranı %23 idi. Öte yandan havasızlık durumunun olmadığını düşünen kişilerin oranı %70 iken bu kötü koşulların giderilmesi için pencerelerin açılarak ortamın havalandırılması gerektiğini düşünen kişilerin oranı %63 olarak belirlenmiştir. Her iki oran arasındaki farkı (%7) oluşturan kişilerin %4'ü "kararsızım" ve %3'ü pencere açma ihtiyacı için "evet" seçeneklerine yönelmiştir.



Şekil 3.86. Anketlerden elde edilen iç hava kalitesi sonuçları

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Yalova/Türkiye'de bulunan ve tipik bir mahalle camisi olan Hacı Hasan Sert Cami'de ısıl konfor, iç ortam hava kalitesi ve enerji tüketimine yönelik deneysel ölçümler gerçekleştirilmiş ve camideki mevcut durum takip edilmiştir. Ayrıca uygun konfor şartları sağlanırken en az enerjinin harcanması için simülasyon çalışması yürütülmüştür. İklimlendirme sistemlerinden kaynaklanan enerji tüketiminin üst seviyelerde olduğu kış ve yaz aylarına odaklanılarak iklimlendirme sistemleri için en uygun çalışma stratejileri sunulmuştur.

4.1. Isıl Konfor Sonuçları

Camilerde uygun iç ortam ısıl konfor şartlarının sağlanması için iklimlendirme sistemleri kullanılmaktadır. Kullanılan sistemlerin konfor şartlarının üzerindeki etkilerinin değerlendirilebilmesi için deneysel olarak durum tespiti çalışmaları yürütülmüştür. Deneysel çalışmalardan çıkarılabilecek ısıl konfor sonuçları aşağıda sunulmuştur:

- Yerden ısıtma sisteminin sürekli kullanıldığı kış aylarında caminin boş olduğu zamanlarda homojen dağılım sergileyen iç ortam sıcaklığı namaz vakitlerinde cemaatin camide yoğun olarak bulunduğu bölgelerde daha hızlı bir artış göstermiştir.
- Vakit namazlarında cemaatin ön bölgede yoğunlaşması caminin ön bölgesinde arka bölgelere göre daha yüksek sıcaklıkların elde edilmesini ve daha iyi konfor şartlarının oluşmasını sağlamıştır. Cuma namazlarında ise cemaat iç ortamın her bölgesine dağıldığı için namaz sırasında daha homojen bir sıcaklık dağılımı gözlenmiştir.
- Cemaat sayısındaki artış, kış aylarında camideki konfor koşullarını iyileştirmiştir.
- Caminin yerden ısıtılması, iç ortam hava sıcaklığının zeminden yükseldikçe azalmasına neden olmuştur.
- Kış aylarına tekabül eden Bayram namazı, Teravih namazı, Cuma namazı gibi cemaat sayısının fazla olduğu namazlarda cemaatin camide bulunma süresi uzun olduğu için PMV değerinin yaklaşık 0,5 arttığı belirlenmiştir.
- Cemaat sayısının ve camide bulunma sürelerinin artışı yerden ısıtma sisteminin gereğinden yüksek sıcaklıklara ayarlanması ile birleşince ortamdaki memnuniyetsizlik oranında artış gözlenmiştir.

- Kış aylarında pencerelerin sürekli kapalı tutulması hava hızının düşük olmasını sağlarken pencerelerin açıldığı durumda hava hızı artarak konfor şartlarının kötüleşmesine neden olmuştur.
- Sıcak yaz aylarında ise cemaat sayısındaki artış iç ortam hava sıcaklığının artmasına neden olurken cami içerisindeki sıcaklık dağılımı güneş hareketlerine göre değişiklik göstermiştir. Dış ortam sıcaklığının en yüksek seviyelere ulaştığı öğle ve ikindi namazları sırasında güneş caminin sağ bölgesinden iç ortama ulaştığı için caminin bu bölgesi daha yüksek sıcaklıklara ulaşmıştır.
- Camideki klimalar, Cuma namazları gibi yüksek doluluk oranlarının sağlandığı gündüz namazlarında, cemaatin iç ortamda yüksek sıcaklıklar hissetmesi durumunda kullanılmaktadır. Bu durumda klimaların kullanımı, camide daha düşük PMV ve PPD değerlerinin elde edilmesini sağlasa da cemaat namaz vakitlerinde ısıl açıdan konforsuz bir iç ortam ile karşılaşmıştır.
- Gece namazlarında pencerelerin açılması ve klima kullanımı arasında konfor şartları açısından büyük bir fark gözlenmemiştir. Dolayısıyla yaz aylarındaki gece namazlarında pencerelerin açılması ve pencerelerin yetersiz kaldığı durumda vantilatör gibi hava hareketini arttıracak cihazlarla desteklenmesi, klima kullanımında elde edilen konfor şartlarına ulaşılmasını desteklemektedir.
- Pandemi önlemlerinden dolayı camideki doluluk oranı azalmış klima kullanımının kısıtlanması nedeniyle cemaatin iklim şartlarına bağımlılığı artmıştır.
- Düşük doluluk oranı ve pencerelerin sürekli açık olması pandemi sürecinde iç ortamda kabul edilebilir ısıl şartların sağlanmasında yararlı olmuştur. Ancak vantilatörlerin ve klimaların kapatılması ve doluluk oranının azaltılması gibi pandemi önlemleri uygun konfor şartlarının sağlanamamasına neden olmuştur. Ayrıca bu durum caminin merkezinde daha az hava hareketine sebep olurken koronavirüsün bulaşma riskini azaltmıştır.

4.2. İç Hava Kalitesi Sonuçları

Sıcak aylarda camilerdeki iklimlendirme sistemlerinin kullanımı sırasında havalandırmanın yapılmaması ve iklimlendirme sistemleri kullanılmazken pencerelerin genellikle açık olması iç ortam hava kalitesinin izlenmesi gerekliliğini doğurmuştur. Öte yandan, düşük dış ortam sıcaklığı nedeniyle kış aylarında pencerelerin genellikle kapalı

tutulması, cemaatin solunumundan kaynaklanan CO_2 konsantrasyonlarının artması ile sonuçlanmaktadır. Bu sebeple çalışmada, ısıl konfor şartlarına ek olarak iç ortam hava kalitesinin farklı koşullar altındaki değişimleri deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalardan çıkarılabilecek iç hava kalitesi sonuçları aşağıda sunulmuştur:

- Cemaatin namazlarda caminin ön bölgesini kullanılması ön bölgedeki CO_2 konsantrasyonlarının caminin diğer bölgelerine göre daha yüksek olmasıyla sonuçlanmıştır.
- Cemaatin camide bulunması süresi arttıkça iç ortamdaki CO_2 konsantrasyonu miktarı ve havalandırma ihtiyacı artmıştır. Özellikle Teravih namazı gibi uzun süreli namazlarda camide çok sayıda kişinin bulunması ve camideki pencerelerin kapalı olması CO_2 konsantrasyonlarının 3500 ppm'e kadar ulaşmasına neden olmuştur. Ayrıca pencereler açıkken gerçekleştirilen ibadetlerde CO_2 konsantrasyonları pencerelerin kapalı olduğu duruma göre daha düşük seviyelerdedir.
- Camide kullanılan vantilatörler iç ortamda biriken CO_2 konsantrasyonlarının kubbe bölümündeki hava ile karışmasını sağlamış ve cemaat seviyesinde ölçülen değerlerin daha düşük olmasına olanak tanımıştır. Dolayısıyla klima kullanımında pencerelerin ve vantilatörlerin kapatılması havanın hareketini kısıtlamış ve insanların bulunduğu bölgelerde daha yüksek CO_2 konsantrasyonlarının oluşmasına neden olmuştur.
- En düşük PM konsantrasyonları sabah namazı sırasında elde edilirken yatsı namazının sonunda günün en yüksek seviyeleri gözlenmiştir.
- Camiye giriş, çıkış ve ortamdaki hareketlilik PM konsantrasyonlarının artmasına sebep olmaktadır. Pencerelerin açık olması durumu da pasif şekilde bulunan partikül maddelerin ortamda uçuşmasına ve pencerelerin kapalı olduğu duruma göre daha yüksek seviyelere ulaşmasına neden olmaktadır.
- Camiye gelen kişi sayısındaki artış, zeminin süpürülmesi, pencerelerin açılması, klimaların açılması gibi hava hareketini arttıran tüm durumlar PM konsantrasyonlarının artışına sebep olmuştur.
- Pandemi döneminde pencerelerin her zaman açık tutulması ve doluluğun sınırlandırılması, CO_2 konsantrasyonu ile ifade edilen iç hava kalitesini iyileştirmiştir.

- Pandemi sırasında ölçülen ortalama $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları ise Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından önerilen günlük sınır değerleri aşarken NHMRC (1996) ve NOHSC (1995)'in 1 saatlik ortalama maruziyet değerlerinden düşüktür.

4.3. Pandeminin Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkilerine Ait Sonuçlar

Aydınlatma ve iklimlendirme sistemleri camilerde enerji tüketimine neden olan başlıca iki unsurdur. Çalışmada, farklı türdeki camilerin enerji tüketim faturaları temin edilerek Covid-19 salgınının enerji tüketimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen enerji tüketimi sonuçları aşağıda sunulmuştur:

- Pandemiden önce Hacı Hasan Sert Cami'nin aydınlatmadan kaynaklanan yıllık ortalama elektrik tüketimi iklimlendirme sistemlerinden kaynaklanan elektrik tüketiminden daha yüksekken pandemiden sonra alınan tedbirler aydınlatmadan kaynaklanan elektrik tüketiminin iklimlendirme sistemlerinden kaynaklanan elektrik tüketiminden daha yüksek olmasına neden olmuştur. Pandemi kısıtlamaları sona ermesine rağmen 2022 yılında da bu durumun devam etmesi, insanların üzerinde pandemi etkilerinin devam ettiğinin göstergesidir.
- Pandemi döneminde farklı türdeki camilerin aydınlatma ve iklimlendirme sistemlerinden kaynaklanan elektrik tüketimleri incelenmiş ve pandemi döneminde çoğu camide aydınlatma amaçlı yıllık elektrik tüketiminin pandemi öncesine göre azaldığı belirlenmiştir.
- Yalova Merkez Cami ve Rüstempaşa Cami dışındaki tüm camilerde bazı aylarda aylık tüketim artmıştır. Bu durum, camilerin aktif olarak kullanılmadığı zamanlarda aydınlatma sisteminin uzun süre açık bırakılmasıyla açıklanmıştır.
- Pandemi döneminde Güneyköy Cami hariç tüm camilerde ısıtma ve soğutma amaçlı yıllık elektrik tüketimi azalmıştır. Ancak Safran Köyü Cami ve Rüstempaşa Cami dışındaki tüm camilerde bazı aylarda aylık tüketim artmıştır. Bu durum kısmen önceki yılların ortalamalarına göre faturalandırma yöntemine ve yasağa rağmen namazlarda klima veya vantilatör kullanımı ile ilişkilendirilmiştir.

4.4. Anket Sonuçları

Cami cemaatinin gerçek ısıl konfor ve iç hava kalitesi hissiyatlarının belirlenmesi için Hacı Hasan Sert Cami'de anket çalışmaları yürütülmüştür. Anket çalışmalarının yürütülmesinin amacı, deneysel olarak elde edilen ısıl konfor ve iç hava kalitesi parametrelerinden elde edilen bulguların gerçek hissiyatlar ile arasındaki farkların ortaya çıkarılmasıdır. Ancak anket çalışmalarında, camideki konfor şartlarının çok sıcak veya çok soğuk olduğunu belirten kişilerin terleme veya üşüme gibi durumlarının olmadığını belirtmesi ve sıcaklık hissiyatının kötü olduğunu belirten kişilerin oranı %36 iken bu durumdan rahatsızlık duyanların oranının %6 olması gibi çelişkili sonuçlar elde edilmiştir. Dolayısıyla anketler, cemaatin camideki hissiyatlarını doğru şekilde yansıtmadığını göstermiştir. Bu durum cemaatin değer verdiği kutsal alanlar için olumsuzluk teşkil edecek bir ifadede bulunmak istememeleri ile ilişkilendirilmiştir.

4.5. Isıtma ve Soğutma Sezonu için Simülasyon Sonuçları

Deneysel çalışmalarda elde edilen ısıl konfor ve enerji tüketimi bulguları baz alınarak, ısıl koşullar korunurken enerji tüketimini azaltmak için iklimlendirme sistemlerinin farklı çalışma stratejilerine odaklanan simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Çalışmada iklimlendirme sistemlerinin etkin şekilde kullanıldığı yaz ve kış ayları dikkate alınmış olup yalıtımsız duvara sahip olan camide yalıtım uygulamasının ısıl konfor ve enerji tüketimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Pencerelerin kapalı tutulduğu kış aylarında caminin ısıtılmasına yönelik yürütülen simülasyon çalışmalarının ana bulguları aşağıda sunulmuştur:

- Yerden ısıtma sisteminin çalışma stratejisini namaz vakitlerine ve dış hava sıcaklığına göre ayarlayarak ısıl konfordan ödün vermeden doğalgaz tüketiminde ve CO_2 salımında tasarruf sağlamak mümkün olmuştur.
- Yerden ısıtma sisteminin sürekli çalışması durumunda (Senaryo-I) ortalama sıcak su döngü sıcaklığının (OSSDS) arttırılması deneysel verilere kıyasla yakıt tüketimini ve CO_2 salımını artırırken ve ısıl konforu iyileştirmiştir.
- Yerden ısıtma sisteminin namaz vakitlerinde aralıklı olarak çalıştırılması (Senaryo-II), yakıt tüketimini ve CO_2 salımını düşürürken ısıl konforun kötüleşmesine sebep olmuştur.

- Yatsı namazından sabah namazının sonuna kadar ısıtma işleminin gece saatlerinde yapılması (Senaryo-III) ise zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı azalırken gündüz saatlerinde gerçekleştirilen namazlarda konforlu şartlara ulaşılamamıştır.
- Yerden ısıtma sisteminin sabah namazından yatsı namazının bitişine kadar gündüz saatlerinde çalışmasında (Senaryo-IV) sürekli çalışma stratejisine göre iç ortamdaki konfor koşulları kötüleşirken yakıt tüketimi ve CO_2 salımı artmıştır.
- Yerden ısıtma sisteminin sabah ile öğle namazı arasında çalıştırılmaması (Senaryo-V) ise ısıl konfor koşullarının deneysel sonuçlarla benzer olmasına, ancak yakıt tüketimi ve CO_2 salımının daha yüksek olmasına neden olmuştur.
- Senaryo-IV ve V'in bir kombinasyonu olarak oluşturulan Senaryo-VI'da yerden ısıtma sistemi sabah ile öğle namazları arasında ve yatsı ile sabah namazları arasında çalıştırılmamıştır. Ayrıca OSSDS'ler ve yerden ısıtma sisteminin çalışma süreleri önceki senaryolardan türetilmiştir. Sistemdeki döngü suyu debisinin yüksek olduğu Şubat ayı dışındaki tüm kış aylarında daha az yakıt tüketimi ve CO_2 salımı ile deneysel sonuçlara benzer konfor koşulları elde edilmiştir. Bu çalışma stratejisi ile yıllık toplam 89 kWh/gün doğalgaz ve 136 kg CO_2 salımında düşüş sağlanmıştır. Bu da tipik bir mahalle camisi olan Hacı Hasan Sert Cami'nin ısıtılmasından kaynaklanan yakıt tüketiminde ve CO_2 salımında yıllık yaklaşık %9 tasarruf anlamına gelmektedir.
- Camide uygulanan yalıtım ile yerden ısıtma sistemi deneysel çalışma sıcaklığından daha düşük sıcaklıklarda (30^oC OSSDS) sürekli çalıştırıldığı taktirde (Senaryo-I) yalıtımsız duruma göre konfor şartları iyileşirken doğalgaz tüketimi ve CO_2 salımı azalmıştır.
- Yalıtım uygulaması, daha az doğalgaz tüketimi ile deneysel olarak elde edilen konfor şartlarından daha iyi koşulların ortaya çıkmasında önemli bir rol oynamıştır.
- Yerden ısıtma sisteminin sadece namaz vakitlerinde kullanılması (Senaryo-II) ve yalıtım uygulaması kombinasyonu diğer senaryolara göre en düşük doğalgaz tüketimi ve CO_2 salımının oluşmasını sağlamıştır. Ancak yalıtımsız durumda oluşan konforsuz ortam şartları yalıtılmış durumda da benzerlik göstermiş olup akşam ve yatsı namazları dışında istenilen konfor şartlarına ulaşılamamıştır.
- Yalıtılmış camide yerden ısıtma sisteminin sadece gece saatlerinde çalıştırılması (Senaryo-III) durumunda sadece sabah namazında konfor şartları sağlanmıştır. Bu

durumda en konforsuz şartlar yatsı namazında elde edilirken yalıtım uygulamasının bu senaryo için yeterli olmadığı belirlenmiştir.

- Yerden ısıtma sisteminin sabah namazından yatsı namazına kadar çalıştırıldığı (Senaryo-IV) ve caminin yalıtıldığı durumda yıllık %29 yakıt tasarrufu ile uygun konfor şartları sağlanmıştır. Şubat ayında caminin yalıtılmadığı durumda elde edilen konforsuz şartlar, yalıtım uygulamasıyla iyileştirilmiş ve deneysel konfor şartlarına ulaşmıştır.
- Senaryo-V (yerden ısıtma sisteminin sabah ve öğle namazları arasında çalıştırılmaması) ve yalıtım kombinasyonu, Şubat ayında daha düşük doğalgaz tüketimi ile deneysel bulgulara benzer konfor şartlarının sağlanmasında yardımcı olmuştur. Ayrıca bu senaryoda doğalgaz tüketimi ve CO_2 salımında yıllık %30 tasarruf sağlanırken daha konforlu bir iç ortam elde edilmiştir.
- Yalıtımsız camide %9 oranında doğalgaz tasarrufu ile deneysel konfor şartlarının sağlanabildiği Senaryo-VI, yalıtımlı durum ile birleşince iç ortamdaki konfor şartları daha da iyileşmiş ve ısıtmadan kaynaklanan doğalgaz tüketiminde %27 tasarruf sağlamıştır.
- Ele alınan yalıtımlı senaryolarda yerden ısıtma sisteminin çalışma süresi ile elde edilen tasarruf miktarlarının orantılı olduğu belirlenmiştir.

Hacı Hasan Sert Cami sıcak yaz aylarında klimalar ve pencereler yardımıyla iklimlendirilmektedir. Çalışmada, klimaların farklı kullanım stratejilerine bağlı olarak camideki ısıl konfor ve enerji tüketimleri incelenmiştir. Klimaların kullanılmadığı zamanlarda pencerelerin açılması durumları dikkate alınarak kış aylarında olduğu gibi caminin yalıtılması durumu değerlendirilmiştir. Yaz ayları için elde edilen simülasyon bulguları aşağıda sunulmuştur:

- Sıcak yaz aylarında pencerelerin kapatılması yerine özellikle düşük sıcaklıkların görüldüğü gece saatlerinde pencerelerin açılması duvardaki ısı yükünün daha hızlı boşalmasını sağlamış ve daha iyi konfor şartlarının sağlanmasında havalandırmanın yardımcı etken olduğu belirlenmiştir.
- Klimalar sürekli kullanıldığında (Senaryo-I) daha iyi konfor şartları elde edilirken daha yüksek elektrik tüketimi meydana gelmiştir.

- Klimalar sadece namaz vakitlerinde kullanıldığı (Senaryo-II) taktirde elektrik tüketimi azalsa bile uygun konfor şartları sağlanamamıştır.
- Klimaların sadece gece kullanımı (Senaryo-III), namaz vakitlerinde klima kullanılmadığı duruma benzer konfor şartları elde edildiği için önerilen bir strateji olmamıştır.
- Klimaların sabah namazından yatsı namazına kadar çalıştırılması durumunda (Senaryo-IV), sürekli çalışma durumuna (Senaryo-I) göre daha konforsuz şartlar meydana gelmiş olsa da daha düşük elektrik tüketimi nedeniyle yalıtımsız cami için tercih edilebilecek bir strateji olarak belirlenmiştir.
- Klimalar öğle namazında çalıştırılmaya başlandığı zaman (Senaryo-V) yüksek dış ortam sıcaklığı nedeniyle daha fazla yüke maruz kalmış, bu durum, klima kullanımı sırasında daha fazla ısı akısına sebep olmuştur. Ancak klimaların kullanım süresinin kısa olması Senaryo-I ve IV'e göre daha düşük aylık elektrik tüketimi sağlamıştır.
- Senaryo-V'te klimaların kullanım süresinin kısalması Senaryo-IV'e göre ortalama ısıl memnuniyetsizlik oranında yaklaşık %10 artışa neden olmuştur.
- Yalıtımlı camide klimaların sürekli kullanılması (Senaryo-I), camide konforlu bir iç ortam meydana getirirken yalıtımsız duruma göre %9 daha düşük elektrik tüketimi elde edilmiştir.
- Klimaların namaz vakitlerinde aralıklı olarak kullanılması durumunda (Senaryo-II) cami yalıtılsa bile istenilen konfor şartları sağlanamamıştır.
- Sabah namazından yatsı namazına kadar klimaların kullanılması (Senaryo-IV) caminin yalıtılması ile birlikte memnuniyetsizlik oranının günlük ortalama %30'un altına düşürmüş ve yalıtımsız duruma göre daha düşük elektrik tüketimi (9,2 kWh/gün) sağlamıştır.
- Yalıtım uygulamasında ele alınan senaryolarda klimaların kullanım süreleri arttıkça yalıtımın iç ortamdaki ısıl şartları iyileştirme oranı da doğru orantılı olarak artmıştır.
- Namaz vakitlerinde klimaların aralıklı olarak çalıştırılması durumunda (Senaryo-II) yalıtımlı camideki havalandırma oranı arttıkça iç ortamdaki ısıl memnuniyetsiz azalmıştır.
- Havalandırma süresinin azalması, havalandırma oranı arttıkça memnuniyetsizlik oranının artmasına neden olmuştur.

- Klima kullanım stratejileri ve havalandırma oranlarına bağlı olarak elde edilen aylık sonuçlar arasında kıyaslama yapmak klima kullanım ve havalandırma sürelerinin değişkenlik göstermesi nedeniyle mümkün olmamıştır.

4.6. Öneriler ve Tartışma

Elde edilen sonuçlar, Türkiye'deki cami sayısı (yaklaşık 83.000) dikkate alındığında, ülke genelinde fosil yakıt tüketimi ve sera gazı salımının azaltılmasında iklimlendirme sistemlerinin kullanım stratejilerinin önemli bir rol oynadığını göstermiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlar binalarda kullanılan iklimlendirme sistemlerinin iklim değişikliği üzerindeki etkilerini hafifletmeye yardımcı olacağı düşünülmektedir. Buradan hareketle, camide uygun ısıl konfor, iç hava kalitesi ve düşük enerji tüketimi için önerilen hususlar aşağıda belirtilmiştir:

- Kış aylarında cemaat sayısına ve kılınacak namazın süresine göre yerden ısıtma sisteminin sıcaklığı ayarlanmalı ve iç ortam havalandırması caminin kullanılmadığı zamanlarda yapılmalıdır.
- Yaz aylarında camide daha konforlu bir iç ortam sağlanabilmesi için güneş hareketlerine bağlı olarak pencerelerde gölgelendirme ekipmanlarının kullanımı tavsiye edilmektedir.
- Aktif nem kontrolü, çeşitli ortamlarda nem seviyesini etkin bir şekilde yönetme ve kontrol etme amacıyla kullanılan bir teknik olarak öne çıkmaktadır. Nem kontrolünün önemi ve faydaları göz önüne alınarak, camide aktif nem kontrolünün yapılması önerilmektedir. Camide karşılaşılan yüksek nem seviyesinin küf, mantar ve diğer mikroorganizmaların oluşumuna yol açabilmesi nedeniyle nemin %50'ye yaklaştırılması ve uygun bir aralıkta tutulması, cemaatin sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Aktif nem kontrolü, nem seviyesini sürekli izleme ve gerekli durumlarda nemlendirme veya kurutma sistemlerinin kullanılması yoluyla sağlanmaktadır. Bu sistemler, nemin istenen seviyede tutulmasını ve nem ile ilgili olumsuz etkilerin minimize edilmesini sağlar. Geleneksel nem kontrol yöntemleri genellikle enerji tüketimini artırırken, aktif nem kontrolü sistemleri enerji tasarrufu sağlayabilir. Gelişmiş nem sensörleri, nemlendirme ve kurutma sistemlerinin akıllı bir şekilde yönetilmesini sağlayarak enerji verimliliğini artırır.

- Tüm camilerde kullanılan soğutma sistemlerinin özellikleri farklı olmakla birlikte Hacı Hasan Sert Cami'de kullanılan klimaların her birinin sahip olduğu COP değeri (2,41) oldukça düşüktür. Mevcut klima sistemlerinin genellikle yüksek enerji tüketimi ve karbon salımına yol açtığı bilinmektedir. Bu sorunlara çözüm olarak, melez klima sistemleri, farklı enerji kaynaklarını entegre ederek enerji verimliliğini artırabilir ve çevresel etkileri azaltabilir. Özellikle güneş enerjisi ve ısı pompası teknolojileri, melez klima sistemlerinin temel bileşenleri olarak kullanılabilir. Güneş enerjisi panelleri, güneşin yenilenebilir enerjisini elektrik enerjisine dönüştürerek klima sisteminin çalışmasını sağlar. Ayrıca, ısı pompaları, dışarıdaki havadan veya yer altındaki kaynaklardan ısı alarak iç mekanları soğutma veya ısıtma amacıyla kullanır. Bu bütünleşmiş yaklaşım sayesinde, enerji maliyetleri düşerken enerji tasarrufu sağlanır ve karbon ayak izini azalarak çevresel etkiler minimize edilir. Dolayısıyla enerji verimliliğinin artırılması ve çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda mevcut klima sistemlerini yerine melez klima sistemlerinin kullanılması önerilmektedir.
- Çalışmada aylık fatura takibi ile camilerdeki enerji tüketimleri incelenmiştir. Ancak simülasyon çalışmalarında aylık verilerle birlikte saatlik veriler de ele alınarak iklimlendirme sistemlerinin enerji talebi araştırılmıştır. Saatlik enerji tüketimi verileri, enerji kullanımının günlük ve saatlik değişimlerini incelemek ve enerji talebindeki dalgalanmaları anlamak için değerli bilgiler sunar. Bu verilerin analizi, enerji tüketimi desenlerini belirlemek, enerji verimliliği potansiyelini değerlendirmek ve enerji maliyetlerini optimize etmek için önemlidir. Saatlik enerji tüketimi verileri, farklı saatlerdeki enerji talebinin yüksek ve düşük noktalarını gösterir. Bu verilerin analizi, enerji talebinin yoğun olduğu saat dilimlerini belirlemek ve bu saatlerde enerji tasarrufu sağlayacak önlemler almak için kullanılabilir. Enerji talebinin en yüksek olduğu saatlerde enerji tüketimini azaltmak için yük yönetimi stratejileri uygulanabilir veya enerji yoğun cihazların çalışma süreleri düzenlenebilir. Camilerin bulundukları konum, mimari yapısı ve yapı malzemeleri değişkenlik gösterdiği için her caminin enerji tüketimi için ayrıca çalışmaların yürütülmesi ve gelecekte karşılaşılacak dış ortam şartlarına göre tasarım ve stratejilerin belirlenmesi gerekmektedir.
- Pencereler vasıtasıyla yapılan havalandırma işlemlerinin cemaatin camide bulunmadığı zamanlarda yapılması ve klimaların cemaatin arkasında kalacak şekilde doğrudan insanların önünde olmaması önerilmektedir. Ayrıca iç ortamda biriken ısının

dışarı atılması için kubbe bölümüne menfezlerin yerleştirilmesi önerilmektedir. Bu sayede kubbe bölümünde bulunan sıcak hava, pasif bir yaklaşım ile enerji tüketilmeden dışarı atılacaktır. Ancak menfezlerin yerleşimi, büyüklüğü ve sayısı kubbe bölümünde terleme olmayacak şekilde belirlenmelidir.

- Camide kullanılan süpürge makinesinin filtresi kumaş malzemeden imal edilmiş olup herhangi bir standardı bulunmamaktadır. Klimalarda ve süpürge makinelerinde, EN 1822 gibi Avrupa Standartlarında belirtilen ve belirli verimlilik derecelerine sahip olan HEPA (High Efficiency Particulate Arresting) filtre kullanımı tavsiye edilmektedir. Standartlara göre değişkenlik göstermekle birlikte bir HEPA filtre, en az %99,97 oranında 0,3 mikron büyüklüğündeki partikülleri tutma yeteneğine sahip olabilmektedir. Bu sayede, HEPA filtreler, havadaki çok küçük partiküllerin (toz, polen, mantar sporları, böcek alerjenleri, duman, bakteri, virüs vb.) yakalanmasını ve alerjenleri, kirleticileri ve mikroorganizmaları tutulmasını sağlayarak sağlık açısından önemli bir katkı sağlar ve iç ortam hava kalitesini iyileştirir. Dolayısıyla camide kullanılan klimaların ve süpürge makinelerinin filtreleri düzenli şekilde temizlenmeli ve kullanım sıklığına bağlı olarak düzenli şekilde yenilenmelidir.
- Ortam havasındaki en yüksek PM konsantrasyonları yatsı namazından sonra elde edildiği için süpürme işlemi için uçuşan partiküllerin zemine çökmesi beklenmelidir. Bu durumda süpürme işlemi için önerilen en uygun zaman sabah namazının sonrasıdır.
- Caminin kullanılmadığı zamanlarda ışıkların söndürülmesine dikkat edilmeli ve namaz vakitleri dışında hareket sensörlü yerel aydınlatma sistemlerinin kullanılmasına özen gösterilmelidir.
- Kutsal alanlar ile ilgili psikolojik ve sosyal etkenlerin anket sonuçlarına yansıması, gelecekteki anket çalışmalarının ilgili alanlarda uzman kişiler eşliğinde yürütülmesi gerektiğini göstermiştir.
- Yerden ısıtma sistemi için en uygun çalışma stratejileri yalıtımsız cami için yerden ısıtma sisteminin sabah-öğle ve yatsı-sabah namazları arasında kapatılması (Senaryo-VI), yalıtımlı cami için yerden ısıtma sisteminin sabah ve öğle namazları arasında kapatılması (Senaryo-V) olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla camide yerden ısıtma sistemi kullanılırken belirlenen stratejiler dikkate alınmalıdır. Ayrıca Türkiye'nin farklı iklim bölgelerinde bulunan, çeşitli ısıtma sistemleri kullanılan ve farklı ölçeklere

sahip olan camiler için benzer senaryolar oluşturularak ısıtma sistemleri kullanım stratejileri geliştirilmelidir.

- Camideki mevcut klima kullanımı belirli bir stratejiye bağlı olmadığı için soğutma üzerine yürütülen simülasyon çalışmaları sürekli klima kullanımı referans alınarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar Senaryo-IV'ün elektrik tüketimi ve konfor parametreleri açısından diğer senaryolara göre daha tercih edilebilir olduğunu göstermiştir.
- Havalandırmanın yapıldığı gece saatlerinde dış ortam hava sıcaklığı iç ortamdan daha yüksek olduğu taktirde havalandırma miktarının arttırılması olumsuz sonuçlar doğuracağı gibi dış ortam sıcaklığının iç ortamdan düşük olduğu zamanlarda havalandırma miktarının arttırılması olumlu sonuçlar doğuracaktır. Dolayısıyla havalandırma durumunun dış ortam sıcaklığının değişimine göre saatlik olarak belirlenmesi ve dış ortam sıcaklığının iç ortam sıcaklığının altına düştüğü zamanlara göre belirlenmesi önerilmektedir.
- Gelecekte inşa edilecek camilerin mimari tasarımlarında, havalandırmanın doğal yollarla sağlanması ve iç ortamda biriken ısının dışarı atılarak taze hava beslemesinin sağlanacağı pasif yöntemler dikkate alınmalıdır. İklimlendirme sistemlerine ısı ve enerji geri kazanım sistemleri entegre edilerek büyük iç hacmin iklimlendirilmesinde verim ve iç hava kalitesi iyileştirilebilir. Farklı bölgelerdeki farklı ölçekli camilerde ısıtma ve soğutma sistemlerinin kullanım stratejilerinin belirlenebilmesi için internet bağlantılı akıllı otomasyon sistemlerinin geliştirilmesi ve yapay zekâ desteği ile gelecekteki saatlik iklim şartlarına bağlı olarak sistemlerin çalışma stratejisi planlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Abdou, A., Al-Homoud, M., Budaiwi, I. (2005). Mosque Energy Performance, Part I : Energy Audit and Use Trends Based on the Analysis of Utility Billing Data, *Engineering Sciences, 16*(1). DOI: 10.4197/Eng.16-1.10

Abdullah, F.H., Majid, N.H.A., Othman, R. (2016). Defining Issue of Thermal Comfort Control through Urban Mosque Façade Design, *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 234*, 416-423. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.10.259

Abdul–Wahab, S.A., En, S.C.F., Elkamel, A., Ahmadi, L., Yetilmezsoy, K. (2015). A Review of Standards and Guidelines Set by International Bodies for the Parameters of Indoor Air Quality, *Atmospheric Pollution Research, 6*(5), 751–767. DOI: 10.5094/APR.2015.084

Acero, J.A., Arrizabalaga, J. (2018). Evaluating the Performance of ENVI-Met Model in Diurnal Cycles for Different Meteorological Conditions, *Theoretical and Applied Climatology, 131*, 455-469. DOI: 10.1007/s00704-016-1971-y

Administration of Quality Supervision I.Q. (2002). *Ministry of Environmental Protection and Ministry of Health, Indoor Air Quality Standard* (AQSIQ). Standard No: GB/T 18883–2002.

Ahmed, A.Q., Gao, S., Kareem, A.K. (2016). A Numerical Study on the Effects of Exhaust Locations on Energy Consumption and Thermal Environment in an Office Room Served by Displacement Ventilation, *Energy Conversion and Management, 117*, 74–85. DOI: 10.1016/j.enconman.2016.03.004

Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Leon, A.S., Jacobs, D.R., Montoye, H.J., Sallis, J.F., Paffenbarger, R.S. (1993). Compendium of Physical Activities: Classification of Energy Costs of Human Physical Activities, *Medicine and Science in Sports and Exercise, 25*(1), 71–80. DOI: 10.1249/00005768-199301000-00011

Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Whitt, M.C., Irwin, M.L., Swartz, A.M., Strath, S.J., O'Brien, W.L., Bassett, D.R., Schmitz, K.H., Emplaincourt P.O. Jacobs, D.R., Leon, A.S. (2000). Compendium of Physical Activities: an Update of Activity Codes and MET Intensities, *Medicine and Science in Sports and Exercise, 32*, 498–504. DOI: 0195-913 l/00!3209-0498/0

Air Duct Cleaners. (2013). *Fact Sheet: Indoor Air Quality Standards*. Dünya Sağlık Örgütü.

Al Assaad, D., Habchi, C., Ghali, K., Ghaddar, N. (2018). Simplified Model for Thermal Comfort, IAQ and Energy Savings in Rooms Conditioned by Displacement Ventilation Aided with Transient Personalized Ventilation, *Energy Conversion and Management, 162*, 203–217. DOI: 10.1016/j.enconman.2018.02.033

Al Touma, A., Ouahrani, D. (2017). Enhanced Thermal Performance of Mosques in Qatar, *Earth and Environmental Science, 104*(1), 012012. DOI: 10.1088/1755-1315/104/1/012012

Al-Ajmi, F.F. (2010). Thermal Comfort in Air-Conditioned Mosques in The Dry Desert Climate, *Building and Environment, 91*, 294-306. DOI: 10.1016/j.buildenv.20 10.05.003

Ala-Juusela, M., Shukuya, M. (2014). Human Body Exergy Consumption and Thermal Comfort of an Office Worker in Typical and Extreme Weather Conditions in Finland, *Energy and Buildings, 76*, 249-257. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.02.067

Al-Anzi, A., Al-Shammeri, B. (2010). Energy Saving Opportunities Using Building Energy Simulation for a typical Mosque in Kuwait, *Energy Sustainability, 43956*, 383–391. DOI: 10.1115/ES2010-90478

Al-Dabbous, A.N., Khan, A.R., Al-Rashidi, M.S., Awadi, L. (2013). Carbon Dioxide and Volatile Organic Compounds Levels in Mosque in Hot Arid Climate, *Indoor and Built Environment, 22*(2), 456-464. DOI: 10.1177/1420326X12441807

Alfano, F.R.A., Olesen, B.W., Palella, B.I., Riccio, G. (2014). Thermal comfort: Design and assessment for energy saving, *Energy and Buildings, 81*, 326-336. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.06.033

Al-Homoud, M.S. (2009). Envelope Thermal Design Optimization of Buildings with Intermittent Occupancy, *Journal of Building Physics, 33*(1), 65-82. DOI: 10.1177/1744259109102799

Al-Homoud, M.S., Abdou, A.A., Budaiwi, I.M. (2005). Mosque Energy Performance, Part II: Monitoring of Energy End Use in a Hot-Humid Climate, *Journal of King Abdulaziz University-Engineering Sciences, 16*(1), 175–191. DOI: 10.4197/eng.16-1.11

Al-Homoud, M.S., Abdou, A.A., Budaiwi, I.M. (2009). Assessment of Monitored Energy Use and Thermal Comfort Conditions in Mosques in Hot-Humid Climates, *Energy and Buildings, 41*(6), 607–614. DOI: 10.1016/J.ENBUILD.2008.12.005

Al-Rabghi, O.M., Al-Ghamdi, A.S., Kalantan, M.M. (2017). Thermal Comfort Around the Holy Mosques, *Arabian Journal for Science and Engineering, 42*(5), 2125-2139. DOI: 10.1007/s13369-017-2464-8

Amaripadath, D., Rahif, R., Velickovic, M., Attia, S. (2023). A Systematic Review on Role of Humidity as an Indoor Thermal Comfort Parameter in Humid Climates, *Journal of Building Engineering, 68*, 106039. DOI: 10.1016/j.jobe.2023.106039

ANSI/ASHRAE Standard 55. (2017). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.* ASHRAE Inc.

ANSI/ASHRAE Standard 62.1. (2019). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. ASHRAE Inc.

ANSI/ASHRAE. (2004). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers,* INC, 1791 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329.

Ascione, F., De Masi, R.F., Mastellone, M., Vanoli, G.P. (2021). The Design of Safe Classrooms of Educational Buildings for Facing Contagions and Transmission of Diseases: A Novel Approach Combining Audits, Calibrated Energy Models, Building Performance (BPS) and Computational Fluid Dynamic (CFD) Simulations, *Energy and Buildings, 230,* 110533. DOI: 10.1016/j.enbuild.2020.110533

Atmaca, A.B., Gedik, G.Z. (2019). Evaluation of Mosques in Terms of Thermal Comfort and Energy Consumption in A Temperate-Humid Climate, *Energy and Buildings, 195,* 195–204. DOI: 10.1016/j.enbuild.2019.04.044

Atmaca, A.B., Gedik, G.Z. (2020). Determination of Thermal Comfort of Religious Buildings by Measurement and Survey Methods: Examples of Mosques in a Temperate-Humid Climate, *Journal of Building Engineering, 30,* 101246. DOI: 10.1016/j.jobe.2020.101246

Atthajariyakul, S., Leephakpreeda, T. (2005). Neural Computing Thermal Comfort Index for HVAC Systems, *Energy Conversion and Management, 46*(15–16), 2553–2565. DOI: 10.1016/j.enconman.2004.12.007

Azmi, N.A., Kandar, M.Z. (2019). Factors Contributing in the Design of Environmentally Sustainable Mosques, *Journal of Building Engineering, 23,* 27–37. DOI: 10.1016/j.jobe.2019.01.024

Baharudin, A.N., Ismail, S.A. (2014). Communal Mosques: Design Functionality towards the Development of Sustainability for Community. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 153, 106–120. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.10.046

Balaras, C., Tselepidaki, I., Santamouris, M., Asimakopoulos, D. (1993). Analysis of Thermal Comfort Conditions in Athens, Greece, *Energy Conversion and Management, 34*(4), 281–285. DOI: 10.1016/0196-8904(93)90112-N

Bluyssen, P. (2010). Product Policy and Indoor Air Quality. Indoor Sources and Health Effects: Background Information and Ways to Go, *Directorate General for Environment, Brussels, Belgium.*

Budaiwi, I., Abdou, A.A. (2013). HVAC System Operational Strategies for Reduced Energy Consumption in Buildings with Intermittent Occupancy: The Case of Mosques, *Energy Conversion and Management, 73,* 37–50. DOI: 10.1016/J.ENCONMAN.2013.04.008

Budaiwi, I.M. (2011). Envelope Thermal Design for Energy Savings in Mosques in Hot-Humid Climate, *Journal of Building Performance Simulation, 4*(1), 49–61. DOI: 10.1080/19401491003746639

Budaiwi, I.M., Abdou, A.A., Al-Homoud, M.S. (2013). Envelope Retrofit and Air-Conditioning Operational Strategies for Reduced Energy Consumption in Mosques in Hot Climates, *Building Simulation, 6,* 33–50. DOI: 10.1007/s12273-012-0092-5

Bughrara, K.S.M., Arsan, Z.D., Akkurt, G.G. (2017). Applying Underfloor Heating System for Improvement of Thermal Comfort in Historic Mosques: The Case Study of Salepçioğlu Mosque, Izmir, Turkey, *Energy Procedia, 133,* 290–299. DOI: 10.1016/J.EGYPRO.2017.09.390

Buonomano, A., Forzano, C., Giuzio, G.F., Palombo, A. (2023). New Ventilation Design Criteria for Energy Sustainability and indoor Air Quality in a Post Covid-19 Scenario, *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 182,* 113378. DOI: 10.1016/j.rser.2023.113378

Carbonindependent. (2022). https://www.carbonindependent.org/15.html#:~:text=The CO2 generated by burning,kg %2F kWh %5B9%5D, (Ziyaret tarihi: 28 Mayıs 2022).

Charles, K., Magee, R.J., Won, D., Lusztyk, E. (2005). *Indoor Air Quality Guidelines and Standards, NRC PR–204, NRC Institute for Research in Construction*. National Research Council Canada.

Chen, G., Hua, J., Shi, Y., Ren, C. (2023). Constructing Air Temperature and Relative Humidity-Based Hourly Thermal Comfort Dataset for a High-Density City Using Machine Learning, *Urban Climate, 47,* 101400. DOI: 10.1016/j.uclim.2022.101400

Colbeck, I., Nasir, Z.A. (2012). Indoor Air Quality in Asian Countries, *Envirotech,* https://www.researchgate.net/profile/Zaheer-Nasir/publication/268153922_Indoor_air_quality_in_Asian_Countries/links/546331870cf2837efdb02d68/Indoor-air-quality-in-Asian-Countries.pdf, (Ziyaret tarihi: 13 Nisan 2023).

Conversion Guidelines. (2022). *Greenhouse gas emissions,* https://www.eeagrants.gov.pt/media/2776/conversion-guidelines.pdf, (Ziyaret tarihi: 28 Mayıs 2022).

Correia, G., Rodrigues, L., Da Silva, M.G., Gonçalves, T. (2020). Airborne Route and Bad Use of Ventilation Systems as Non-Negligible Factors in SARS-Cov-2 Transmission, *Medical Hypotheses, 141,* 109781. DOI: 10.1016/j.mehy.2020.109781

Croome, D.J. (1991). Application of Environmental Engineering to the Design of Mosques in Saudi Arabia, *Energy Conservation in Buildings,* 125–129. DOI: 10.1016/B978-0-08-037215-0.50028-6

Dales, R., Liu, L., Wheeler, A.J., Gilbert, N.L. (2008). Public Health: Quality of Indoor Residential Air and Health, *CMAJ, 179*, 147–152. DOI: 10.1503/cmaj.070359

De Dear, R. (2004). Thermal Comfort in Practice, *Indoor Air, 7,* 32-39. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2004.00270.x

Diler, Y., Turhan, C., Durmuş A.Z., Gökçen A.G. (2021). Thermal Comfort Analysis of Historical Mosques. Case Study: The Ulu Mosque, Manisa, Turkey, *Energy and Buildings, 252,* 111441. DOI: 10.1016/J.ENBUILD.2021.111441

Elshurafa, A.M., Alsubaie, A.M., Alabduljabbar, A.A., Al-Hsaien, S.A. (2019). Solar PV on Mosque Rooftops: Results from a Pilot Study in Saudi Arabia, *Journal of Building Engineering, 25,* 100809. DOI: 10.1016/j.jobe.2019.100809

Engin, N. (2012). Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: Doğal Havalandırma. *Tesisat Mühendisliği Dergisi, 129,* 62–70.

Europa. (2010). https://www.eea.europa.eu/soer/2010/countries/tr/country-introduction-turkey/2.jpg/image_view_fullscreen, (Ziyaret tarihi: 3 Nisan 2022).

European Committee for Standardization. (2007). *Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings Addressing Indoor Air Quality, Thermal Environment, Lighting and Acoustics* (EN 15251). Brussels.

European Committee for Standardization. (2019). *Buildings, - Part 1: Indoor Environmental Input Parameters for, Design and Assessment of Energy Performance of Buildings, Thermal Environment Addressing Indoor Air Quality, Lighting and Acoustics* (EN 16798-1). Brussels.

Evren, F., Kılkış, B. (2015). İnsan Vücudunun Isıl Taklidi ile Oda Tipi Bir Operatif Sıcaklık Ölçerin Tasarımı, Prototip İmalatı ve Kalibrasyonu, *12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi,* İzmir, 8-11 Nisan 2015.

Faghih, A.K., Bahadori, M.N. (2009). Solar Radiation on Domed Roofs, *Energy and Buildings, 41*(11), 1238–1245. DOI: 10.1016/j.enbuild.2009.07.022

Faghih, A.K., Bahadori, M.N. (2010). Three Dimensional Numerical Investigation of Air Flow Over Domed Roofs, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 98*(3), 161–168. DOI: 10.1016/j.jweia.2009.10.012

Faghih, A.K., Bahadori, M.N. (2011). Thermal Performance Evaluation of Domed Roofs. *Energy and Buildings, 43*(6), 1254–1263. DOI: 10.1016/j.enbuild.2011.01.002

Fanger, P.O. (1970). Thermal Comfort Analysis and Applications in Environmental Engineering.

Fanger, P.O., Toftum, J. (2002). Extension of the PMV Model to Non-Air-Conditioned Buildings in Warm Climates, *Energy and Buildings, 34*(6), 533–536. DOI: 10.1016/S0378-7788(02)00003-8

Federal–Provincial Advisory Committee. (1989). *Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality: A Report of the Federal–Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health*, Ottawa.

Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate. (2001). *Classification of Indoor Climate 2000: Target Values, Design Guidance and Product Requirements, Espoo* (FiSIAQ), Finland.

Fries, A., Rollenbeck, R., Nauß, T., Peters, T., Bendix, J. (2012). Near Surface Air Humidity in a Megadiverse Andean Mountain Ecosystem of Southern Ecuador and its Regionalization, *Agricultural and Forest Meteorology, 152,* 17-30. DOI: 10.1016/j.agrformet.2011.08.004

Gagge, A. P. (1941). A Practical System of Units for the Description of the Heat Exchange of Man with His Environment, *Science, 94,* 428–430.

Gao, J., Wargocki, P., Wang, Y. (2014). Ventilation System Type, Classroom Environmental Quality And Pupils' Perceptions And Symptoms, *Building and Environment, 75*, 46–57. DOI: 10.1016/j.buildenv.2014.01.015

Garg, V., Mathur, J., Bhatia, A. (2020). *Building Energy Simulation, A Workbook Using DesignBuilder (eBook).* CRC Press, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton: Taylor and Francis.

Givoni, B., Belding, H.S. (1962). The Cooling Efficiency of Sweat Evaporation. *Biometeorology,* 304-314. DOI: 10.1016/B978-0-08-009683-4.50039-5

Givoni, B., Khedari, J., Wong, N.H., Feriadi, H., Noguchi, M. (2006). Thermal Sensation Responses in Hot, Humid Climates: Effects of Humidity, *Building Research and Information, 34*(5), 496-506. DOI: 10.1080/09613210600861269

Habeebullah, B.A. (2007). Economic Feasibility of Thermal Energy Storage Systems, *Energy and Buildings, 39*(3), 355–363. DOI: 10.1016/j.enbuild.2006.07.006

Hameed, A.N.A. (2011). Thermal Comfort Assessment to Building Envelope: A Case Study for New Mosque Design in Baghdad, *International Transaction Journal of Engineering, Management, and Applied Sciences & Technologies*, 249-264.

Hanoon, M.S., Ahmed, A.N., Zaini, N.A., Razzaq, A., Kumar, P., Sherif, M., Sefelnasr, A., El-Shafie, A. (2021). Developing Machine Learning Algorithms for Meteorological Temperature and Humidity Forecasting at Terengganu State in Malaysia, *Scientific Reports, 11*(1), 18935. DOI: 10.1038/s41598-021-96872-w

Harris, J.A., Benedict, F.G. (1919). A Biometric Study of Basal Metabolism in Man, *Washington*.

Health and Safety Commission. (2002). *EH40/2005 Workplace Exposure Limits. The Control of Substances Hazardous to Health Regulations* (HSC). London.

Health Canada. (1989). *Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality.* Canada.

Hedrick, R. (2010). *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality,* ASHRAE Standard 62.1.

Hodam, S., Sarkar, S., Marak, A.G., Bandyopadhyay, A., Bhadra, A. (2017). Spatial Interpolation of Reference Evapotranspiration in India: Comparison of IDW and Kriging Methods, *Journal of the Institution of Engineers (India): Series A, 98,* 511-524. DOI: 10.1007/s40030-017-0241-z

Hong Kong Environmental Protection Department. (1999). Hong Kong Air Quality Objectives, IAQ Objectives for Offices & Public Spaces (HKEPD). China.

Hussin, A., Salleh, E., Chan, H. Y., Mat, S. (2014). Thermal Comfort during Daily Prayer Times in an Air-Conditioned Mosque in Malaysia.

Hussin, A., Salleh, E., Chan, H. Y., Mat, S. (2015). The Reliability of Predicted Mean Vote Model Predictions in an Air-Conditioned Mosque during Daily Prayer Times in Malaysia, *Architectural Science Review, 58*(1), 67-76. DOI: 10.1080/00038628.2014.976538

Ibrahim, A.S., Shuhaimy, N.F.M., Bakar, A.A., Ariffin, N.A.M., Din, S.M., Paper, C., Aziah, N., Ariffin, M. (2012). The Effect of Landscape Design Elements and Mosque Design on the Thermal Environment of Main Prayer Hall: A Case Study of Tuanku Mizan Zainal Abidin Mosque, *Putrajaya. Umran 201: Green Wave,* 1–14.

Ibrahim, S.H., Baharun, A., Nawi, M.N.M., Junaidi, E. (2014). Assessment of Thermal Comfort in the Mosque in Sarawak, Malaysia, *International Journal of Energy and Environment, 5*(3), 327–334.

Institute of Environmental Epidemiology. (1996). *Guidelines for Good Indoor Air Quality in Office Premises, Ministry of the Environment*, Singapore.

Intenational Standards. (1998). *Ergonomics of the Thermal Environment — Instruments for Measuring Physical Quantities* (ISO 7726:1998).

Intenational Standards. (2001). E*rgonomics of the Thermal Environment — Vocabulary and Symbols* (ISO 13731:2001).

Intenational Standards. (2004) *Ergonomics of the Thermal Environment — Determination of Metabolic Rate* (ISO 8996:2004).

Intenational Standards. (2005). *Ergonomics of the Thermal Environment Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria. Management* (ISO 7730:2005).

Intenational Standards. (2005). *Ergonomics of the Thermal Environment — Application of International Standards to People with Special Requirements* (ISO/TS 14415:2005).

Intenational Standards. (2007) Ergonomics of the *Thermal Environment — Estimation of Thermal Insulation and Water Vapour Resistance of a Clothing Ensemble* (ISO 9920:2007).

Intenational Standards. (2008). *Building Environment Design — Indoor Air Quality — Methods of Expressing the Quality of Indoor Air for Human Occupancy* (ISO 16814:2008).

International Organization for Standardization. (2001). *Ventilation for Buildings—Design Criteria for the Indoor Environment* (CEN/CR 1752). Geneva, Switzerland.

International Organization for Standardization. (2005). *Ergonomics of the Thermal Environment–Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria* (EN 7730-2005). Brussels.

Isawa, K., Komizo, T., Shukuya, M. (2003). Human-Body exergy Consumption Varying with the Combination of Room Air and Mean Radiant Temperatures, *Journal of Environmental Engineering, 570,* 29-35.

Jaafar, R.K., Khalil, E.E., Abou-Deif, T.M. (2017). Numerical Investigations of Indoor Air Quality inside Al-Haram Mosque in Makkah, *Procedia Engineering, 205*, 4179-4186. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.175

Jeong, J. Y. (2008). Recently Issues on Indoor Air Quality in Korea, *KOSHA,* http://www.zyaura.com/quality/Archives/Recently%20issues%20on%2 Olndoor%20air%20quality%20in%20Korea[l].pdf, (Ziyaret tarihi: 2 Nisan 2022).

Jo, S., Hong, J., Lee, S. E., Ki, M., Choi, B. Y., Sung, M. (2019). Airflow Analysis of Pyeongtaek St Mary's Hospital during Hospitalization of the First Middle East Respiratory Syndrome Patient in Korea, *Royal Society Open Science, 6,* 3, 181164. DOI: 10.1098/rsos.181164

Kamar, M.H., Kamsah, N.B., Ghaleb, F.A., Alhamid, I.M. (2019). Enhancement of Thermal Comfort in a Large Space Building, *Alexandria Engineering Journal*, *58*(1), 49–65. DOI: 10.1016/j.aej.2018.12.011

Kang, C.S., Hyun, C.H., Park, M. (2015). Fuzzy Logic-Based Advanced on–off Control for Thermal Comfort in Residential Buildings. *Applied Energy, 155,* 270–283. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.05.119

Karjalainen, S. (2008). The Characteristics of Usable Room Temperature Control. *VTT Technical Research Centre of Finland, 662,* 133.

Kassim, N., Abdullah, N., Taib, Z.B.M. (2014). Decoration in Praying Hall of Mosque: A Review of Current Literature, *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 153,* 55–60. DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.10.040

Khalil, E.E. (2015). Numerical Investigations of Air Flow in Places of Worship, *53rd AIAA Aerospace Sciences Meeting,* 1–7. DOI: 10.2514/6.2015-1891

Kılıç, M., Mutlu, M., Saldamlı, İ.H. (2022). Hava Temizleme Cihazının Performansının Sayısal İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 37*(4), 2077-2090. DOI: 10.17341/gazimmfd.951560

Kilkis, B. (2009). A Dynamic Operative Temperature Sensor for Low-Exergy High Performance Buildings, *ASHRAE Transactions, 116*(2), 108-115.

Kilkis, B., Biyikoglu, A., Caglar, M., Sengul, M. (2022). Exergetic Impact of Low-Temperature Heating and HighTemperature Cooling Systems in Buildings to Reduce Global Warming in the Built Environment, ASHRAE, *International Building Decarbonization Conference Proc.,* Athens, Greece, 6-7 October 2022.

Korukçu, M. Ö., Kılıç, M. (2021). Isıl Konfor İçin Nesnelerin İnterneti Kullanımı, *Tesisat Mühendisliği, 2021(*187), 44-49.

Krarti, M. (2014). Analysis of Economical and Environmental Benefits of Promoting Energy Efficiency in Buildings: Case Study Kuwait *United Nations Development Account Project: Promoting Energy Efficiency Investments for Climate Change Mitigation and Sustainable Development.*

Kumar, P., Singh, A.B., Arora, T., Singh, S., Singh, R. (2023). Critical Review on Emerging Health Effects Associated with the Indoor Air Quality and its Sustainable Management, *Science of the Total Environment, 872,* 162163. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162163

Lazzer, S., Busti, C., Galli, R., Boniello, S., Agosti, F., Lafortuna, C., Sartorio, A. (2009). Physical Activity Ratios for Various Commonly Performed Sedentary and Physical Activities in Obese Adolescents, *Journal of Endocrinological Investigation, 32*(1), 79–82. DOI: 10.1007/BF03345684

Li, L., Zha, Y. (2018). Mapping Relative Humidity, Average and Extreme Temperature in Hot Summer Over China, *Science of the Total Environment, 615,* 875-881. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.022

Li, T., Zheng, X., Dai, Y., Yang, C., Chen, Z., Zhang, S., Wu, G., Wang, Z., Huang, C., Shen, Y., Liao, R. (2014). Mapping Near-Surface Air Temperature, Pressure, Relative Humidity and Wind Speed Over Mainland China with High Spatiotemporal Resolution, *Advances in Atmospheric Sciences, 31,* 1127-1135. DOI: 10.1007/s00376-014-3190-8

Lidelöw, S., Örn, T., Luciani, A., Rizzo, A. (2019). Energy-Efficiency Measures for Heritage Buildings: A Literature Review, *Sustainable Cities and Society, 45,* 231–242. DOI: 10.1016/j.scs.2018.09.029

Loftness, V., Hartkopf, V., Gurtekin, B., Carnegie, G., Hansen, D., Hitchcock, R. (2003). Linking Energy to Health and Productivity in the Built Environment Evaluating the Cost-Benefits of High Performance Building and Community Design for Sustainability, Health and Productivity. *In Proceedings of the Greenbuild International Conference and Expo,* USA, 12–14 November 2003.

Maharjan, S., Regmi, R.P. (2014). Grid Based Temperature and Relative Humidity Distribution Map of the Kathmandu Valley, *Journal of Institute of Science and Technology, 19*(1), 7-13.

Martínez-Molina, A., Tort-Ausina, I., Cho, S., Vivancos, J.L. (2016). Energy Efficiency and Thermal Comfort in Historic Buildings: A Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 61,* 70–85. DOI: 10.1016/j.rser.2016.03.018

Mata, T.M., Felgueiras, F., Martins, A.A., Monteiro, H., Ferraz, M.P., Oliveira, G.M., Gabriel, M.F., Silva, G.V. (2022). Indoor Air Quality in Elderly Centers: Pollutants Emission and Health Effects, *Environments, 9*(7), 86. DOI: 10.3390/environments9070086

Melikov, A.K., Ai, Z.T., Markov, D.G. (2020). Intermittent Occupancy Combined with Ventilation: An Efficient Strategy for the Reduction of Airborne Transmission Indoors, *Science of the Total Environment, 744,* 140908. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140908

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2022). https://mgm.gov.tr/, (Ziyaret tarihi: 29 Mayıs 2022).

Moghadam, T.T., Morales, C.O., Zambrano, M.L., Bruton, K., O'Sullivan, D.T.J. (2023). Energy Efficient Ventilation and Indoor Air Quality in the Context of COVID-19 - A Systematic Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 182, 113356. DOI: 10.1016/j.rser.2023.113356

Mousavi, S., Gheibi, M., Wacławek, S., Behzadian, K. (2023). A Novel Smart Framework for Optimal Design of Green Roofs in Buildings Conforming with Energy Conservation and Thermal Comfort, *Energy and Buildings, 291,* 113111. DOI: 10.1016/j.enbuild.2023.113111

Mushtaha, E., Helmy, O. (2017). Impact of Building Forms on Thermal Performance and Thermal Comfort Conditions in Religious Buildings in Hot Climates: A Case Study in Sharjah City, *International Journal of Sustainable Energy, 9*(1), 75-87. DOI: 10.1080/14786451.2015.1127234

Nair, A.N., Anand, P., George, A., Mondal, N. (2022). A Review of Strategies and Their Effectiveness in Reducing Indoor Airborne Transmission and Improving Indoor Air Quality, *Environmental Research, 213*, 113579. DOI: 10.1016/j.envres.2022.113579

Nicol, F., Humphreys, M., Roaf, S. (2012). *Adaptive Thermal Comfort: Principles and Practice*. Routledge.

Noman, F.G., Kamsah, N., Kamar, H.M. (2016). Improvement of Thermal Comfort Inside a Mosque Building, *Jurnal Teknologi, 78*(8–5), 9–18. DOI: 10.11113/jt.v78.9579

Ocak, Y., Kılıçvuran, A., Balkan E.A., Sofuoglu, A., Sofuoglu, S.C. (2012). Exposure to Particulate Matter in a Mosque, *Atmospheric Environment, 56,* 169–176. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2012.04.007

Prek, M., Butala, V. (2017). Comparison between Fanger's Thermal Comfort Model and Human Exergy Loss, *Energy, 138,* 228–237. DOI: 10.1016/j.energy.2017.07.045

Rant, Z. (1955). Energy Value and Pricing, *Strojniski Vestnik, 1*, 4-8.

Sadrizadeh, S., Yao, R., Yuan, F., Awbi, H., Bahnfleth, W., Bi, Y., ..., Li, B. (2022). Indoor Air Quality and Health in Schools: A Critical Review for Developing the Roadmap for the Future School Environment, *Journal of Building Engineering, 57*, 104908. DOI: 10.1016/j.jobe.2022.104908

Saeed, S.A.R. (1996). Thermal Comfort Requirements in Hot Dry Regions with Special Reference to Riyadh Part 2: For Friday Prayer, *International Journal of Ambient Energy, 17*(1), 17–21. DOI: 10.1080/01430750.1996.9675211

Saffari, M., De Gracia, A., Ushak, S., Cabeza, L. F. (2016). Economic Impact of Integrating PCM as Passive System in Buildings using Fanger Comfort Model, *Energy and Buildings, 112,* 159–172. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.12.006

Samsudin, L., Mohd, W., Din, Z., Zakaria, J., Latip, T., Lihan, A., Aziz, J., Samsudin, F. (2012). Measuring Air Quality using Lichen Mapping at Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) Campus, *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 59,* 635–643. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.09.324

Schaudienst, F., Vogdt, F.U. (2017). Fanger's Model of Thermal Comfort: A Model Suitable Just for Men?, *Energy Procedia, 132,* 129–134. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.09.658

Schibuola, L., Tambani, C. (2021). Performance Comparison of Heat Recovery Systems to Reduce Viral Contagion in Indoor Environments, *Applied Thermal Engineering, 190,* 116843. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2021.116843

Schweiker, M., Kolarik, J., Dovjak, M., Shukuya, M. (2016). Unsteady-State Human-Body Exergy Consumption Rate and its Relation to Subjective Assessment of Dynamic Thermal Environments, *Energy and Buildings, 116,* 164-180. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.01.002

Seppänen, O.A., Fisk, W.J. (2002a). Summary of Human Responses to Ventilation, *Lawrence Berkeley National Laboratory, 12,* 113–128.

Seppänen, O.A., Fisk, W.J. (2002b). Relationship of SBS-Symptoms and Ventilation System Type in Office Buildings, *Lawrence Berkeley National Laboratory,* LBNL-50046.

Seppänen, O.A., Fisk, W.J., Mendell, M. (1999). Association of Ventilation Rates and CO_2 Concentrations with Health and Other Responses in Commercial and Institutional Buildings. *Indoor Air, 9,* 226–252. DOI: 10.1111/j.1600-0668.1999.00003.x

Shrestha, M., Rijal, H.B., Kayo, G., Shukuya, M. (2021). A Field Investigation on Adaptive Thermal Comfort in School Buildings in the Temperate Climatic Region of Nepal, *Building and Environment, 190,* 107523. DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.107523

Shukuya, M. (1994). Energy, Entropy, Exergy and Spcae Heating Systems, *Healty Buildings, 1,* 369-374.

Shukuya, M. (2006). Comfortable High-Performance and Low-Exergy Built Environment, *In International-Energy-Agency Programme on Energy Conservation in Buildings & Community Systems Conference (IEA/ECBCS)*, Lyon, France, 893-898.

Shukuya, M. (2012). *Exergy: Theory and Applications in the Built Environment*. Springer Science & Business Media. DOI: 10.1007/978-1-4471-4573-8

Shukuya, M., Hammache, A. (2002). Introduction to the Concept of Exergy-For a Better Understanding of Low-Temperature-Heating and High-Temperature-Cooling Systems, *U.S. Department of Energy,* VTT-TIED-2158, 58.

Simone, A., Kolarik, J., Iwamatsu, T., Asada, H., Dovjak, M., Schellen, L., Shukuya, M., Olesen, B.W. (2011). A Relation Between Calculated Human Body Exergy Consumption Rate and Subjectively Assessed Thermal Sensation, *Energy and Buildings, 43*(1), 1-9. DOI: 10.1016/j.enbuild.2010.08.007

Śmiełowska, M., Marć, M., Zabiegała, B. (2017). Indoor Air Quality in Public Utility Environments — A Review, *Environmental Science and Pollution Research, 24*(12), 11166–11176. DOI: 10.1007/s11356-017-8567-7

Smieszek, T., Lazzari, G., Salathé, M. (2019). Assessing the Dynamics and Control of Droplet-and Aerosol-Transmitted Influenza Using an Indoor Positioning System, *Scientific Reports, 9*(1), 2185. DOI: 10.1038/s41598-019-38825-y

Stegou-Sagia, A., Antonopoulos, K., Angelopoulou, C., Kotsiovelos, G. (2007). The Impact of Glazing on Energy Consumption and Comfort, *Energy Conversion and Management, 48*(11), 2844–2852. DOI: 10.1016/j.enconman.2007.07.005

Su, X., Yuan, Y., Wang, Z., Liu, W., Lan, L., Lian, Z. (2023). Human Thermal Comfort in Non-Uniform Thermal Environments: A Review, *Energy and Built Environment,* DOI: 10.1016/j.enbenv.2023.06.012

Takahashi, H. (1979). Exergy, *Applied Physics, 48*(8), 49-54.

Tanabe, S., Kimura, K. (1994). Effects of Air Temperature, Humidity, and Air Movement on Thermal Comfort Under Hot and Humid Conditions, *ASHRAE transactions, 100*(2), 953-969.

Tang, H., Al-Ajmi, D. (2005). Introduction to Air Pollution and Air Quality Management, *Environment and Urban Development Division Kuwait Institute for Scientific Research.*

TEC Green Office. (1997). *Indoor Air Quality Guidelines for Sydney Olympic Facilities,* Sydney, Australia.

The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. (1998). *A Reference Note on Occupational Exposure Limits for Chemical Substances in the Work Environment, Occupational Safety and Health Branch* (HKSAR), The Labour Department, China.

The National Health and Medical Research Council. (1996). *Goals for Maximum Permissible Levels of Pollutants in Indoor Air: Interim National Indoor Air Quality Goals* (NHMRC). Australia.

The National Ocupational Health and Safety Commission. (1995). *Exposure Standards for Atmospheric Contaminants in the Occupational Environment, Worksafe* (NOHSC). Australia.

Trade Supplies. (2022). https://www.underfloorheatingtradesupplies.co.uk/blog/efficient-underfloor-heating/, (Ziyaret tarihi: 2 Nisan 2022).

Tseliou, A., Tsiros, I.X., Lykoudis, S., Nikolopoulou, M. (2010). An Evaluation of Three Biometeorological Indices for Human Thermal Comfort in Urban Outdoor Areas

Under Real Climatic Conditions. *Building and Environment, 45*(5), 1346–1352. DOI: 10.1016/j.buildenv.2009.11.009

U.S. Department of Energy. (2022). *EnergyPlus™ Version 22.1.0 Documentation, Engineering Reference (eBook).* Amerika Birleşik Devletleri.

URL-1: https://www.worldometers.info/coronavirus/country/turkey/#gra ph-cases-daily, (Ziyaret tarihi: 3 Ocak 2022).

URL-2: https://stratejigelistirme.diyanet.gov.tr/ sayfa/57/istatistikler, (Ziyaret tarihi: 2 Nisan 2022).

URL-3: https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/112514/mod_resource/content/0/8. hafta. ÖRNEKLEME YÖNTEMLERİ.pdf, (Ziyaret tarihi: 12 Nisan 2022).

URL-4: https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification, (Ziyaret tarihi: 12 Mayıs 2022).

URL-5: https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCne%C5%9F_geometrisi#cite_note-1, (Ziyaret tarihi: 17 Haziran 2022).

URL-6: https://weatherspark.com/y/96001/Average-Weather-in-Yalova-Turkey-Year-Round, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2022).

URL-7: https://www.islamicfinder.org/world/turkey/47588146/eski-prayer-times/?langu age =en, (Ziyaret tarihi: 2 Nisan 2022).

URL-8: https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=87127#:~:text=HAVA İHTİYACI,saatte 2-3 defa değişir, (Ziyaret tarihi: 12 Nisan 2022).

Varzaneh, E.H., Amini, M., Reza B.M. (2014). Impact of Hot and Arid Climate on Architecture (Case Study: Varzaneh Jame Mosque), *Procedia Engineering, 94*, 25–32. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.10.010

Vellei, M., Herrera, M., Fosas, D., Natarajan, S. (2017). The Influence of Relative Humidity on Adaptive Thermal Comfort, *Building and Environment, 124*, 171-185. DOI: 10.1016/j.buildenv.2017.08.005

Wang, Z. (2006). A Field Study of the Thermal Comfort in Residential Buildings in Harbin, *Building and Environment, 41*(8), 1034–1039. DOI: 10.1016/j.buildenv.2005.04.020

Wargocki, P., Wyon, D. P. (2007). The Effects of Moderately Raised Classroom Temperatures and Classroom Ventilation Rate on the Performance of Schoolwork by Children (RP-1257), *HVAC and R Research, 13*(2), 193–220. DOI: 10.1080/10789669.2007.10390951

World Health Organization (WHO). (2000). *Air Quality Guidelines for Europe 2000*, (2nd Edition), WHO Regional Publications, European Series, N.91, Regional Office for Europe, Copenhagen.

Wu, D., Lu, J., Liu, Y., Zhang, Z., Luo, L. (2020). Positive Effects of COVID-19 Control Measures on Influenza Prevention, *International Journal of Infectious Diseases, 95,* 345–346. DOI: 10.1016/j.ijid.2020.04.009

Wu, Y., Zhang, Z., Liu, H., Li, B., Chen, B., Kosonen, R., Jokisalo, J. (2023). Age Differences in Thermal Comfort and Physiological Responses in Thermal Environments with Temperature Ramp, *Building and Environment, 228,* 109887. DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109887

Yao, R., Feng, Y., Miller, A. (2000). The Use of Earth Tube System As a Means of Improving Indoor Thermal Comfort in South China, *In World Renewable Energy Congress VI.* Brighton, UK, 1–7 July 2000.

Yaşar, Y., Pehlevan, A., Altıntaş, E. (2007). İlköğretim Dersliklerinde Termal Konfor Araştırması. *VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi,* İzmir, Türkiye, 25-28 Ekim 2007.

Yilmaz, M., Tiryakioglu, I. (2018). The Astronomical Orientation of the Historical Grand Mosques in Anatolia (Turkey), *Archive for History of Exact Sciences, 72*(6), 565–590. DOI: 10.1007/s00407-018-0215-1

You, M. Q. (2013). Comments on China's New Ambient Air Quality Standards, *Applied Mechanics and Materials, 361–363,* 850–853. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.361-363.850

Yu, W., Li, B., Yao, R., Wang, D., Li, K. (2017). A Study of Thermal Comfort in Residential Buildings on the Tibetan Plateau, China, *Building and Environment, 119,* 71–86. DOI: 10.1016/j.buildenv.2017.04.009

Yüksel, A., Arıcı, M., Krajčík, M., Civan, M., Karabay, H. (2021a). A Review on Thermal Comfort, Indoor Air Quality and Energy Consumption in Temples, *Journal of Building Engineering, 119,* 71-86. DOI: 10.1016/j.jobe.2020.102013

Yüksel, A., Arıcı, M., Krajčík, M., Civan, M., Karabay, H. (2021b). Survey of the Effects of a New Type of Covid-19 Epidemic on Energy Consumption in Mosques. *23rd Congress on Thermal Science and Technology with International Participation (ULIBTK 2021),* Gaziantep, Türkiye, 8-10 Eylül 2021.

Yüksel, A., Arıcı, M., Krajčík, M., Civan, M., Karabay, H. (2023). Developing a Strategy to Reduce Energy Consumption and CO_2 Emissions from Underfloor Heating Systems in Mosques: A Case Study of a Typical Neighbourhood Mosque, *Energy and Buildings, 287,* 112984. DOI: 10.1016/j.enbuild.2023.112984

Yüksel, A., Arıcı, M., Krajčík, M., Karabay, H. (2020). Experimental Investigation of Thermal Comfort and CO_2 Concentration in Mosques: A Case Study in Warm Temperate Climate of Yalova, Turkey, *Sustainable Cities and Society, 52,* 101809. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101809

Zhang, J., Lu, J., Deng, W., Beccarelli, P., Lun, I.Y.F. (2023). Thermal Comfort Investigation of Rural Houses in China: A Review, *Building and Environment, 235,* 110208. DOI: 10.1016/j.buildenv.2023.110208

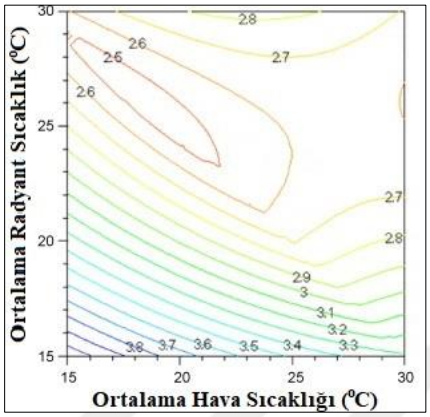
Zhang, X., Wargocki, P., Lian, Z., Thyregod, C. (2017). Effects of Exposure to Carbon Dioxide and Bioeffluents on Perceived Air Quality, Self-Assessed Acute Health Symptoms, and Cognitive Performance, *Indoor Air, 27,* 47–64. DOI: 10.1111/ina.12284

Zhou, J., Zhang, X., Xie, J., Liu, J. (2023). Occupant's Preferred Indoor Air Speed in Hot-Humid Climate and its Influence on Thermal Comfort, *Building and Environment, 229,* 109933. DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109933

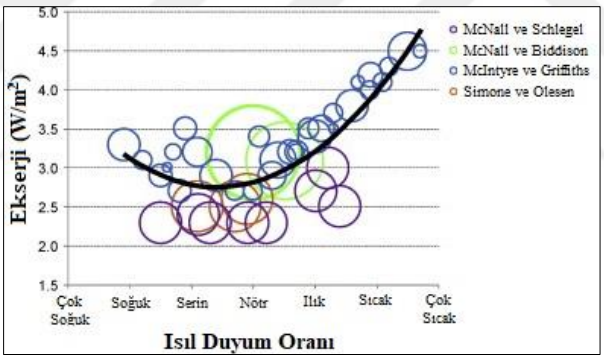
EKLER

Ek-A

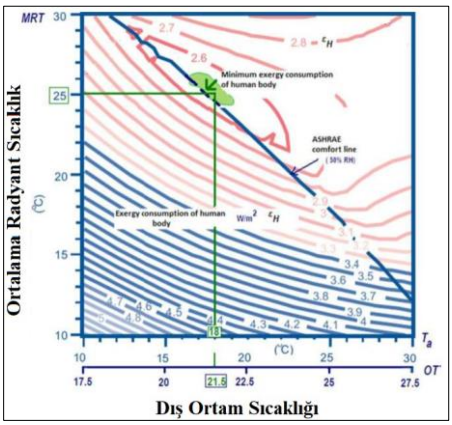
Operatif Sıcaklık, Radyant Sıcaklık ve Bağıl Neme Bağlı Isıl Duyum ve İnsan Vücudu Ekserji Tüketimi Arasındaki İlişki



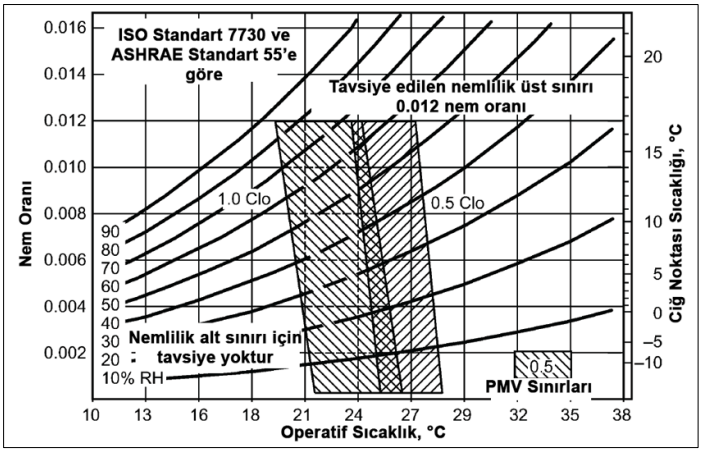
Şekil A.1. Ortalama iç ortam ve radyant sıcaklıkların bir fonksiyonu olarak insan vücudu ekserji tüketim oranı (W/m^2) (Simone ve diğ., 2011)



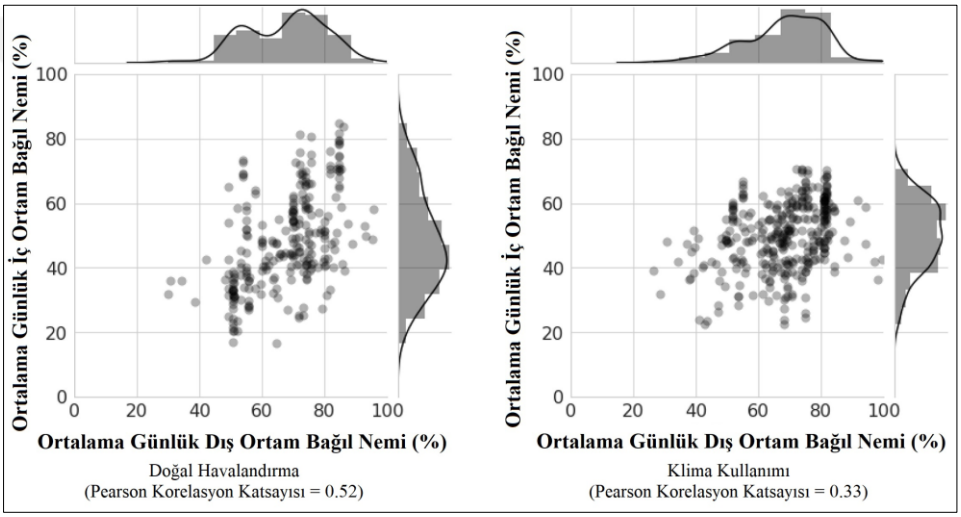
Şekil A.2. Isıl duyum oranının bir fonksiyonu olarak insan vücudunun ekserji tüketim oranı (Simone ve diğ., 2011)



Şekil A.3. İnsan vücudunun ekserji tüketim oranı (Shukuya, 2012; Erten ve Kılkış, 2022)



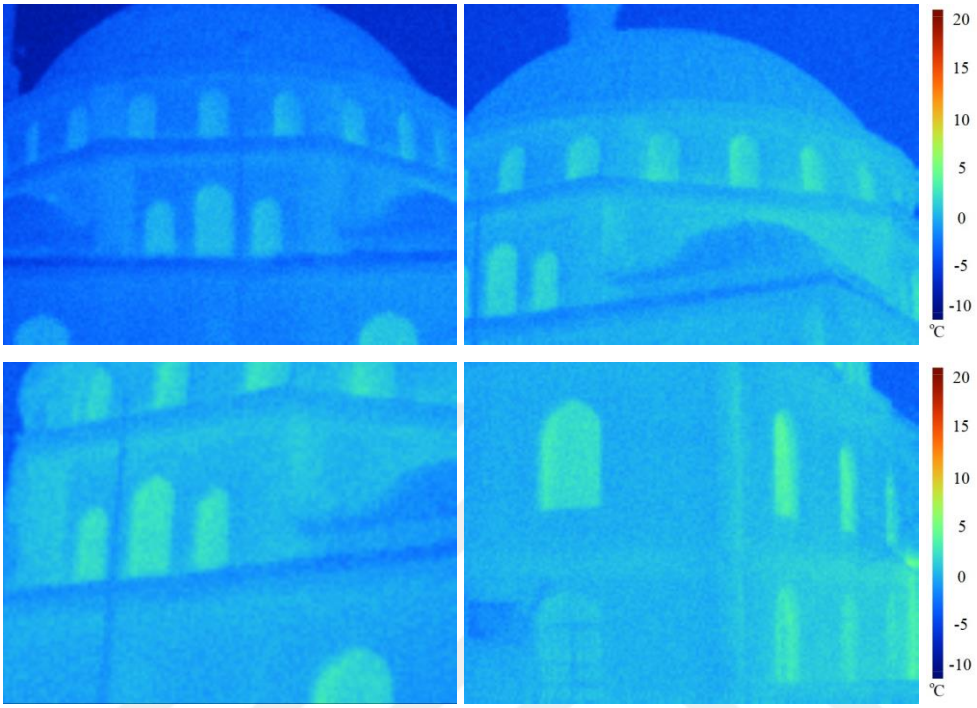
Şekil A.4. Kış ve yaz ayları için ısıl konfor bölgeleri (Evren ve Kılkış, 2015)



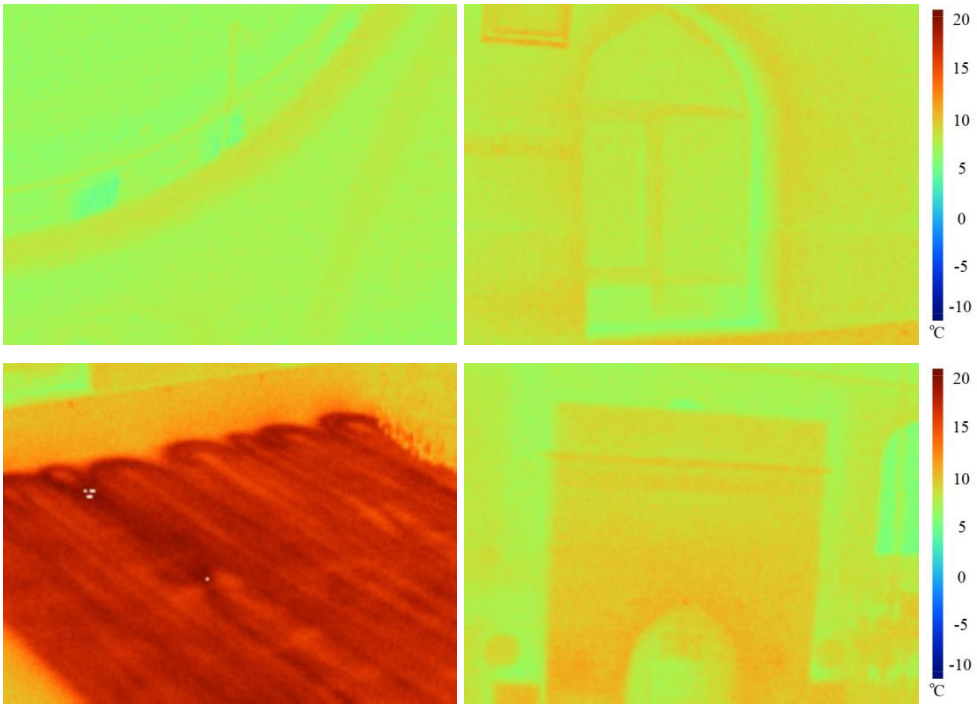
Şekil A.5. Ortalama iç ve dış ortam bağıl nemi arasındaki ilişki (Vellei ve diğ., 2017)

Ek-B

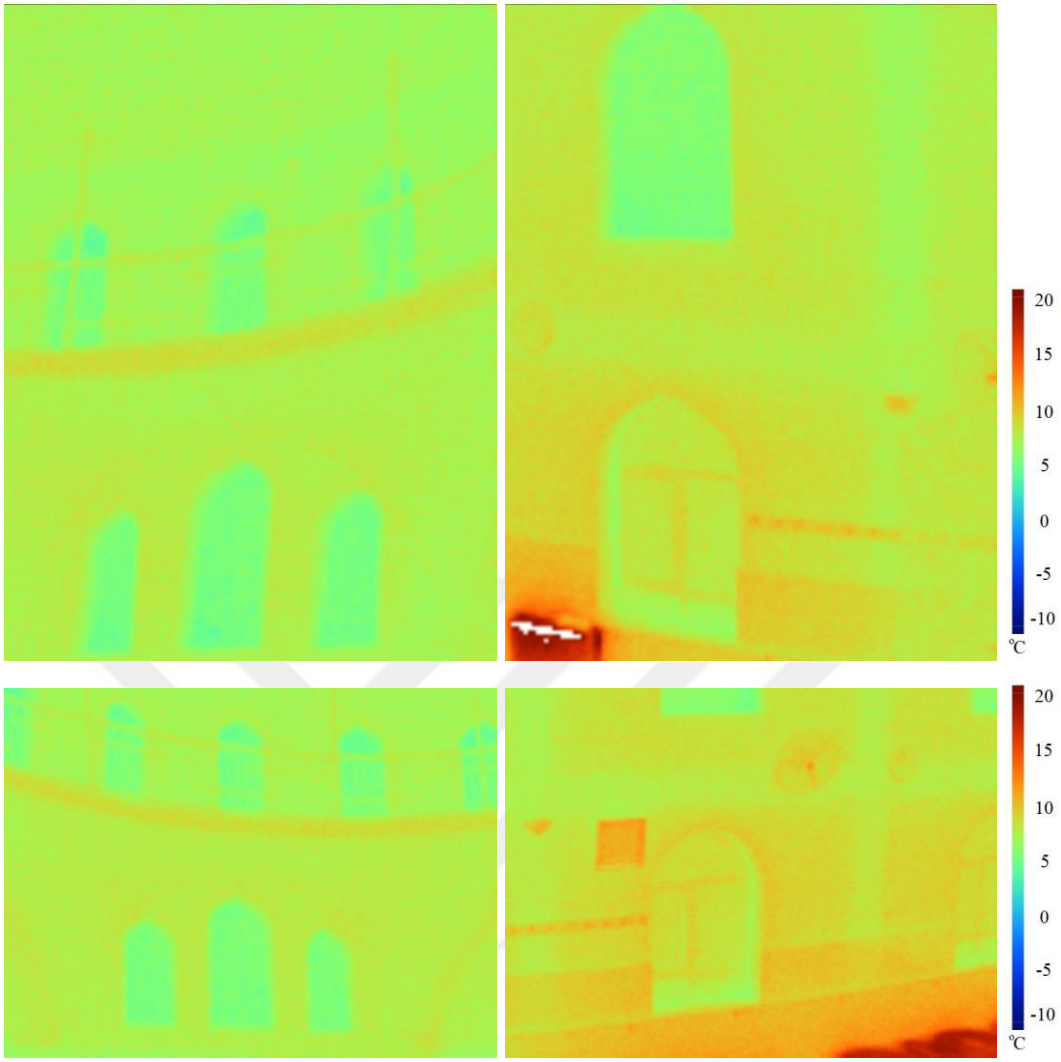
Bir Kış Gününde Çekilen Isı Kamerası Görüntüleri



Şekil B.1. Caminin dış yüzey sıcaklık dağılımını gösteren ısı kamerası görüntüleri



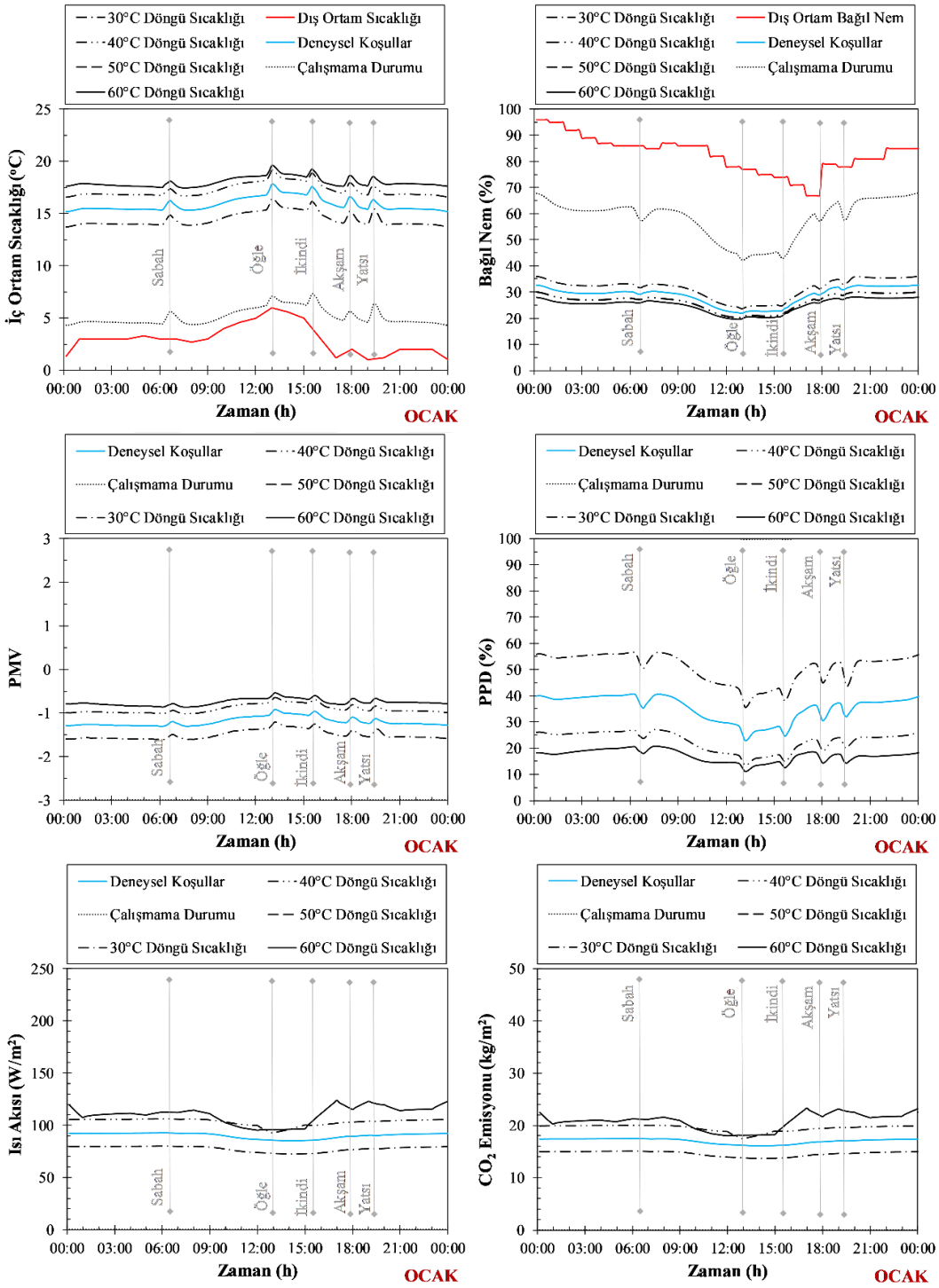
Şekil B.2. Caminin iç yüzey sıcaklık dağılımını gösteren ısı kamerası görüntüleri



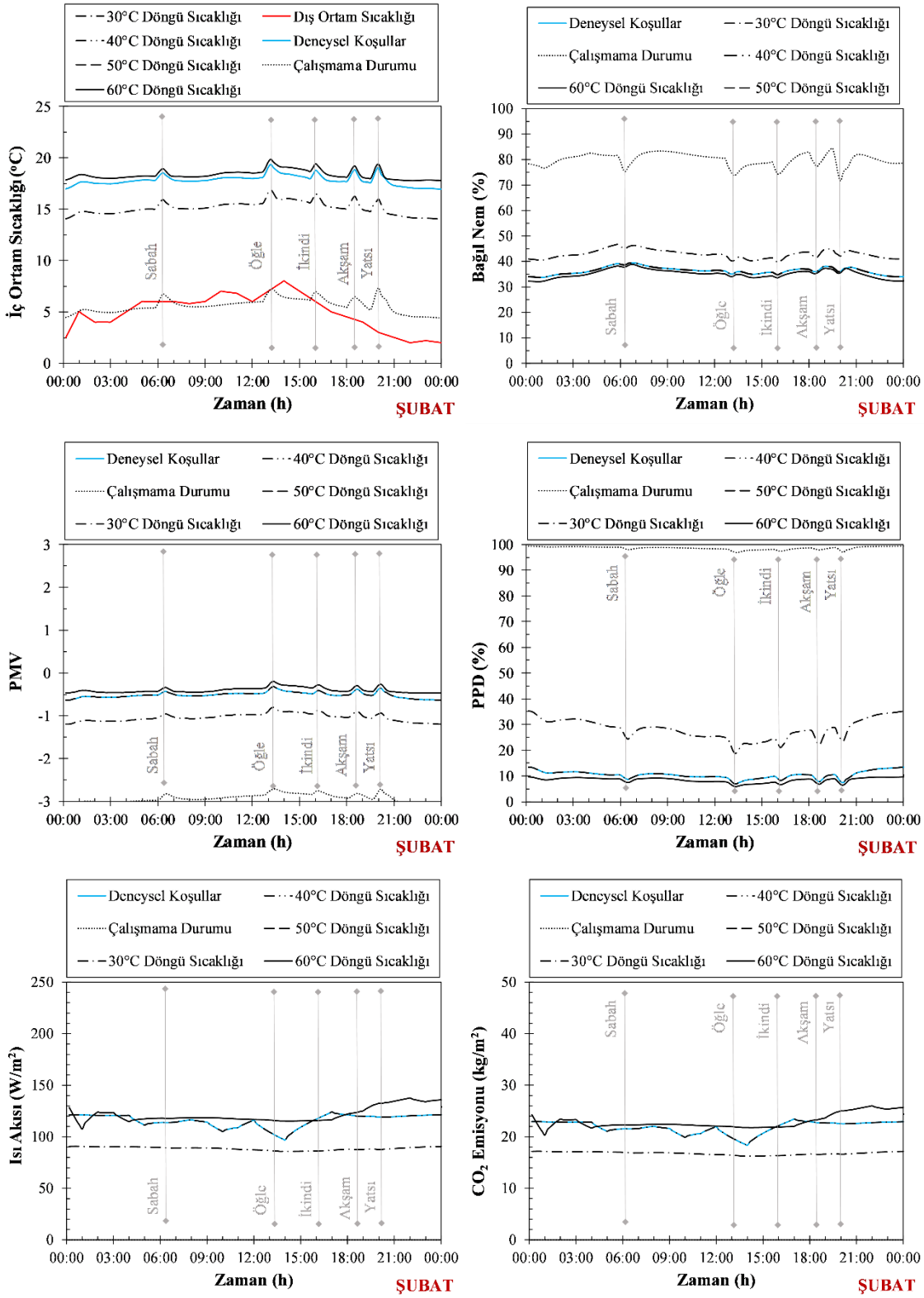
Şekil B.2. (Devam) Caminin iç yüzey sıcaklık dağılımını gösteren ısı kamerası görüntüleri

Ek-C

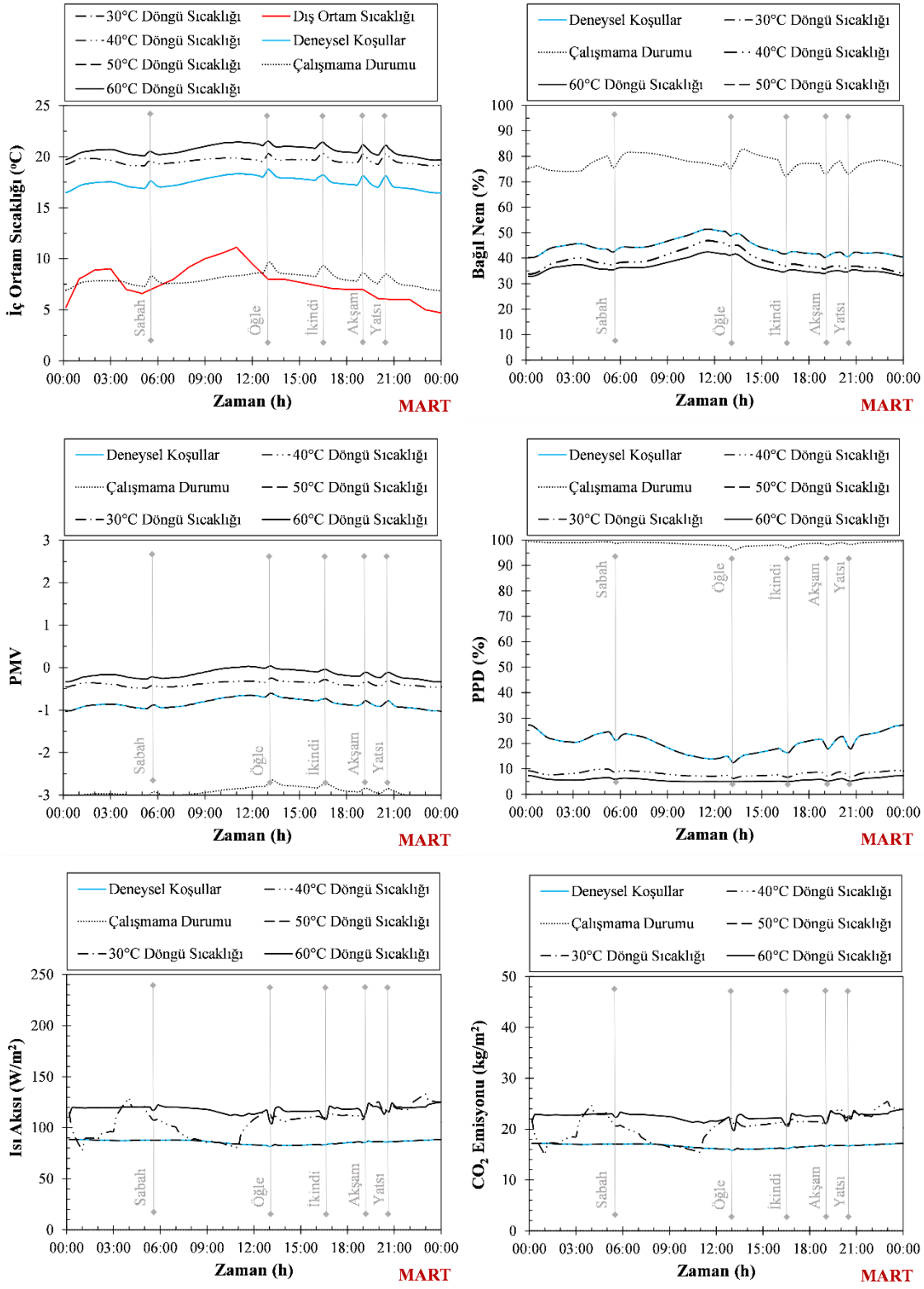
Kış Aylarında Elde Edilen Senaryo-I için Isıl Konfor, Zemindeki Isı Akısı ve CO_2 Salımı



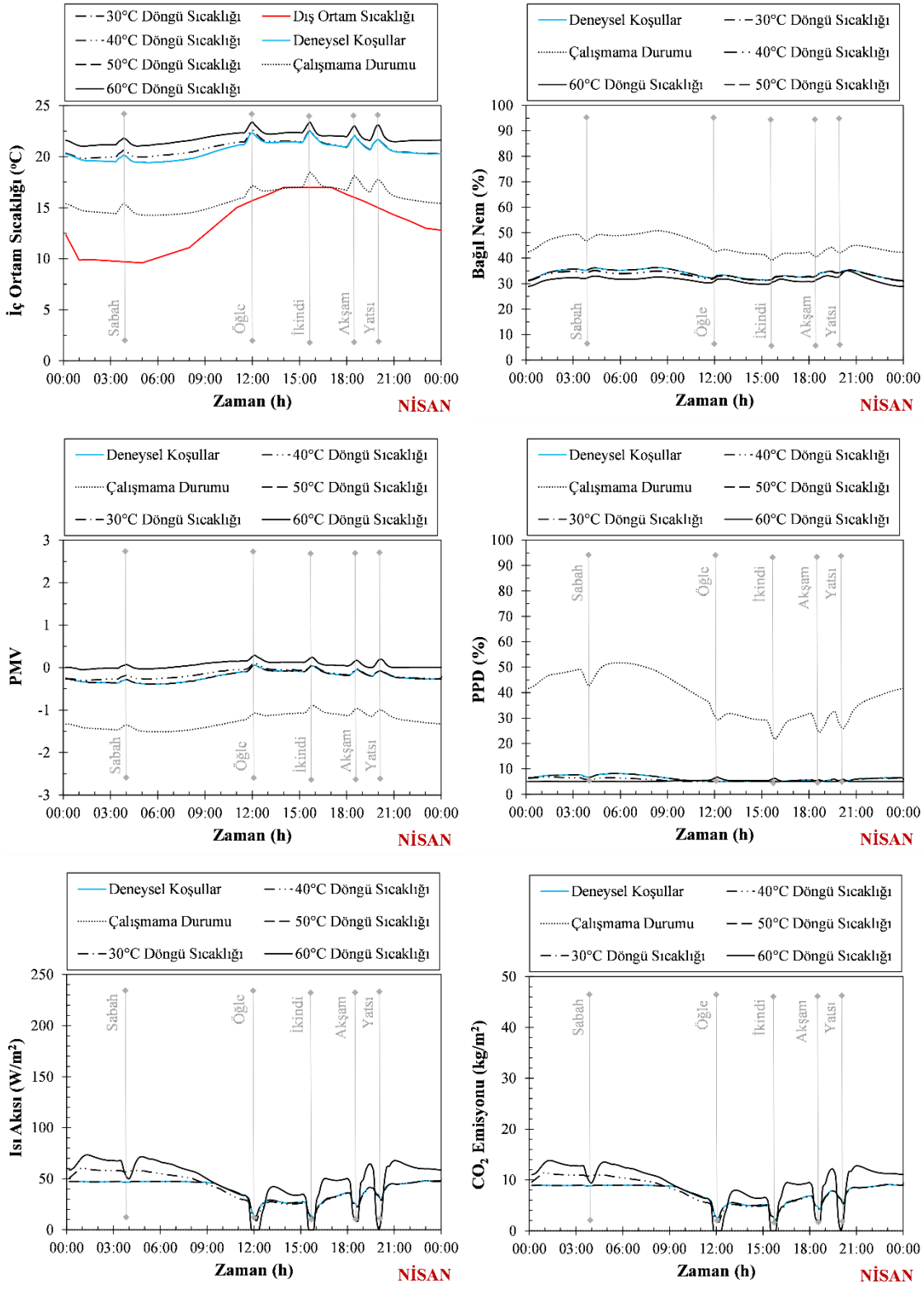
Şekil C.1. Ocak ayında elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



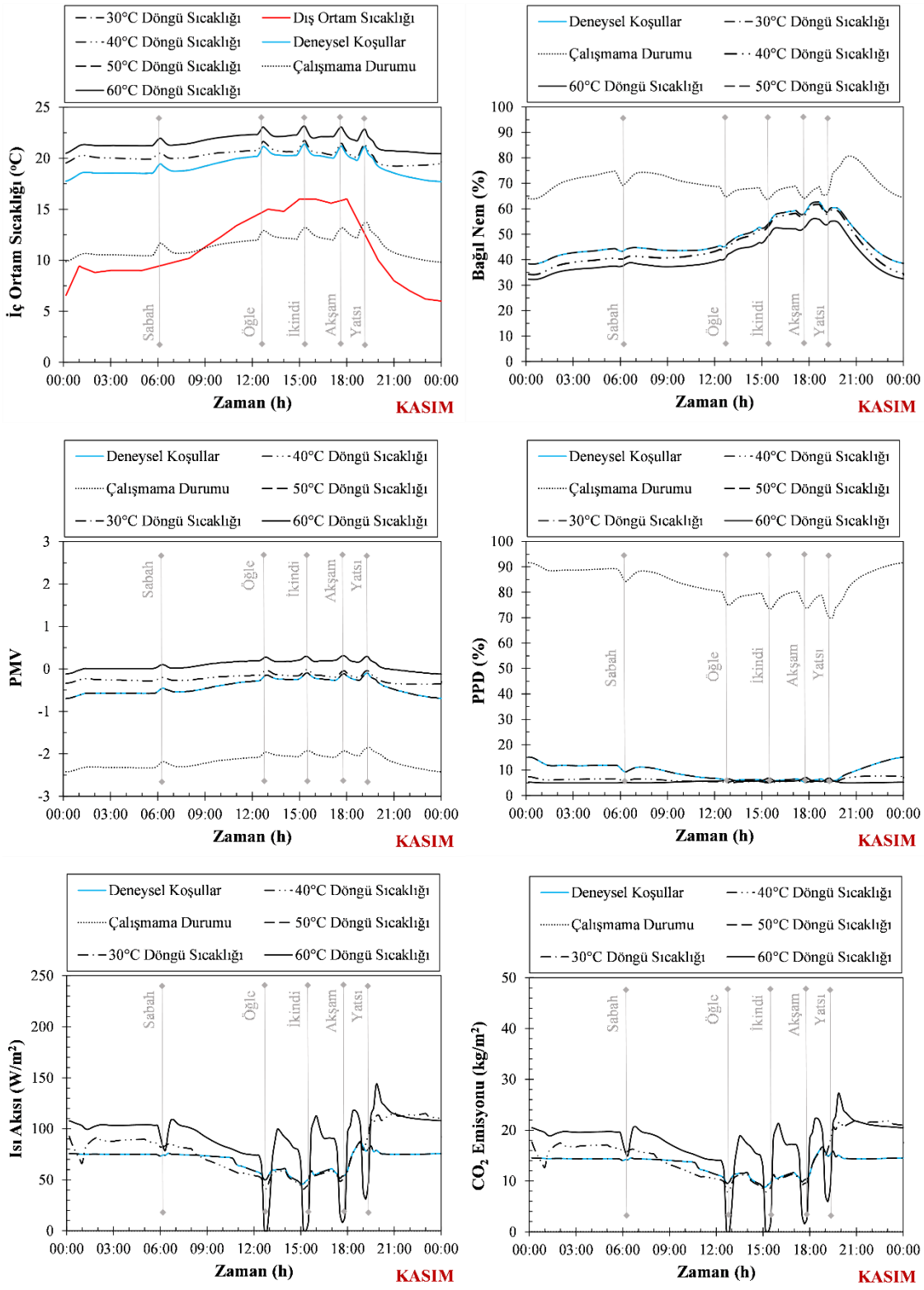
Şekil C.2. Şubat ayında elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



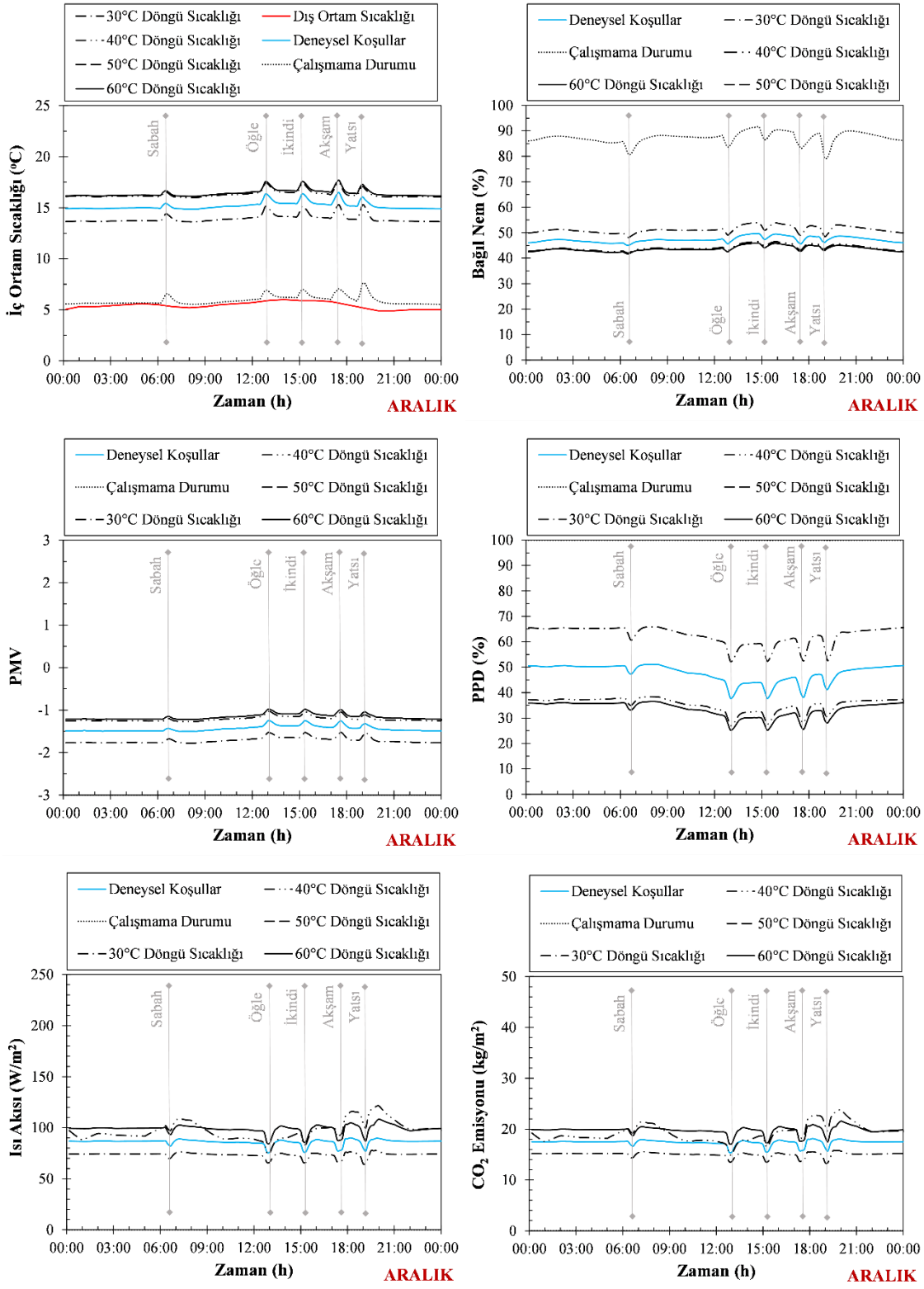
Şekil C.3. Mart ayında elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.4. Nisan ayında elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.5. Kasım ayında elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.6. Aralık ayında elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

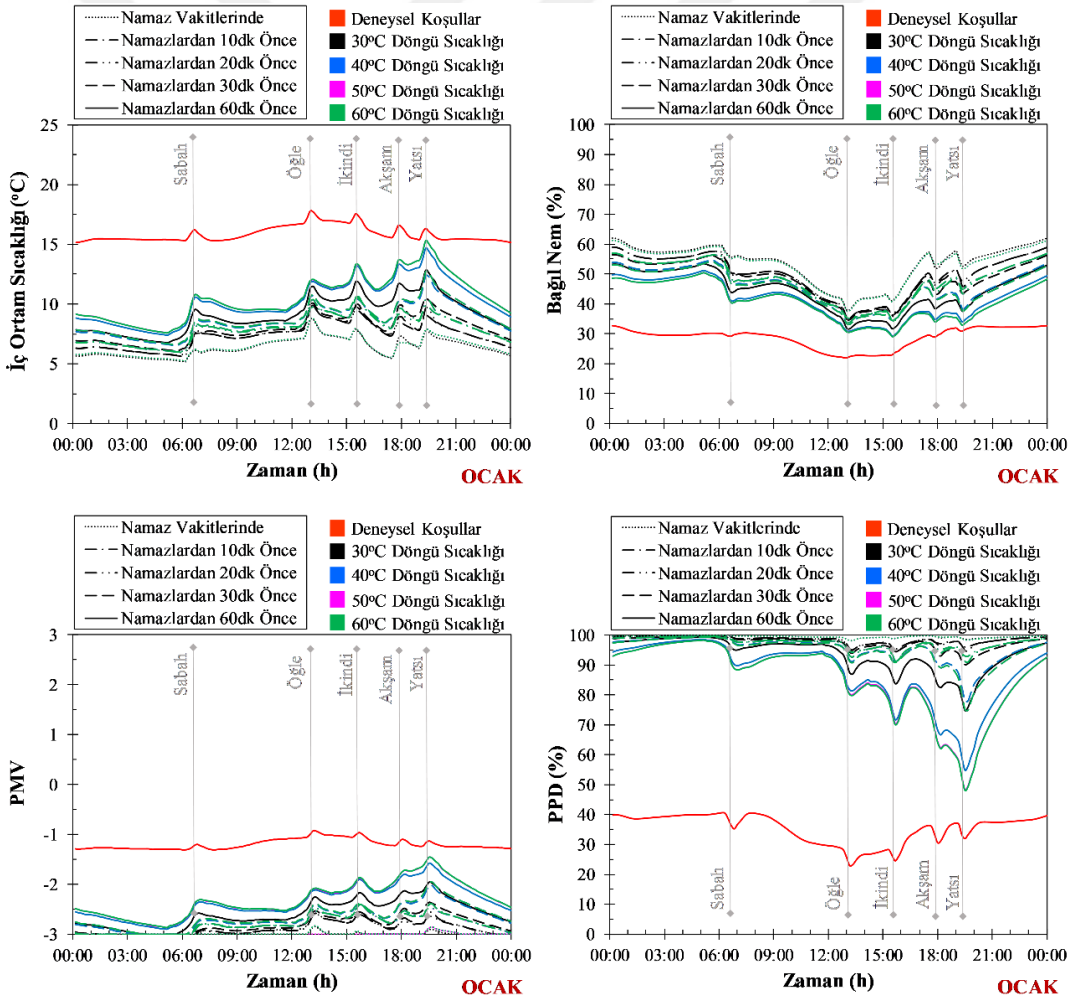
Tablo C.1. Kış aylarında elde edilen Senaryo-I için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

Aylar	Parametreler	Deneysel SSDS	30ºC OSSDS	40ºC OSSDS	50ºC OSSDS	60ºC OSSDS	Çalışmama
Ocak	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	17.5	16.2	18.4	18.7	19.3	7.3
	BN (%)	37	40	35	34	33	71
	ORS (ºC)	18.5	17.1	19.4	19.7	20.2	7.7
	ÇS (ºC)	18.0	16.6	18.9	19.2	19.8	7.5
	PMV	-0.8	-1.1	-0.6	-0.6	-0.5	-2.9
	PPD (%)	23	34	16	13.4	12.4	94.8
	DT (kWh/gün)	253	217	277	287	300	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	383	329	420	435	454	N/A
Şubat	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	17.8	15.5	17.8	18.6	19.1	6.2
	BN (%)	29	34	29	28	27	59
	ORS (ºC)	19.4	17.0	19.3	20.3	21.7	6.6
	ÇS (ºC)	18.6	16.3	18.6	19.4	19.9	6.48
	PMV	-0.52	-0.96	-0.52	-0.35	-0.26	-2.83
	PPD (%)	16	32	16	10	10	88
	DT (kWh/gün)	322	255	322	349	362	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	488	387	488	529	549	N/A
Mart	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	18.0	18.0	20.2	20.5	20.9	9.1
	BN (%)	37	37	33	32	31	66
	ORS (ºC)	19.8	19.8	22.1	22.3	22.8	9.8
	ÇS (ºC)	18.9	18.9	21.2	21.4	21.8	9.5
	PMV	-0.7	-0.7	-0.2	-0.2	-0.1	-2.6
	PPD (%)	20	20	8	7	7	87
	DT (kWh/gün)	245	245	306	313	326	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	373	373	465	474	495	N/A
Nisan	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	19.9	19.9	20.5	20.6	21.3	14.8
	BN (%)	40	40	38	38	37	54
	ORS (ºC)	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	15.8
	ÇS (ºC)	20.5	20.5	21.2	21.3	21.9	15.4
	PMV	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.02	-1.4
	PPD (%)	13	13	9	9	8	44
	DT (kWh/gün)	119	119	133	135	152	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	181	181	202	205	230	N/A
Kasım	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	19.4	19.4	20.4	20.6	21.5	11.9
	BN (%)	43	43	41	40	38	65
	ORS (ºC)	20.8	20.8	21.9	22.1	23.0	12.3
	ÇS (ºC)	20.1	20.1	21.2	21.3	22.3	12.1
	PMV	-0.4	-0.4	-0.2	-0.1	0.1	-2.1
	PPD (%)	11	11	7	7	6	74
	DT (kWh/gün)	207	207	238	241	268	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	313	313	360	365	406	N/A

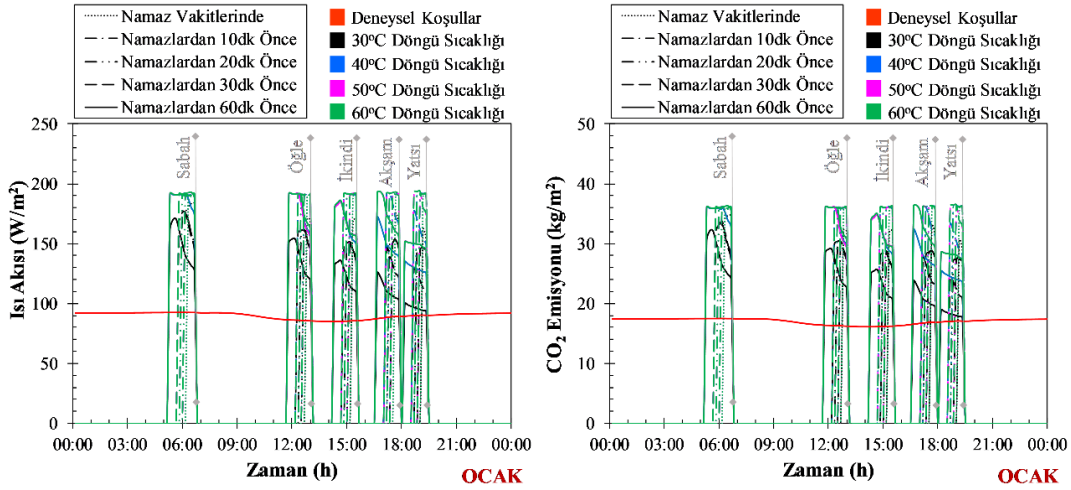
Tablo C.1. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-I için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

Aylar	Parametreler	Deneysel SSDS	30ºC OSSDS	40ºC OSSDS	50ºC OSSDS	60ºC OSSDS	Çalışmama
	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	17.2	16.2	17.8	17.9	18.7	8.7
	BN (%)	45	48	44	44	41	74
	ORS (ºC)	18.5	17.4	19.1	19.2	20.1	9.0
Aralık	ÇS (ºC)	17.9	16.8	18.5	18.5	19.4	8.9
	PMV	-0.96	-1.20	-0.84	-0.82	-0.63	-2.88
	PPD (%)	27	38	21	21	16	95
	DT (kWh/gün)	244	213	261	264	287	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	372	326	398	403	437	N/A

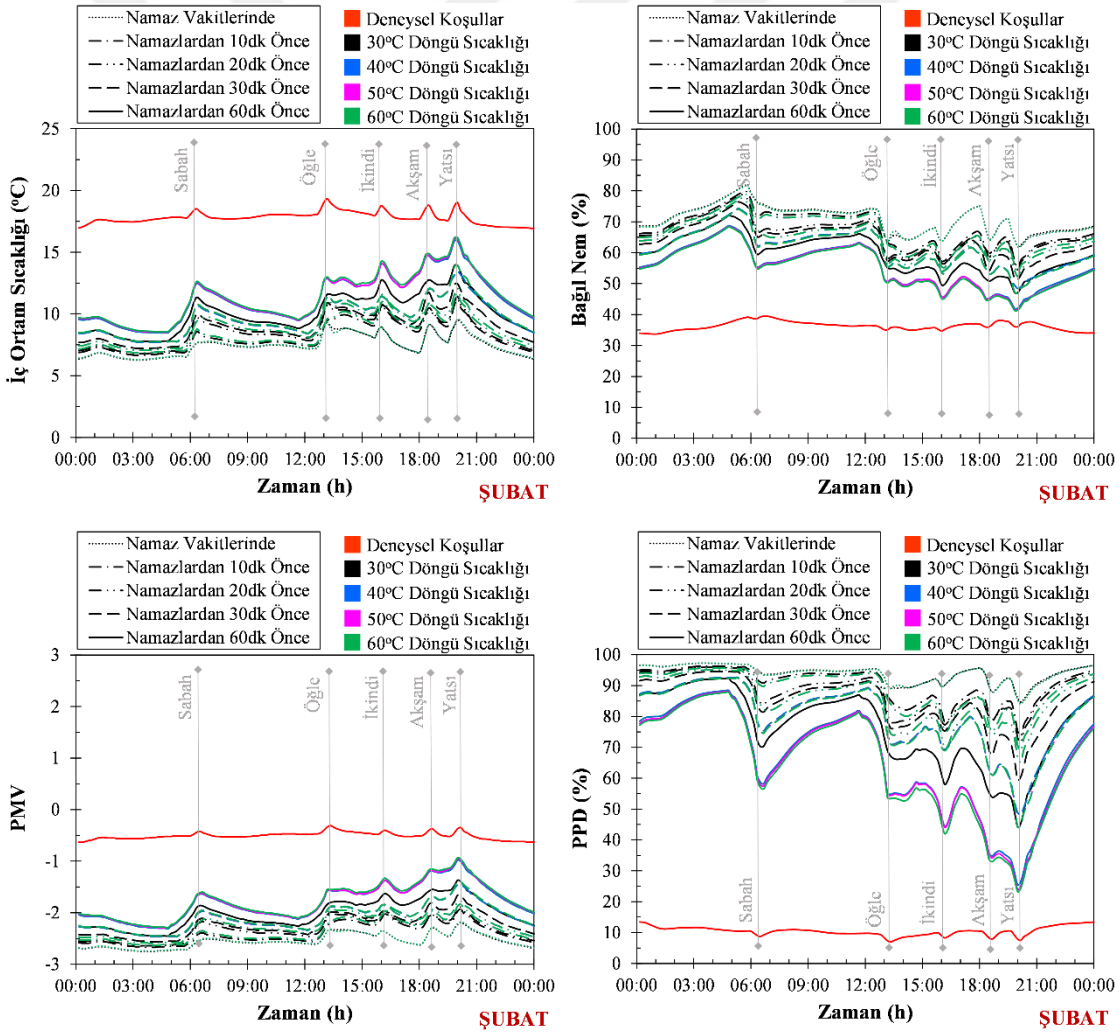
Kış Aylarında Elde Edilen Senaryo-II için Isıl Konfor, Zemindeki Isı Akısı ve CO_2 Salımı



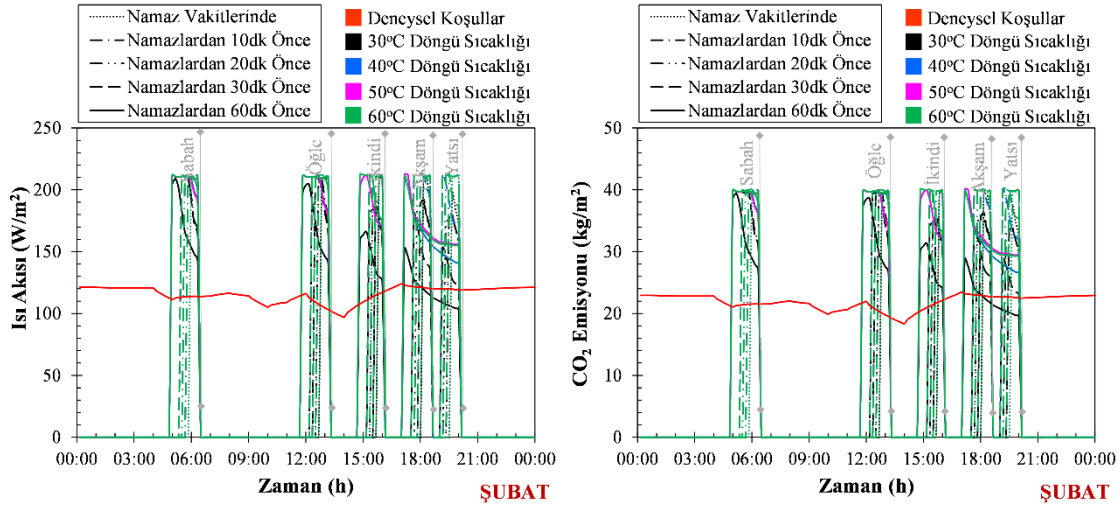
Şekil C.7. Ocak ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



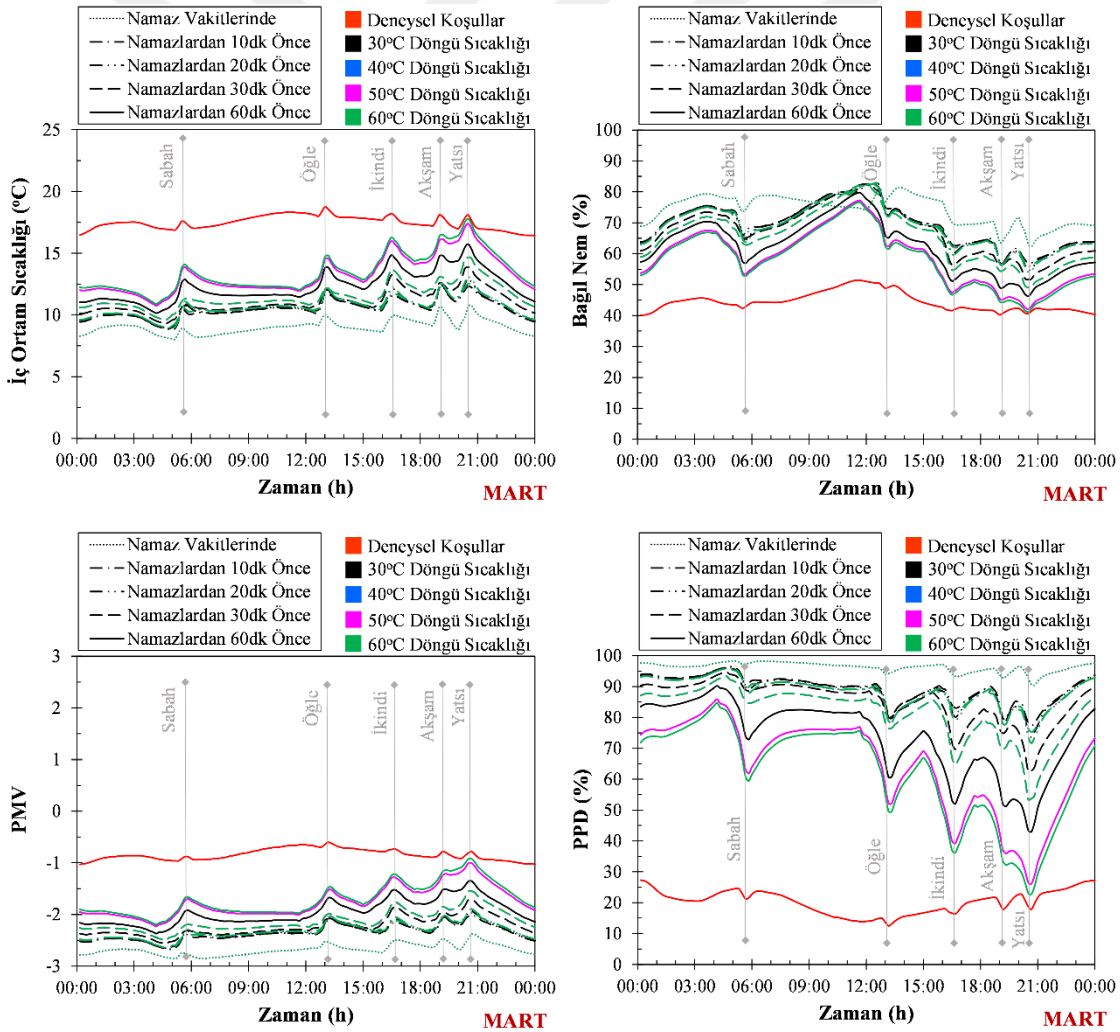
Şekil C.7. (Devam) Ocak ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



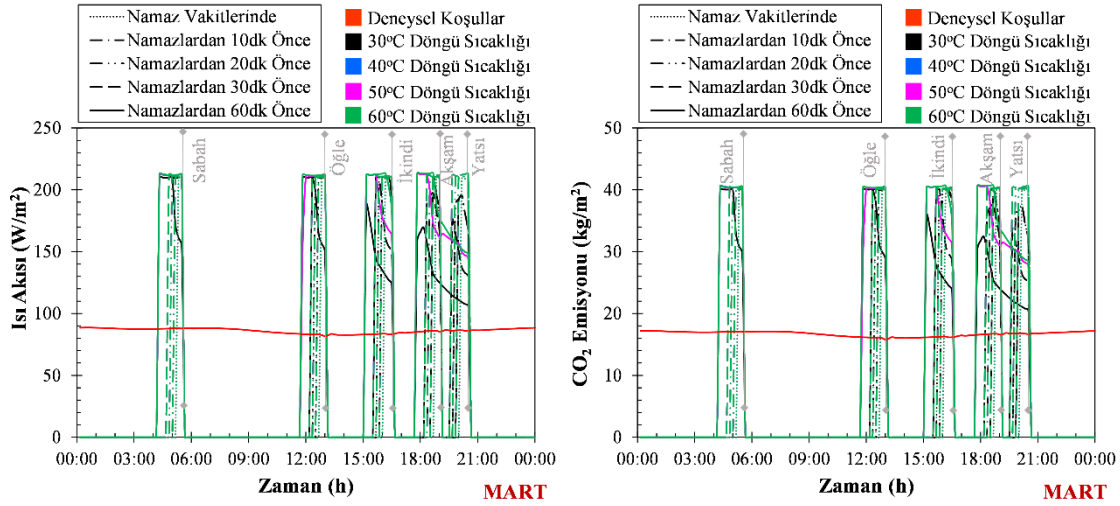
Şekil C.8. Şubat ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



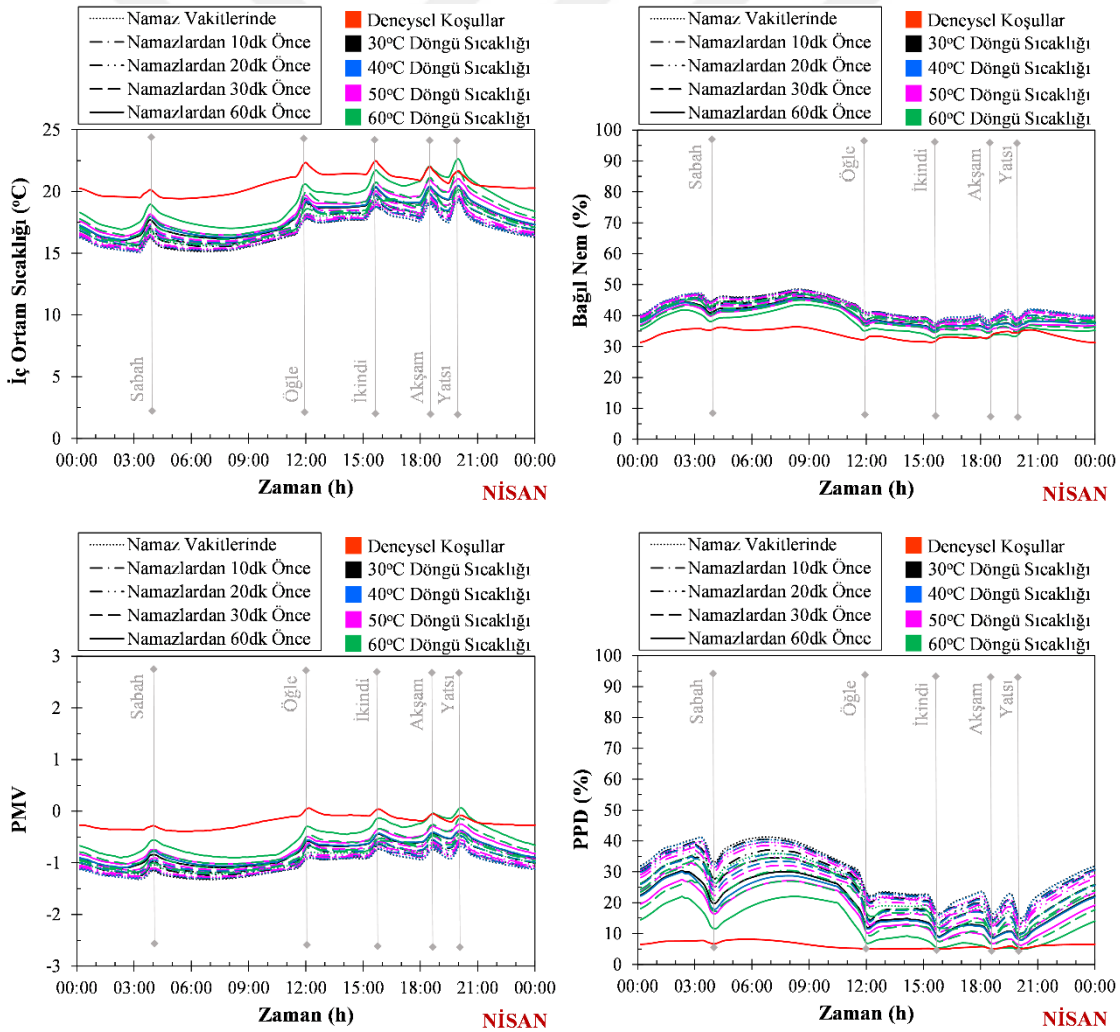
Şekil C.8. (Devam) Şubat ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



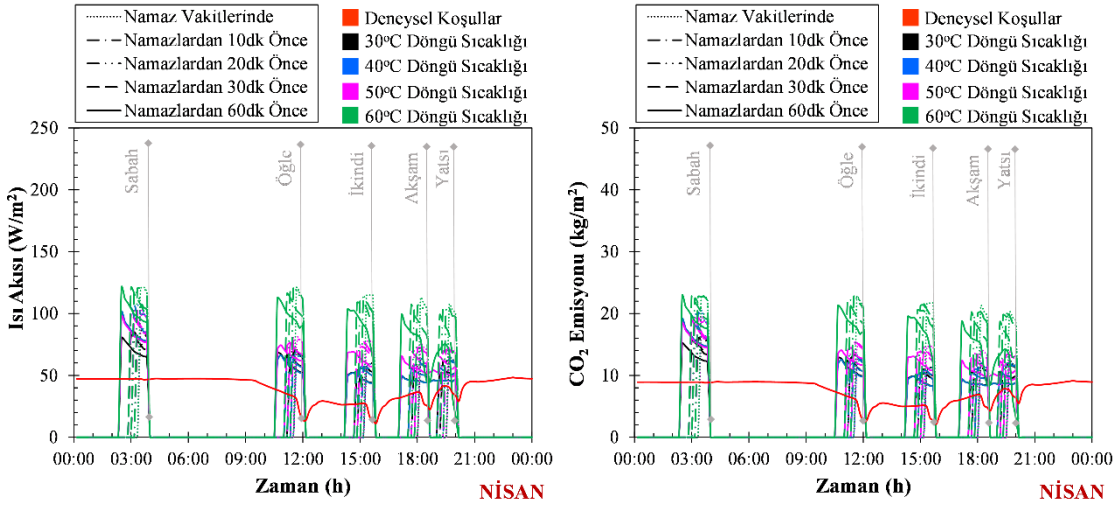
Şekil C.9. Mart ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



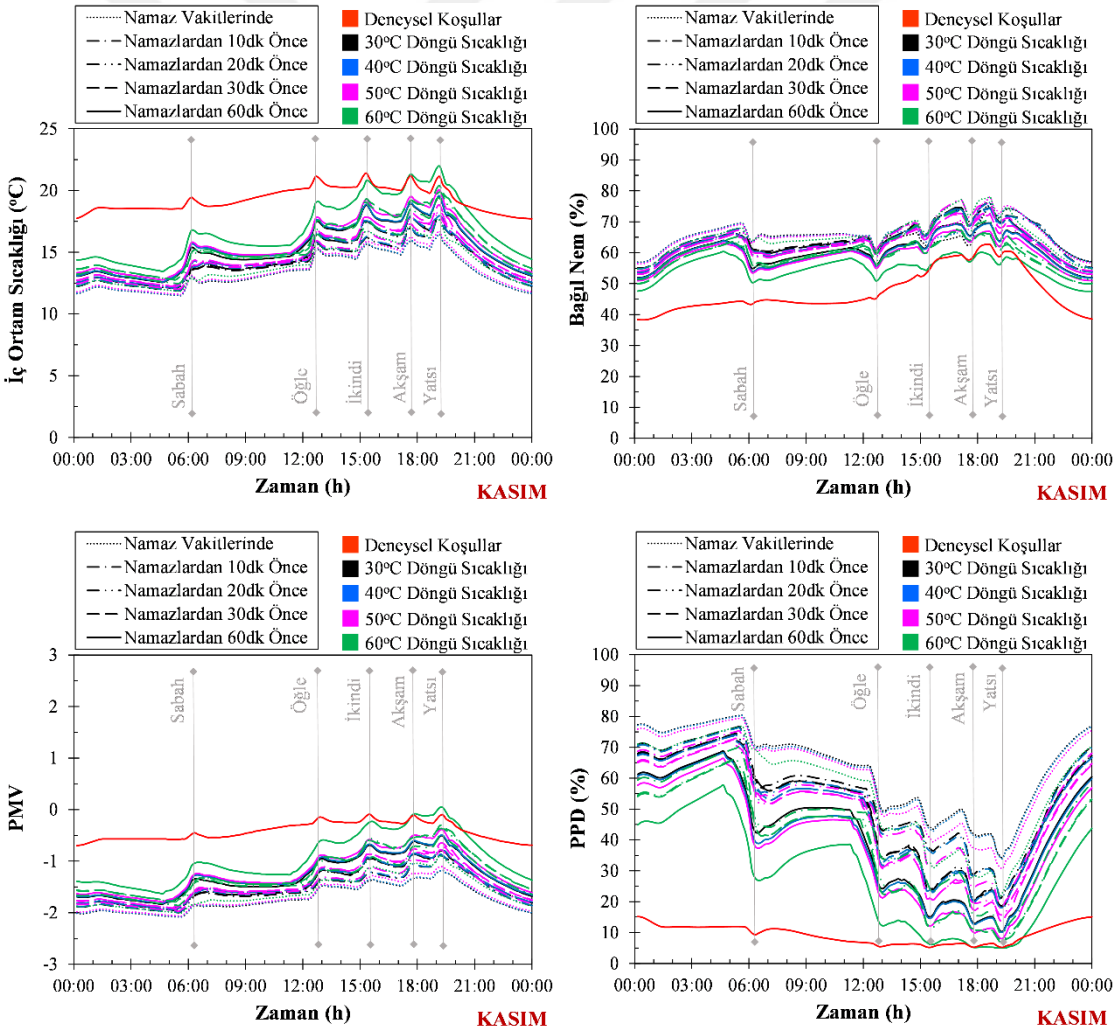
Şekil C.9. (Devam) Mart ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



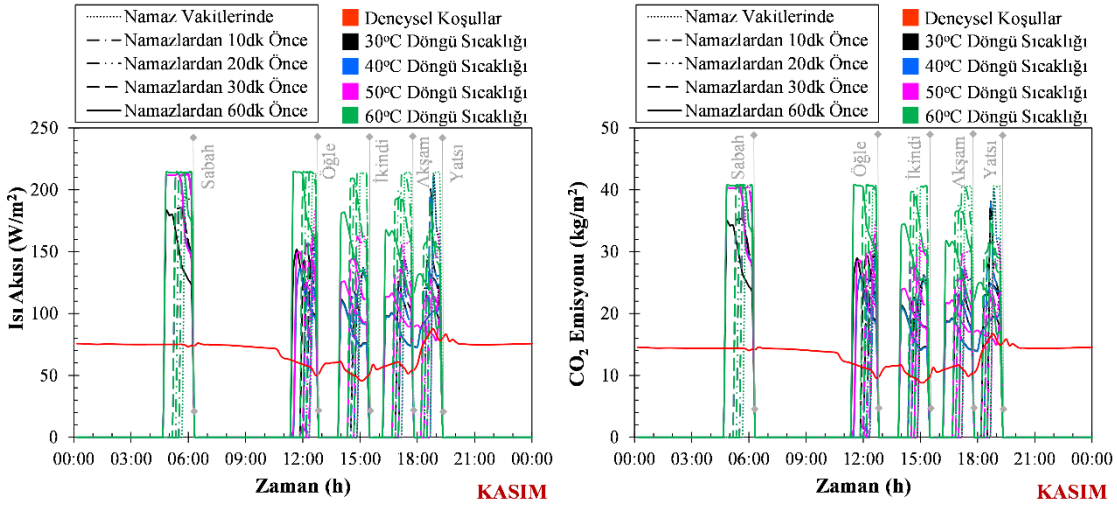
Şekil C.10. Nisan ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



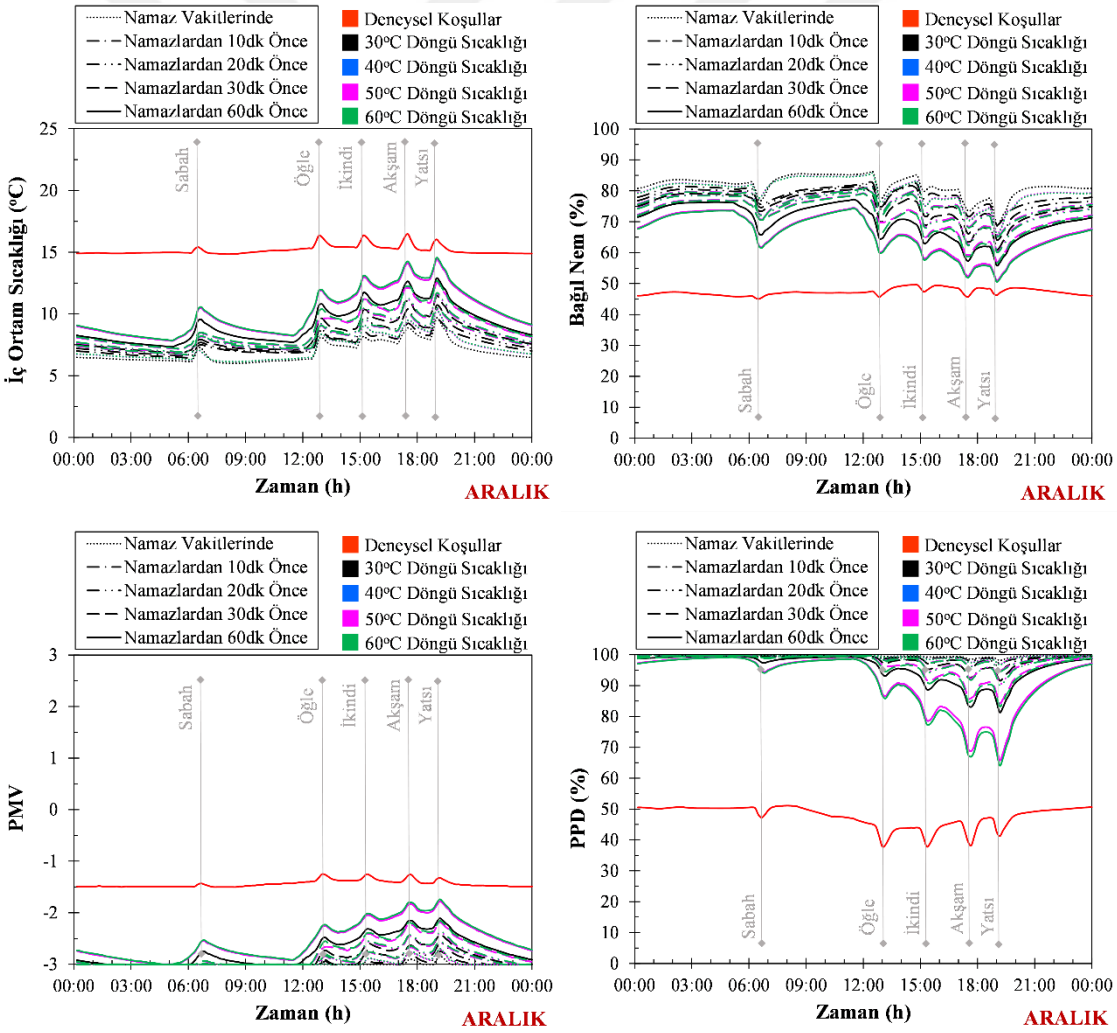
Şekil C.10. (Devam) Nisan ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



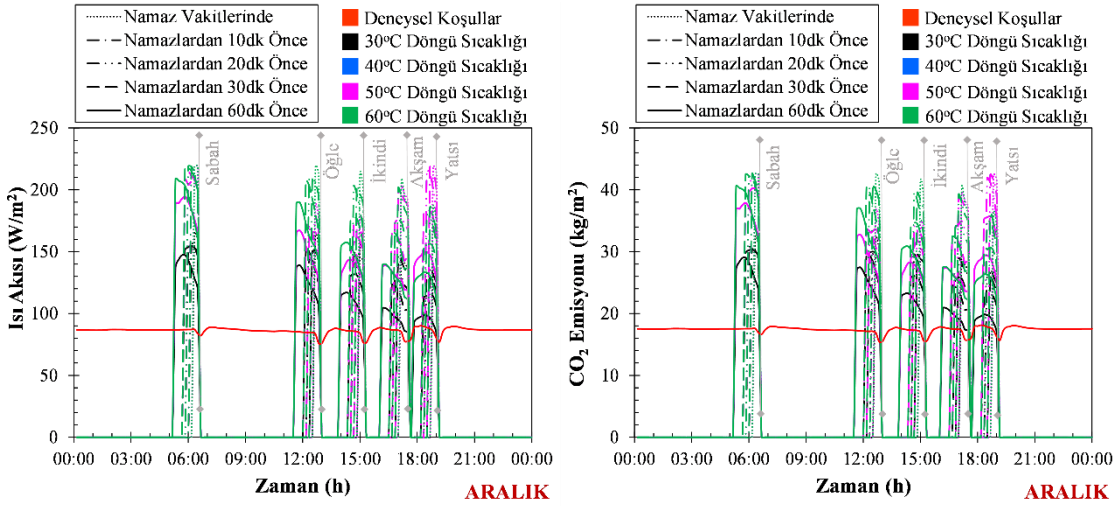
Şekil C.11. Kasım ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.11. (Devam) Kasım ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.12. Aralık ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.12. (Devam) Aralık ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Tablo C.2. Kış aylarında elde edilen Senaryo-II için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

OCAK

OSSDS	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
Deneysel	DHS (°C)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (°C)	8.6	9.8	9.9	10.4	11.7
	BN (%)	65	60	60	58	53
	ORS (°C)	9.2	10.5	10.5	11.1	12.5
	ÇS (°C)	8.9	10.1	10.2	10.8	12.1
	PMV	-2.6	-2.4	-2.4	-2.3	-2.0
	PPD (%)	90	84	84	80	71
	DT (kWh/gün)	41	55	73	85	117
	CO_2 salımı (kg/gün)	62	83	110	129	177
30°C	DHS (°C)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (°C)	8.5	9.5	9.5	10.0	11.1
	BN (%)	65	61	61	59	55
	ORS (°C)	9.1	10.1	10.2	10.7	11.9
	ÇS (°C)	8.8	9.8	9.8	10.4	11.5
	PMV	-2.7	-2.5	-2.5	-2.4	-2.1
	PPD (%)	91	86	86	83	76
	DT (kWh/gün)	37	47	63	74	100
	CO_2 salımı (kg/gün)	56	72	95	112	152
40°C	DHS (°C)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (°C)	8.7	9.9	10.0	10.6	12.0
	BN (%)	65	60	59	57	52
	ORS (°C)	9.2	10.6	10.6	11.3	12.8
	ÇS (°C)	9.0	10.3	10.3	11.0	12.4
	PMV	-2.6	-2.4	-2.4	-2.2	-2.0
	PPD (%)	90	84	83	79	69
	DT (kWh/gün)	42	58	76	90	126
	CO_2 salımı (kg/gün)	63	87	115	136	191

Tablo C.2. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-II için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

OCAK

OSSDS	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
50ºC	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	8.7	9.9	10.0	10.6	12.1
	BN (%)	65	60	59	57	52
	ORS (ºC)	9.2	10.6	10.6	11.3	12.9
	ÇS (ºC)	9.0	10.3	10.3	11.0	12.5
	PMV	-2.6	-2.4	-2.4	-2.2	-1.9
	PPD (%)	90	84	83	79	69
	DT (kWh/gün)	42	58	76	91	128
	CO_2 salımı (kg/gün)	63	88	115	137	194
60ºC	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	8.7	10.1	10.1	10.8	12.4
	BN (%)	64	59	59	56	51
	ORS (ºC)	9.3	10.8	10.8	11.6	13.2
	ÇS (ºC)	9.0	10.4	10.5	11.2	12.8
	PMV	-2.6	-2.3	-2.3	-2.2	-1.9
	PPD (%)	89	82	82	77	66
	DT (kWh/gün)	43	62	81	97	137
	CO_2 salımı (kg/gün)	66	93	123	147	207

ŞUBAT

OSSDS	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
Deneysel	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	8.0	8.8	9.3	10.0	11.5
	BN (%)	55	52	50	48	44
	ORS (ºC)	8.8	9.7	10.3	11.1	12.7
	ÇS (ºC)	8.4	9.3	9.8	10.5	12.1
	PMV	-2.4	-2.3	-2.2	-2.1	-1.8
	PPD (%)	79	75	73	69	60
	DT (kWh/gün)	58	77	96	112	154
	CO_2 salımı (kg/gün)	87	116	146	170	233
30ºC	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	8.0	8.6	9.1	9.5	10.6
	BN (%)	55	52	51	49	46
	ORS (ºC)	8.7	9.5	10.0	10.5	11.7
	ÇS (ºC)	8.3	9.1	9.5	10.0	11.2
	PMV	-2.5	-2.3	-2.2	-2.1	-1.9
	PPD (%)	80	77	75	72	66
	DT (kWh/gün)	55	70	87	98	128
	CO_2 salımı (kg/gün)	84	107	131	148	194
40ºC	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	8.0	8.8	9.3	10.0	11.5
	BN (%)	55	52	50	48	44
	ORS (ºC)	8.8	9.7	10.3	11.1	12.7
	ÇS (ºC)	8.4	9.3	9.8	10.5	12.1
	PMV	-2.4	-2.3	-2.2	-2.1	-1.8
	PPD (%)	79	75	73	69	60
	DT (kWh/gün)	58	77	96	112	154
	CO_2 salımı (kg/gün)	87	116	146	170	233

Tablo C.2. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-II için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

ŞUBAT						
OSSDS	**Parametreler**	**Namaz vakitlerinde**	**10 dk önce**	**20 dk önce**	**30 dk önce**	**60 dk önce**
50ºC	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	8.0	8.8	9.4	10.0	11.6
	BN (%)	55	52	50	48	43
	ORS (ºC)	8.8	9.8	10.3	11.1	12.8
	ÇS (ºC)	8.4	9.3	9.9	10.6	12.2
	PMV	-2.4	-2.3	-2.2	-2.0	-1.7
	PPD (%)	79	75	73	69	59
	DT (kWh/gün)	58	77	97	113	159
	CO_2 salımı (kg/gün)	88	117	147	172	241
60ºC	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	8.1	9.0	9.6	10.3	12.0
	BN (%)	54	51	49	47	42
	ORS (ºC)	8.9	9.9	10.6	11.4	13.2
	ÇS (ºC)	8.5	9.5	10.1	10.8	12.6
	PMV	-2.4	-2.3	-2.1	-2.0	-1.7
	PPD (%)	79	74	71	67	57
	DT (kWh/gün)	61	82	103	121	170
	CO_2 salımı (kg/gün)	92	124	156	184	258
MART						
OSSDS	**Parametreler**	**Namaz vakitlerinde**	**10 dk önce**	**20 dk önce**	**30 dk önce**	**60 dk önce**
Deneysel	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	10.0	11.4	11.4	11.9	13.1
	BN (%)	62	57	57	55	51
	ORS (ºC)	11.0	12.5	12.6	13.1	14.5
	ÇS (ºC)	10.5	11.9	12.0	12.5	13.8
	PMV	-2.4	-2.1	-2.1	-2.0	-1.8
	PPD (%)	83	75	75	71	62
	DT (kWh/gün)	50	66	86	97	128
	CO_2 salımı (kg/gün)	76	100	130	147	194
30ºC	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	10.0	11.4	11.4	11.9	13.1
	BN (%)	62	57	57	55	51
	ORS (ºC)	11.0	12.5	12.6	13.1	14.5
	ÇS (ºC)	10.5	11.9	12.0	12.5	13.8
	PMV	-2.4	-2.1	-2.1	-2.0	-1.8
	PPD (%)	83	75	75	71	62
	DT (kWh/gün)	50	66	86	97	128
	CO_2 salımı (kg/gün)	76	100	130	147	194
40ºC	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	10.1	11.5	11.6	12.3	13.9
	BN (%)	62	57	56	54	49
	ORS (ºC)	11.0	12.6	12.7	13.5	15.3
	ÇS (ºC)	10.5	12.1	12.1	12.9	14.6
	PMV	-2.4	-2.1	-2.1	-1.9	-1.6
	PPD (%)	82	74	74	69	56
	DT (kWh/gün)	51	70	91	108	152
	CO_2 salımı (kg/gün)	77	106	138	164	230

Tablo C.2. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-II için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

MART

OSSDS	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
50ºC	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	10.1	11.5	11.6	12.3	13.9
	BN (%)	62	57	56	54	49
	ORS (ºC)	11.0	12.7	12.8	13.6	15.4
	ÇS (ºC)	10.5	12.1	12.2	12.9	14.6
	PMV	-2.4	-2.1	-2.1	-1.9	-1.6
	PPD (%)	82	74	74	68	55
	DT (kWh/gün)	51	71	92	110	154
	CO_2 salımı (kg/gün)	78	108	140	166	234
60ºC	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	10.1	11.6	11.7	12.5	14.3
	BN (%)	62	56	56	53	48
	ORS (ºC)	11.0	12.8	12.9	13.8	15.8
	ÇS (ºC)	10.6	12.2	12.3	13.2	15.0
	PMV	-2.4	-2.1	-2.1	-1.9	-1.5
	PPD (%)	82	73	73	67	53
	DT (kWh/gün)	53	74	96	117	166
	CO_2 salımı (kg/gün)	80	113	146	177	252

NİSAN

OSSDS	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
Deneysel	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	15.9	16.0	16.2	16.6	17.2
	BN (%)	51	51	50	49	47
	ORS (ºC)	21.2	21.2	21.2	21.2	18.2
	ÇS (ºC)	16.4	16.5	16.7	17.1	17.7
	PMV	-1.2	-1.2	-1.1	-1.0	-0.9
	PPD (%)	37	36	35	32	28
	DT (kWh/gün)	22	29	35	39	53
	CO_2 salımı (kg/gün)	33	43	53	59	80
30ºC	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	15.9	16.0	16.2	16.6	17.2
	BN (%)	51	51	50	49	47
	ORS (ºC)	16.8	17.0	17.2	17.6	18.2
	ÇS (ºC)	16.4	16.5	16.7	17.1	17.7
	PMV	-1.2	-1.2	-1.1	-1.0	-0.9
	PPD (%)	37	36	35	32	28
	DT (kWh/gün)	33	29	35	39	53
	CO_2 salımı (kg/gün)	22	43	53	59	80
40ºC	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	16.0	16.1	16.4	16.8	17.5
	BN (%)	51	50	50	48	46
	ORS (ºC)	16.9	17.1	17.3	17.8	18.6
	ÇS (ºC)	16.5	16.6	16.8	17.3	18.1
	PMV	-1.2	-1.1	-1.1	-0.9	-0.8
	PPD (%)	37	35	34	31	26
	DT (kWh/gün)	24	31	38	43	61
	CO_2 salımı (kg/gün)	36	48	58	65	93

Tablo C.2. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-II için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

NİSAN

OSSDS	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
50ºC	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	16.1	16.2	16.4	16.9	17.5
	BN (%)	51	50	49	48	46
	ORS (ºC)	17.0	17.2	16.9	17.9	18.6
	ÇS (ºC)	16.5	16.7	17.4	17.4	18.1
	PMV	-1.2	-1.1	-1.1	-1.0	-0.8
	PPD (%)	36	35	33	30	26
	DT (kWh/gün)	26	34	41	46	61
	CO_2 salımı (kg/gün)	39	51	62	69	93
60ºC	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	16.4	16.6	16.9	17.4	18.1
	BN (%)	50	49	48	47	45
	ORS (ºC)	17.4	17.6	17.9	18.5	19.3
	ÇS (ºC)	16.9	17.1	17.4	17.9	18.7
	PMV	-1.1	-1.0	-1.0	-0.9	-0.7
	PPD (%)	34	32	31	27	23
	DT (kWh/gün)	34	44	54	59	77
	CO_2 salımı (kg/gün)	51	67	82	89	117

KASIM

OSSDS	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
Deneysel	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	13.7	14.4	14.7	14.8	15.6
	BN (%)	61	59	57	57	54
	ORS (ºC)	14.5	15.2	15.7	15.7	16.6
	ÇS (ºC)	14.1	14.8	15.2	15.2	16.1
	PMV	-1.7	-1.5	-1.4	-1.4	-1.2
	PPD (%)	58	51	48	47	40
	DT (kWh/gün)	46	56	64	79	102
	CO_2 salımı (kg/gün)	70	85	98	120	155
30ºC	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	13.7	14.4	14.7	14.8	15.6
	BN (%)	61	59	57	57	54
	ORS (ºC)	14.5	15.2	15.7	15.7	16.6
	ÇS (ºC)	14.1	14.8	15.2	15.2	16.1
	PMV	-1.7	-1.5	-1.4	-1.4	-1.2
	PPD (%)	58	51	48	47	40
	DT (kWh/gün)	46	56	64	79	102
	CO_2 salımı (kg/gün)	70	85	98	120	155
40ºC	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	13.8	14.6	15.1	15.1	16.0
	BN (%)	60	58	56	56	53
	ORS (ºC)	14.7	15.6	16.1	16.1	17.1
	ÇS (ºC)	14.2	15.1	15.6	15.6	16.6
	PMV	-1.6	-1.4	-1.3	-1.3	-1.1
	PPD (%)	56	49	44	44	35
	DT (kWh/gün)	51	63	73	89	115
	CO_2 salımı (kg/gün)	78	95	110	135	175

Tablo C.2. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-II için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

KASIM

OSSDS	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
50ºC	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	13.9	14.7	15.2	15.2	16.2
	BN (%)	60	57	56	56	53
	ORS (ºC)	14.7	15.7	16.2	16.2	17.3
	ÇS (ºC)	14.3	15.2	15.7	15.7	16.7
	PMV	-1.6	-1.4	-1.3	-1.3	-1.1
	PPD (%)	56	48	44	43	35
	DT (kWh/gün)	53	65	75	92	119
	CO_2 salımı (kg/gün)	80	98	114	139	180
60ºC	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	14.2	15.3	15.9	15.9	17.0
	BN (%)	59	55	53	53	50
	ORS (ºC)	15.1	16.3	17.0	17.0	18.2
	ÇS (ºC)	14.7	15.8	16.4	16.4	17.6
	PMV	-1.5	-1.3	-1.2	-1.2	-0.9
	PPD (%)	53	43	38	38	29
	DT (kWh/gün)	62	78	92	112	144
	CO_2 salımı (kg/gün)	93	119	139	170	218

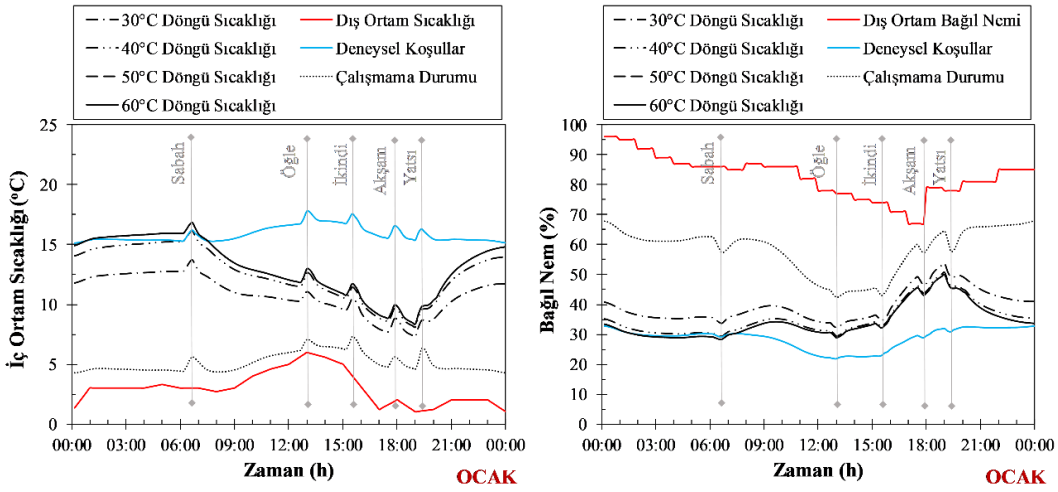
ARALIK

OSSDS	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
Deneysel	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	9.8	10.4	10.7	11.2	12.2
	BN (%)	72	70	68	66	62
	ORS (ºC)	10.4	11.1	11.4	11.9	13.1
	ÇS (ºC)	10.1	10.8	11.1	11.6	12.7
	PMV	-2.6	-2.5	-2.4	-2.3	-2.1
	PPD (%)	91	88	86	83	75
	DT (kWh/gün)	36	51	65	74	103
	CO_2 salımı (kg/gün)	55	77	98	113	157
30ºC	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	9.7	10.2	10.5	10.9	11.8
	BN (%)	73	71	69	68	64
	ORS (ºC)	10.2	10.9	11.2	11.6	12.6
	ÇS (ºC)	10.0	10.6	10.8	11.3	12.2
	PMV	-2.6	-2.5	-2.5	-2.4	-2.2
	PPD (%)	91	89	87	85	79
	DT (kWh/gün)	32	44	56	65	90
	CO_2 salımı (kg/gün)	48	67	86	99	138
40ºC	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	9.9	10.5	10.8	11.3	12.4
	BN (%)	72	69	68	66	62
	ORS (ºC)	10.4	11.2	11.5	12.1	13.3
	ÇS (ºC)	10.1	10.9	11.2	11.7	12.8
	PMV	-2.6	-2.5	-2.4	-2.3	-2.0
	PPD (%)	91	88	86	83	74
	DT (kWh/gün)	38	54	69	80	110
	CO_2 salımı (kg/gün)	58	82	105	121	168

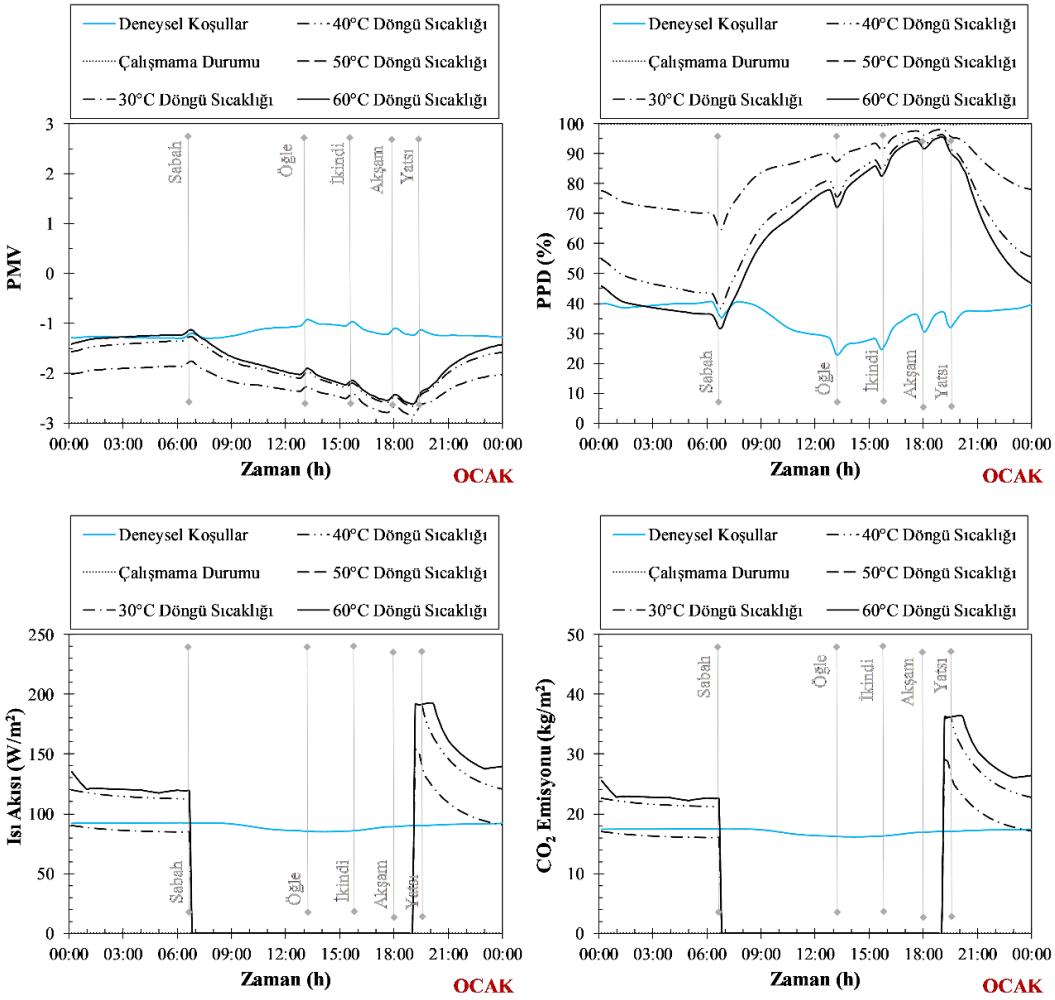
Tablo C.2. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-II için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

ARALIK						
OSSDS	**Parametreler**	**Namaz vakitlerinde**	**10 dk önce**	**20 dk önce**	**30 dk önce**	**60 dk önce**
50°C	DHS (°C)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (°C)	9.9	10.5	10.8	11.3	12.4
	BN (%)	72	69	68	66	62
	ORS (°C)	10.4	11.2	11.5	12.1	13.3
	ÇS (°C)	10.1	10.9	11.2	11.7	12.9
	PMV	-2.6	-2.5	-2.4	-2.3	-2.0
	PPD (%)	91	88	86	83	74
	DT (kWh/gün)	38	54	69	80	111
	CO_2 salımı (kg/gün)	58	83	105	122	169
60°C	DHS (°C)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (°C)	10.0	10.8	11.1	11.6	12.9
	BN (%)	72	68	67	65	60
	ORS (°C)	10.6	11.5	11.9	12.5	13.8
	ÇS (°C)	10.3	11.1	11.5	12.0	13.4
	PMV	-2.6	-2.4	-2.3	-2.2	-1.9
	PPD (%)	89	86	83	80	70
	DT (kWh/gün)	44	61	78	90	124
	CO_2 salımı (kg/gün)	66	93	118	136	189

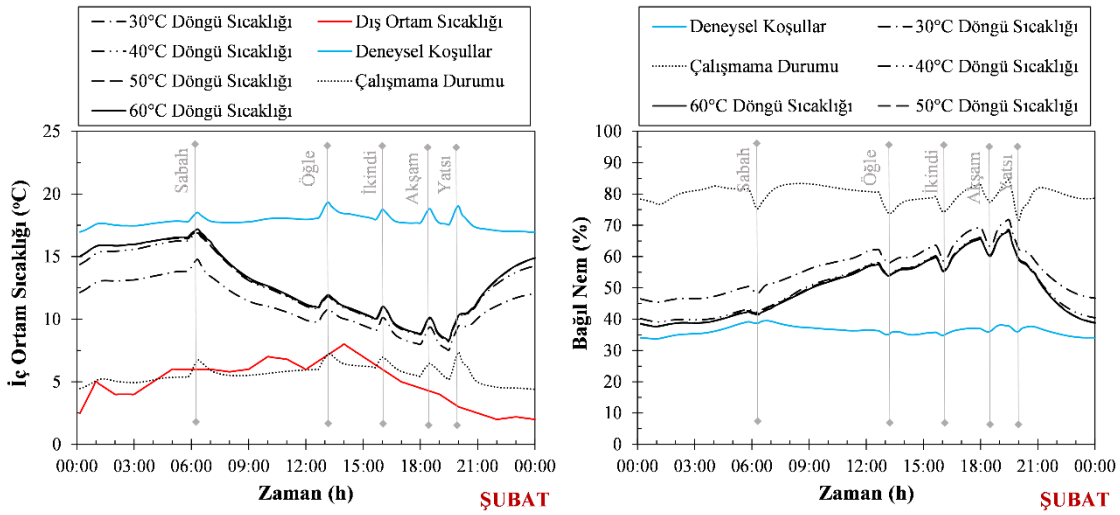
Kış Aylarında Elde Edilen Senaryo-III için Isıl Konfor, Zemindeki Isı Akısı ve CO_2 Salımı



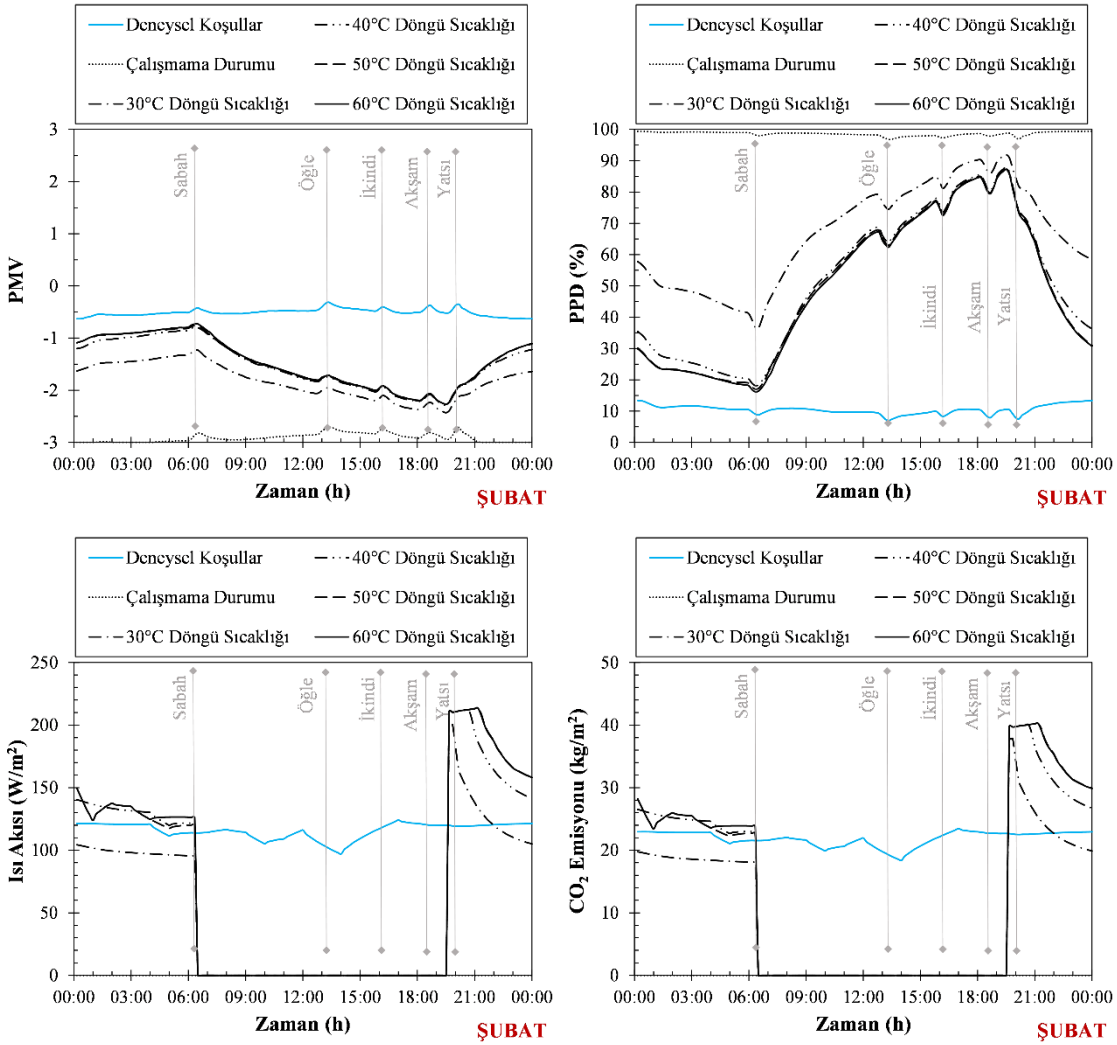
Şekil C.13. Ocak ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



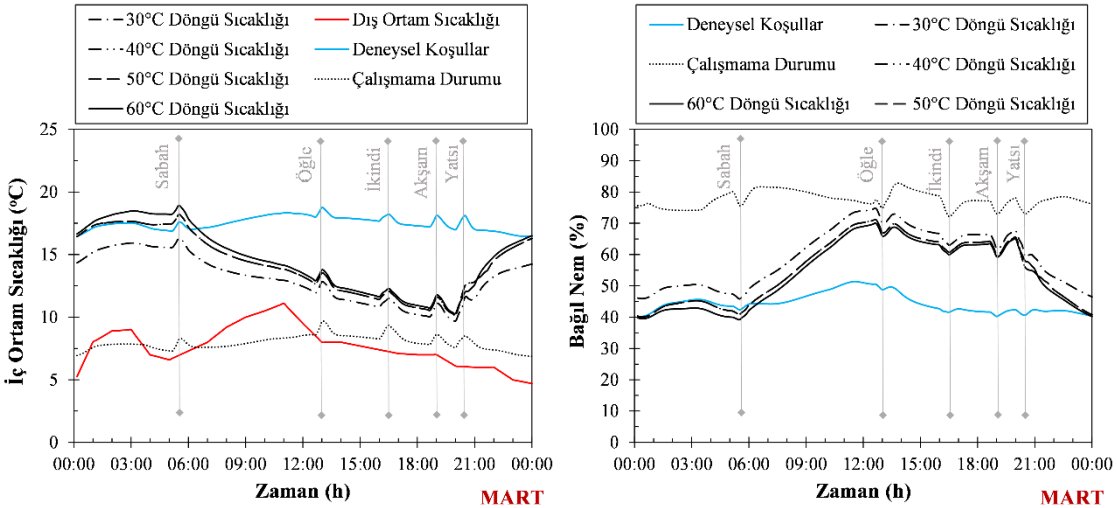
Şekil C.13. (Devam) Ocak ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



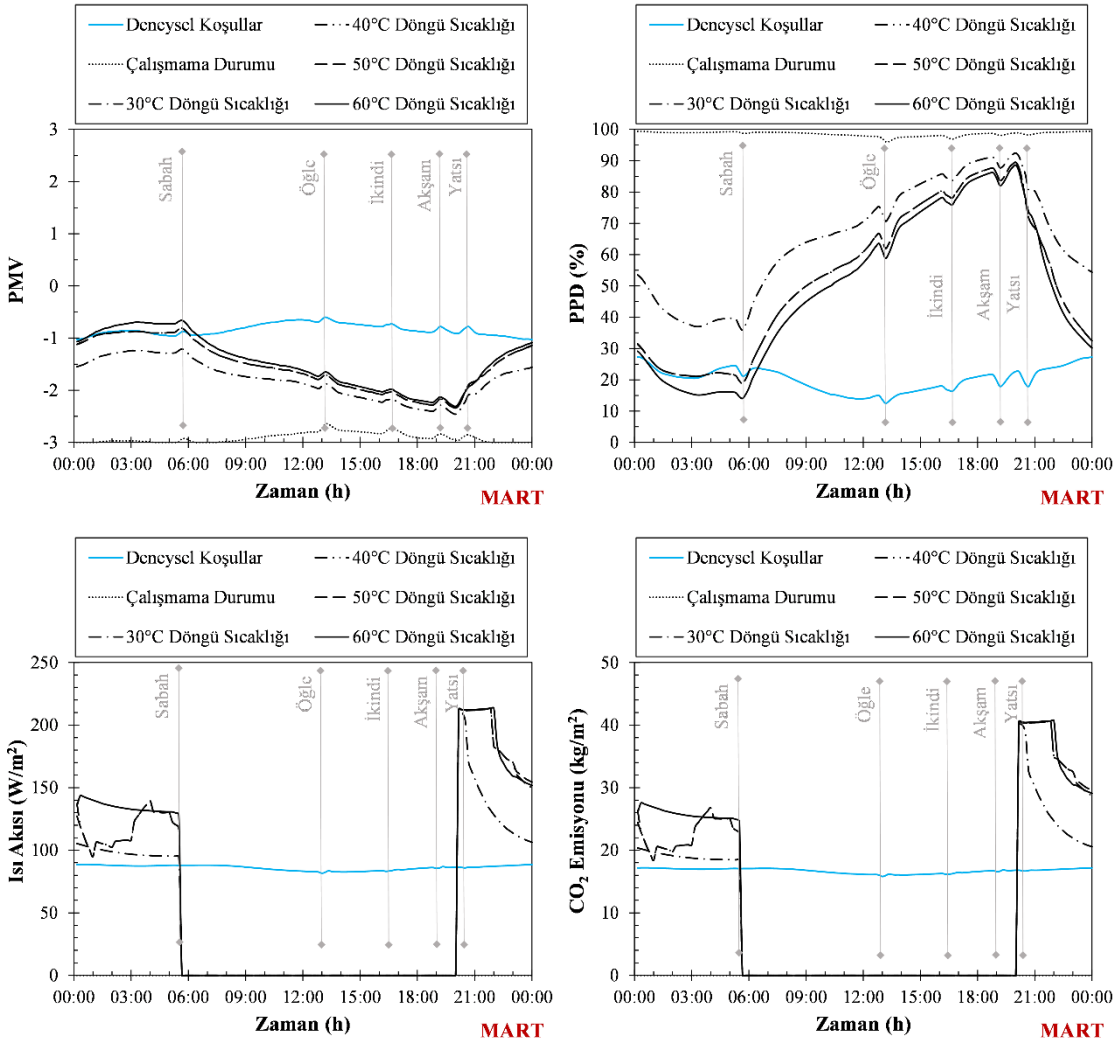
Şekil C.14. Şubat ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



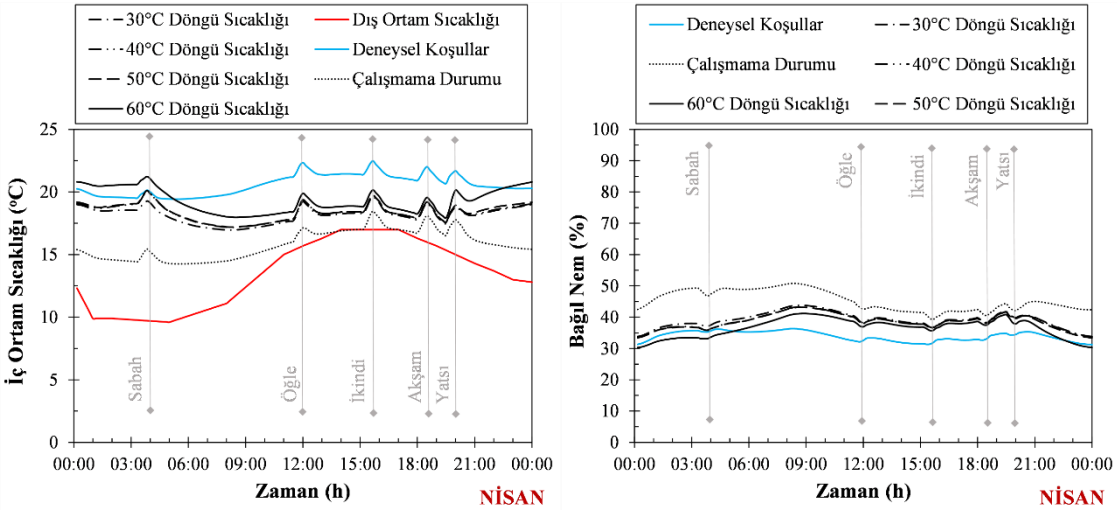
Şekil C.14. (Devam) Şubat ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



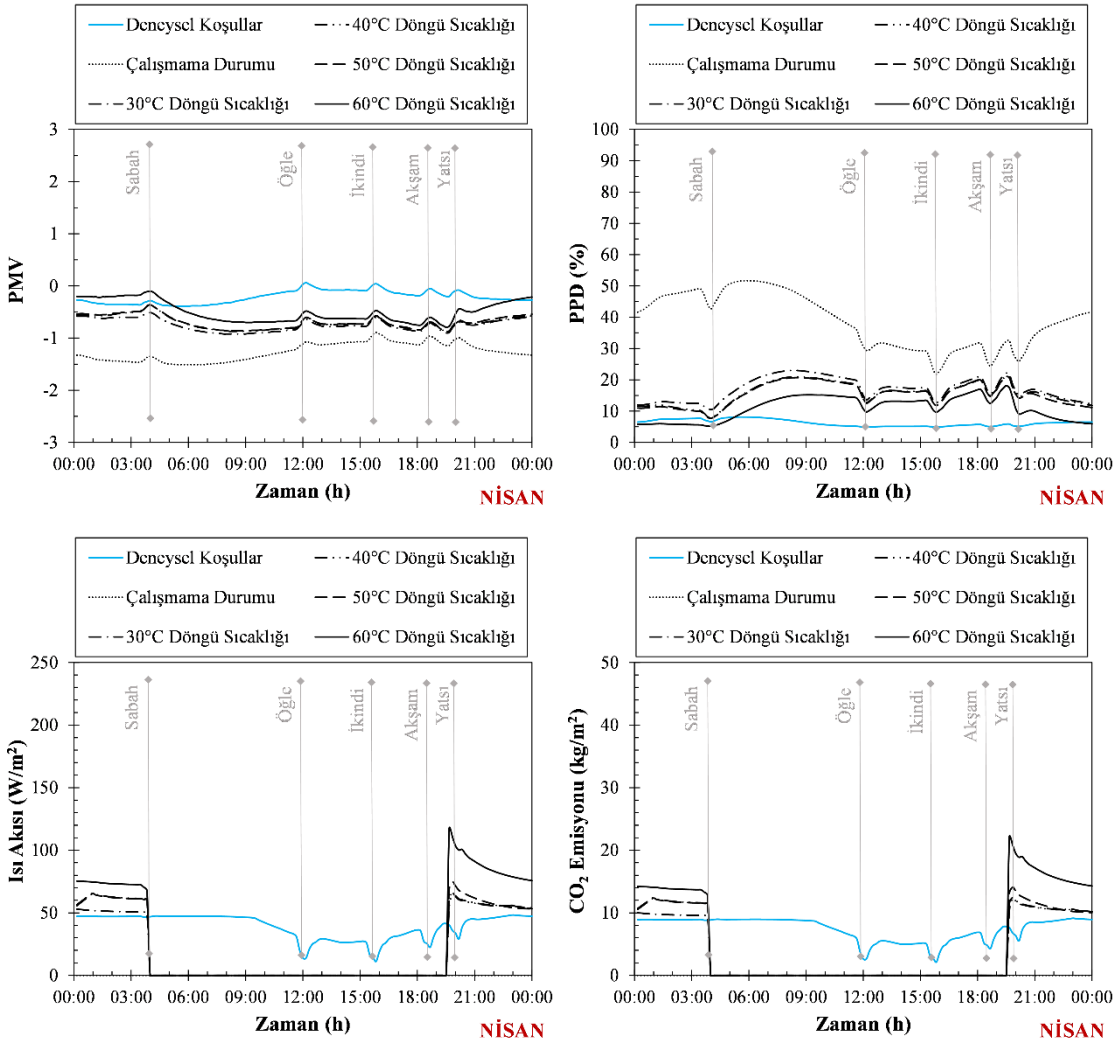
Şekil C.15. Mart ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



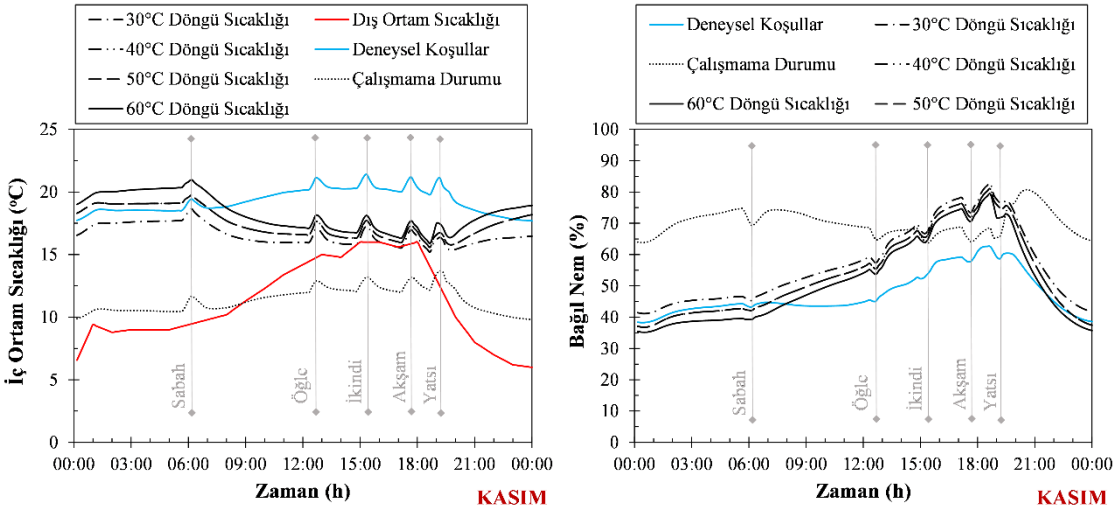
Şekil C.15. (Devam) Mart ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



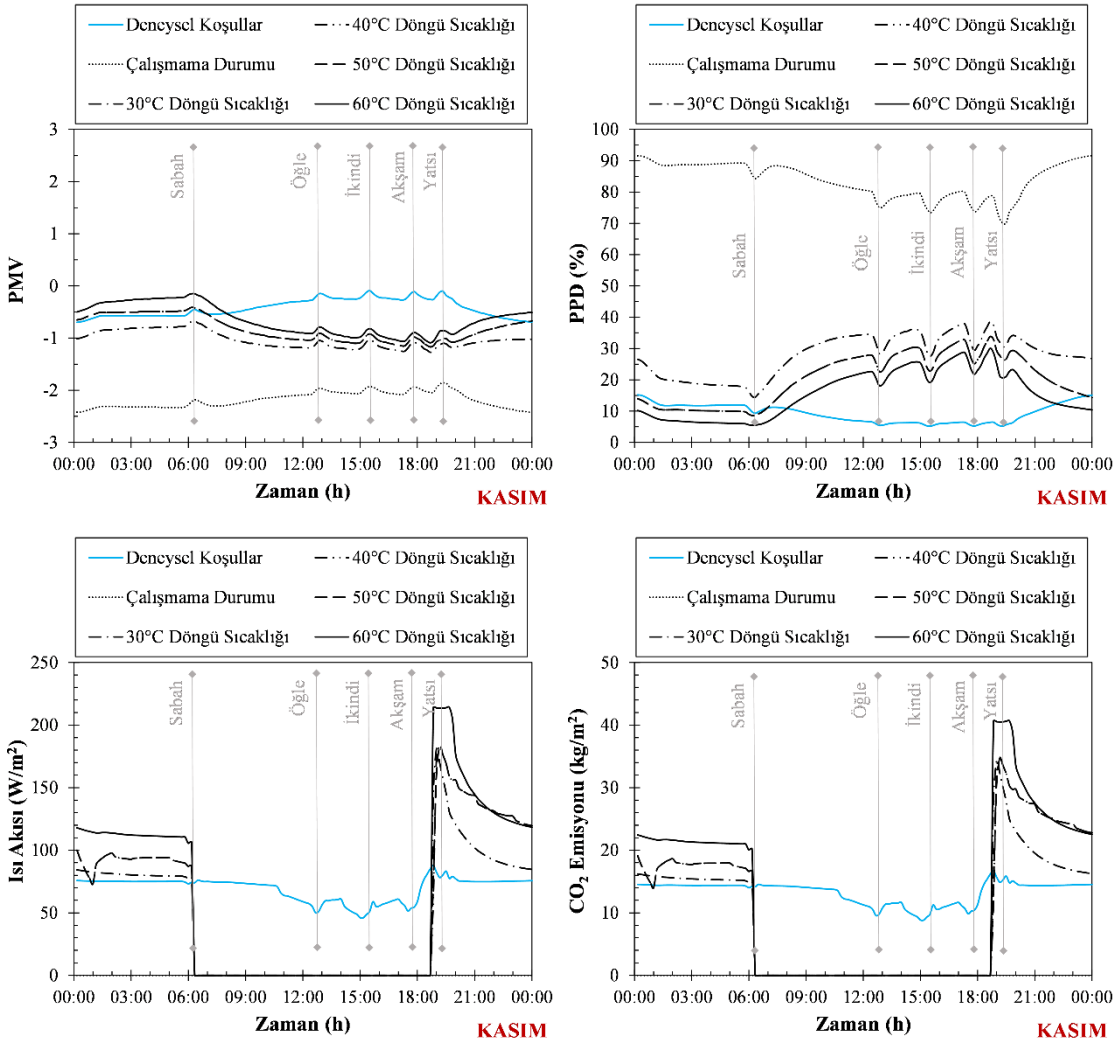
Şekil C.16. Nisan ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



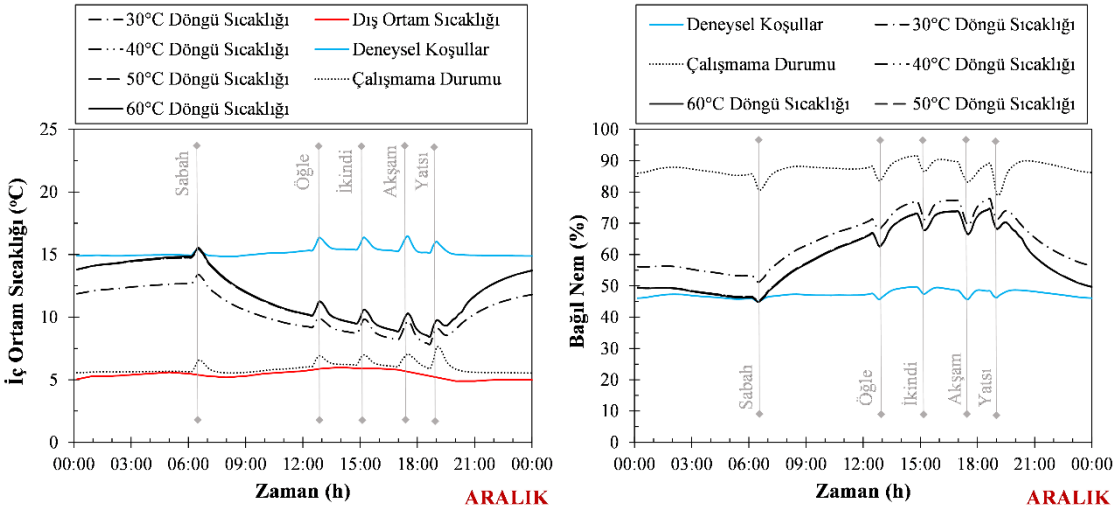
Şekil C.16. (Devam) Nisan ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



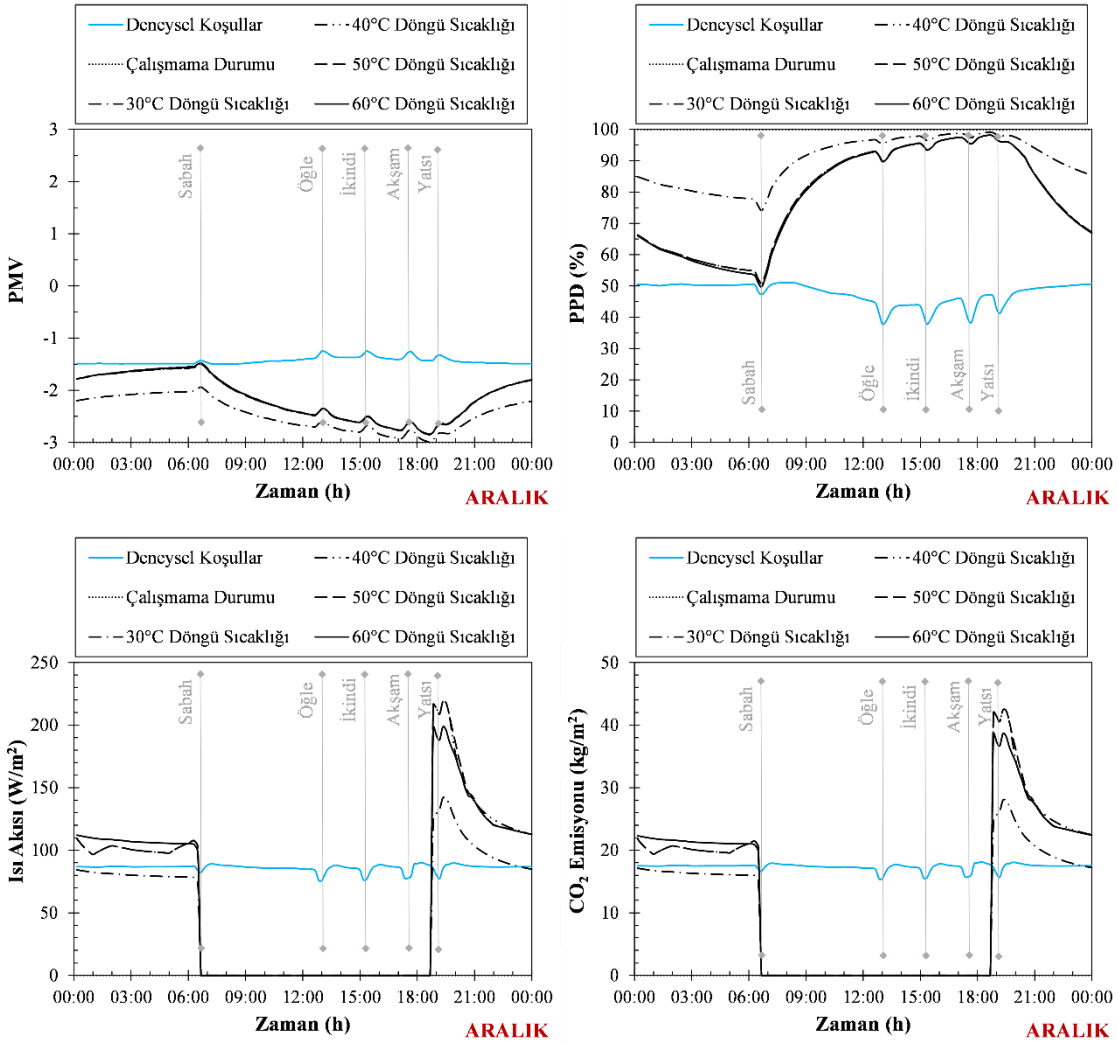
Şekil C.17. Kasım ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.17. (Devam) Kasım ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.18. Aralık ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.18. (Devam) Aralık ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

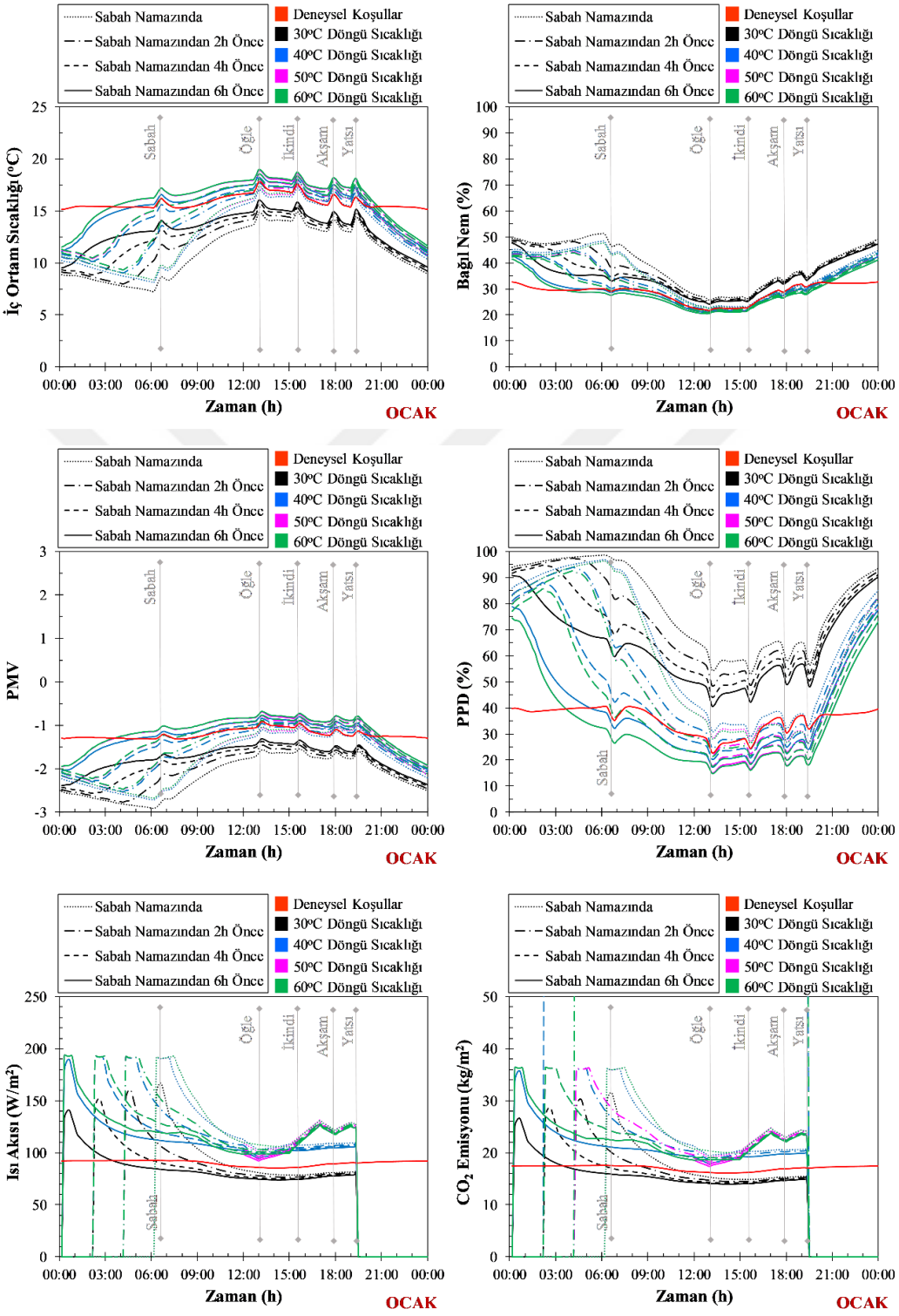
Tablo C.3. Kış aylarında elde edilen Senaryo-III için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

Aylar	Parametreler	Deneysel SSDS	30ºC OSSDS	40ºC OSSDS	50ºC OSSDS	60ºC OSSDS	Çalışmama
Ocak	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	17.5	12.8	14.2	14.4	14.7	7.3
	BN (%)	37	49	45	45	44	71
	ORS (ºC)	18.5	13.6	15.1	15.3	15.6	7.7
	ÇS (ºC)	18.0	13.2	14.7	14.9	15.2	7.5
	PMV	-0.8	-1.8	-1.5	-1.5	-1.4	-2.9
	PPD (%)	23	63	50	48	46	94.8
	DT (kWh/gün)	253	130	168	174	182	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	383	197	254	264	276	N/A

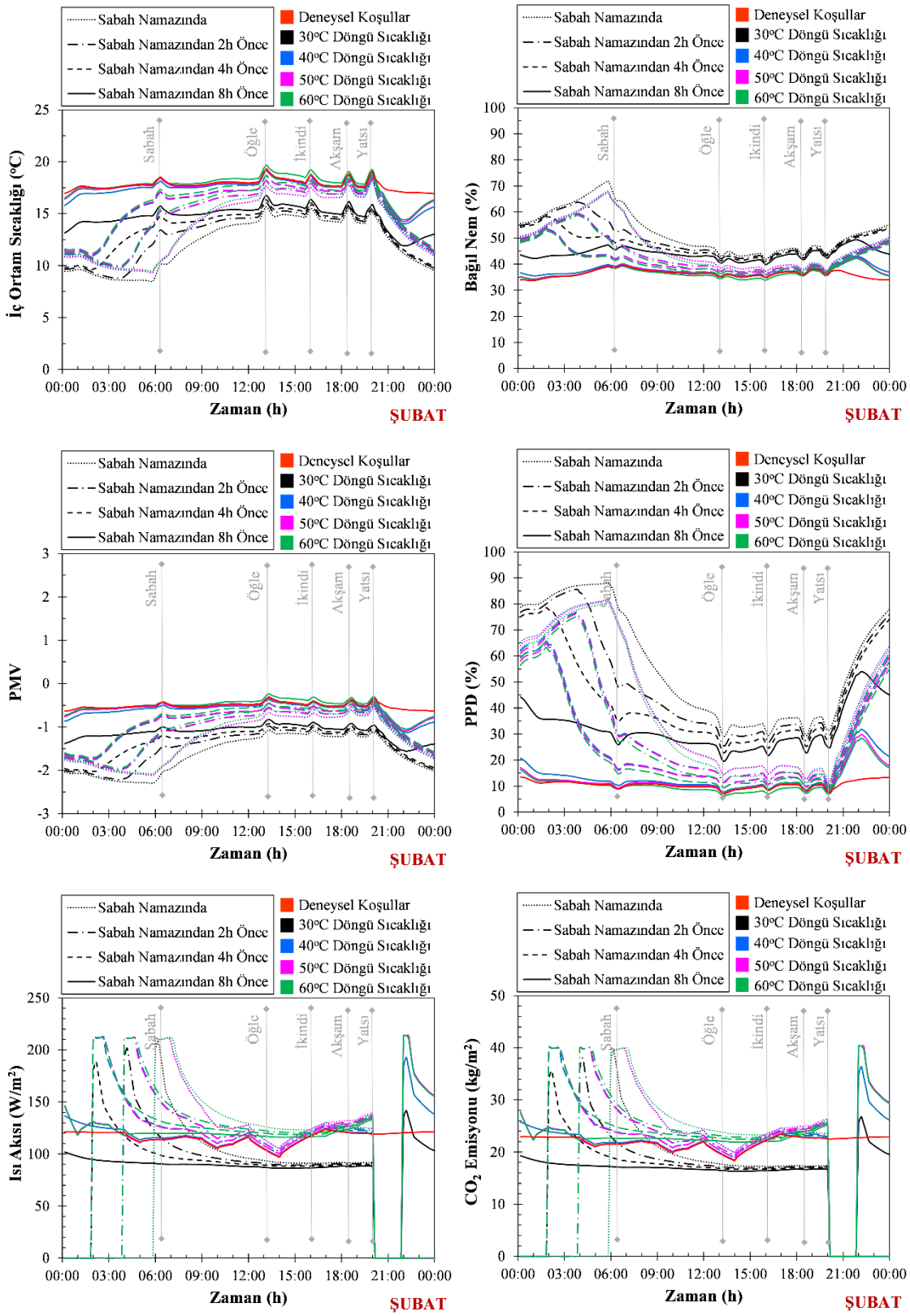
Tablo C.3. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-III için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

Aylar	Parametreler	Deneysel SSDS	30ºC OSSDS	40ºC OSSDS	50ºC OSSDS	60ºC OSSDS	Çalışmama
	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	17.8	11.7	13.0	13.5	13.8	6.2
	BN (%)	29	43	40	39	38	59
	ORS (ºC)	19.4	12.8	14.3	14.8	15.1	6.6
Şubat	ÇS (ºC)	18.6	12.3	13.7	14.1	14.5	6.4
	PMV	-0.52	-1.72	-1.46	-1.37	-1.31	-2.83
	PPD (%)	16	59	49	46	44	88
	DT (kWh/gün)	322	147	187	201	210	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	488	223	283	304	318	N/A
	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	18.0	14.0	15.2	15.4	15.7	9.1
	BN (%)	37	48	45	44	44	66
	ORS (ºC)	19.8	15.3	16.7	16.9	17.2	9.8
Mart	ÇS (ºC)	18.9	14.7	16.0	16.1	16.4	9.5
	PMV	-0.7	-1.6	-1.3	-1.3	-1.2	-2.6
	PPD (%)	20	55	43	42	41	87
	DT (kWh/gün)	245	131	169	173	182	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	373	200	256	263	276	N/A
	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	19.9	17.4	17.8	17.9	18.4	14.8
	BN (%)	40	46	45	45	44	54
	ORS (ºC)	21.2	18.5	18.9	18.9	19.5	15.8
Nisan	ÇS (ºC)	20.5	18.0	18.4	18.4	19.0	15.4
	PMV	-0.3	-0.9	-0.8	-0.8	-0.6	-1.4
	PPD (%)	13	27	24	23	21	44
	DT (kWh/gün)	119	58	66	67	81	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	181	87	101	102	123	N/A
	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	19.4	16.6	17.3	17.4	18.2	11.9
	BN (%)	43	51	49	49	46	65
	ORS (ºC)	20.8	17.7	18.5	18.6	19.5	12.3
Kasım	ÇS (ºC)	20.1	17.1	17.9	18.0	18.8	12.1
	PMV	-0.4	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-2.1
	PPD (%)	11	31	25	24	20	74
	DT (kWh/gün)	207	130	154	156	180	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	313	198	233	237	273	N/A
	DHS (ºC)	7.9	13.2	14.2	14.2	14.7	7.9
	İHS (ºC)	17.2	58	55	55	53	8.7
	BN (%)	45	14.1	15.2	15.3	15.8	74
	ORS (ºC)	18.5	13.6	14.7	14.7	15.2	9.0
Aralık	ÇS (ºC)	17.9	-1.9	-1.6	-1.6	-1.5	8.9
	PMV	-0.96	68	58	57	53	-2.88
	PPD (%)	27	130	162	164	177	95
	DT (kWh/gün)	244	198	246	250	270	N/A
	CO_2 salımı (kg/gün)	372	13.2	14.2	14.2	14.7	N/A

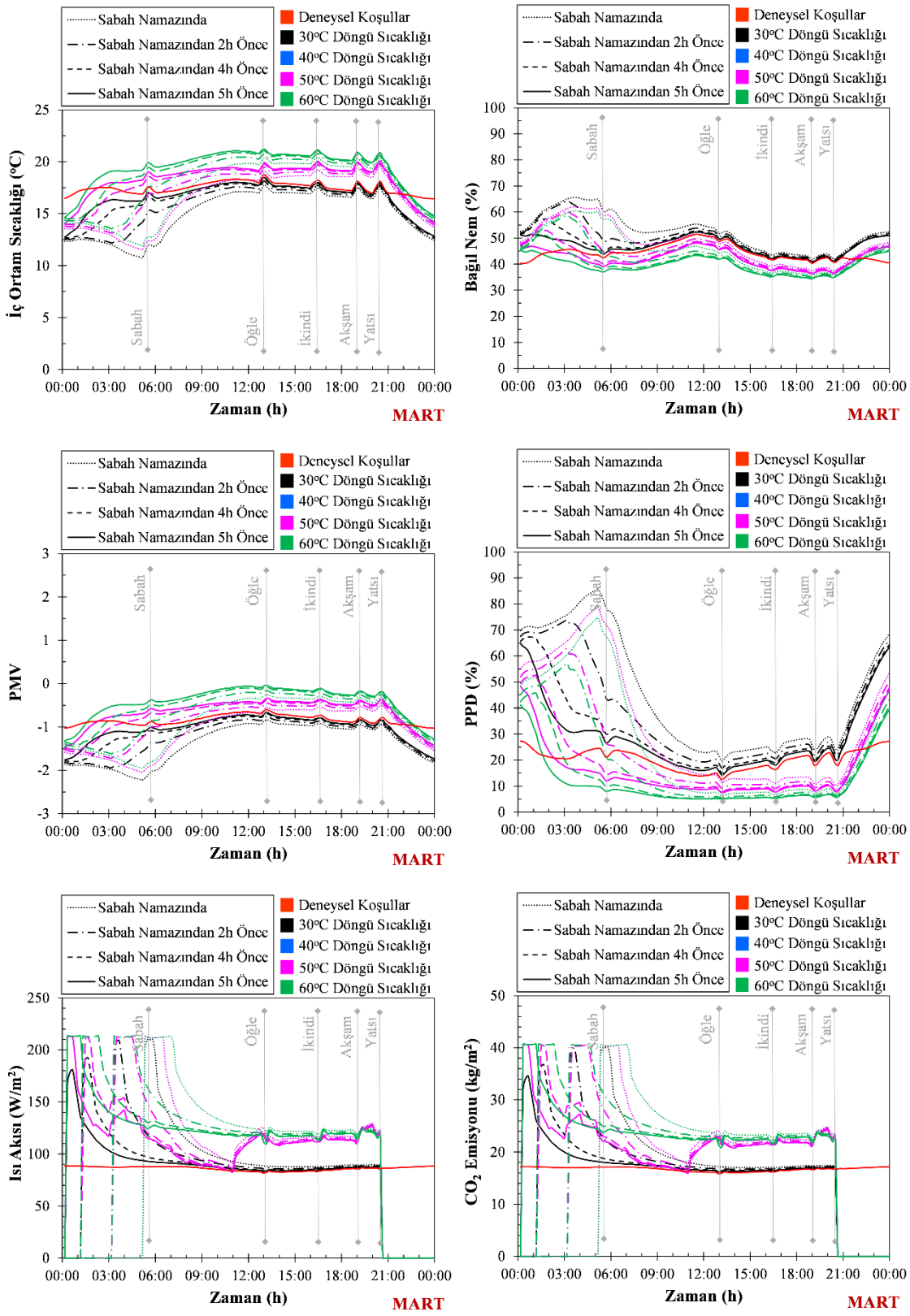
Kış Aylarında Elde Edilen Senaryo-IV için Isıl Konfor, Zemindeki Isı Akısı ve CO_2 Salımı



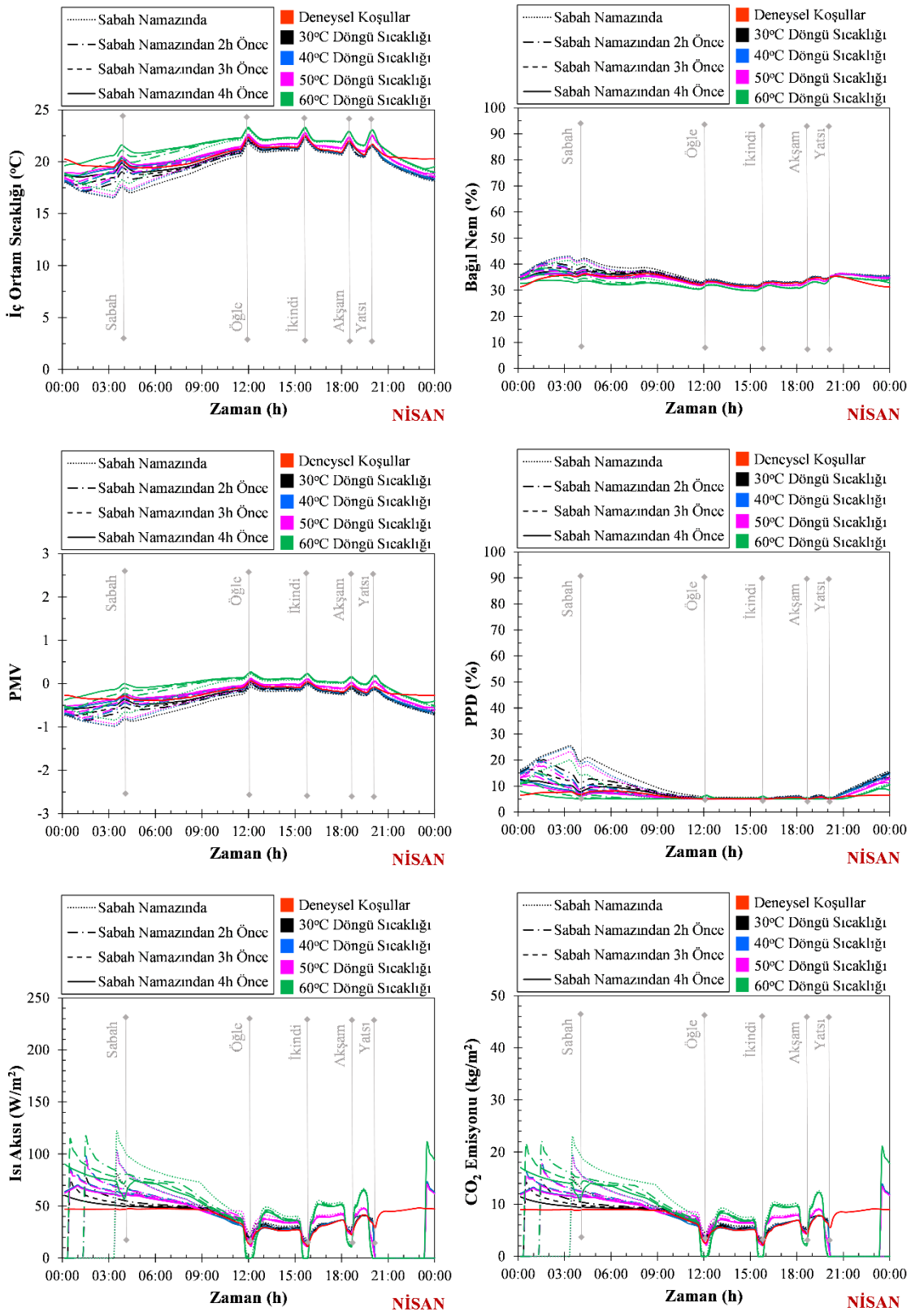
Şekil C.19. Ocak ayında elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



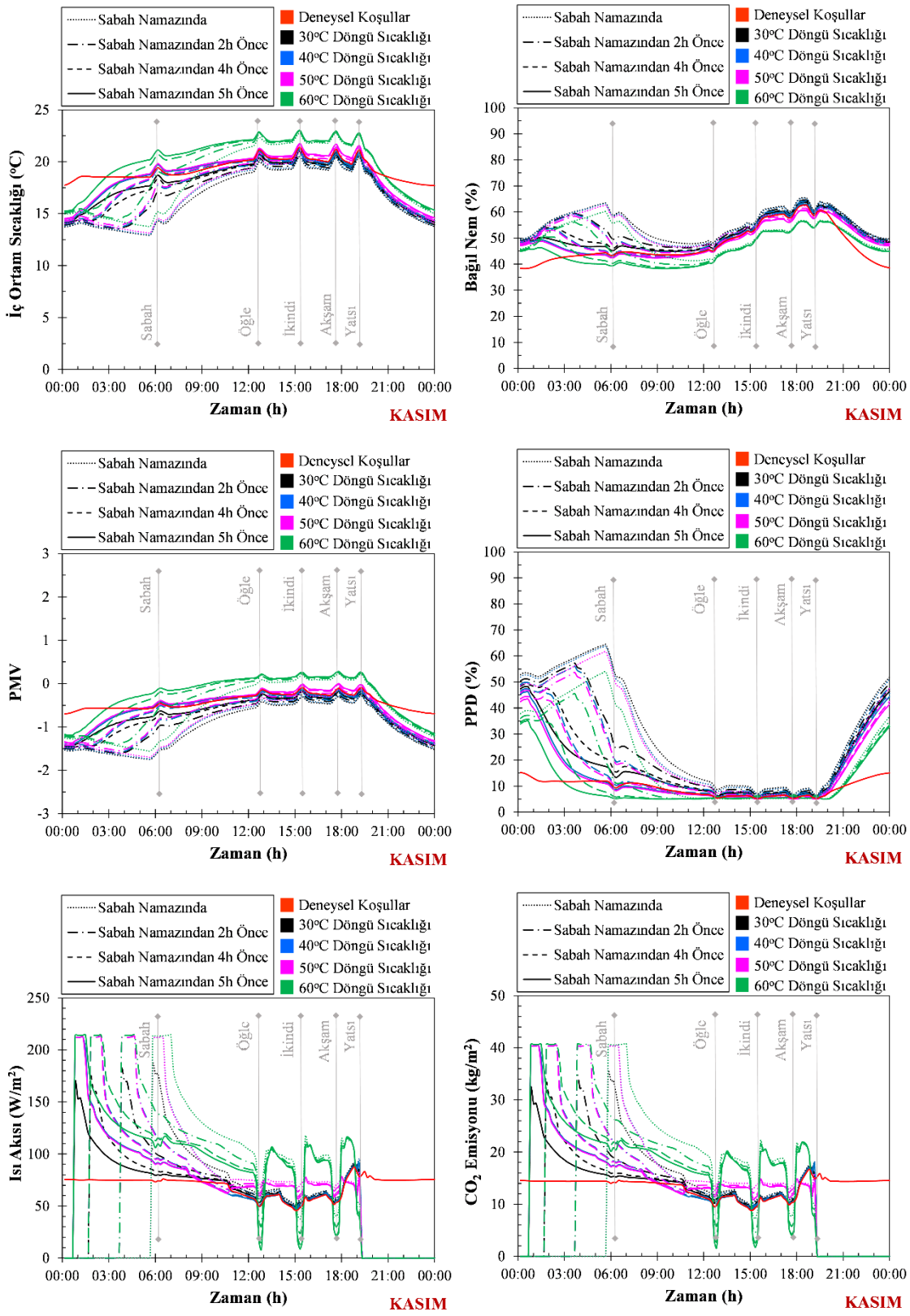
Şekil C.20. Şubat ayında elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



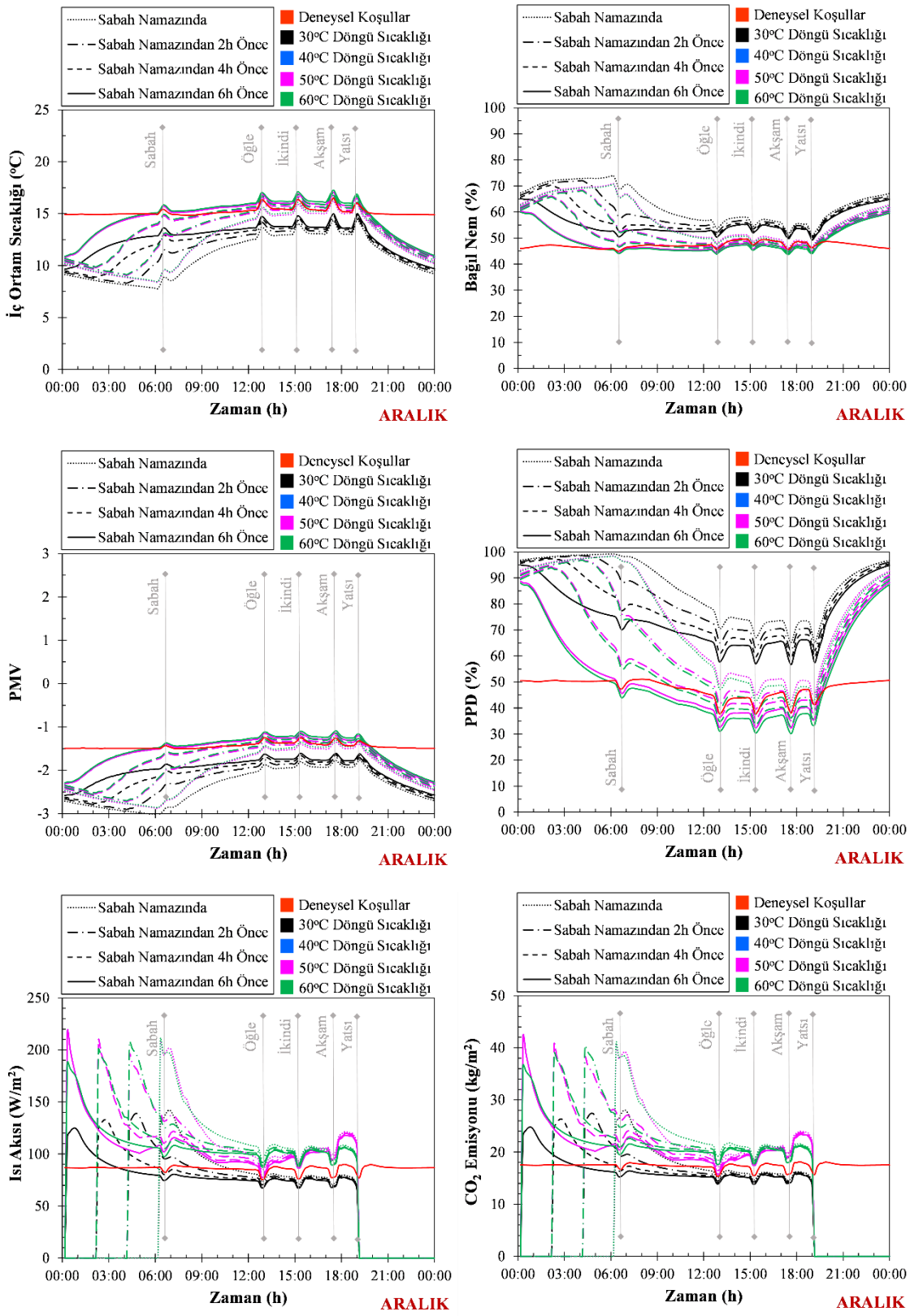
Şekil C.21. Mart ayında elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.22. Nisan ayında elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.23. Kasım ayında elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.24. Aralık ayında elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Tablo C.4. Kış aylarında elde edilen Senaryo-IV için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

OCAK						
OSSDS	**Parametreler**	**Sabahtan 0h önce**	**Sabahtan 2h önce**	**Sabahtan 4h önce**	**Sabahtan 5h önce**	**Sabahtan 6h önce**
Deneysel	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	13.9	14.7	15.5	15.8	16.2
	BN (%)	47	44	42	41	40
	ORS (ºC)	14.8	15.6	16.4	16.8	17.1
	ÇS (ºC)	14.4	15.2	15.9	16.3	16.6
	PMV	-1.6	-1.4	-1.2	-1.2	-1.1
	PPD (%)	53	46	40	37	34
	DT (kWh/gün)	168	187	205	214	222
	CO_2 salımı (kg/gün)	255	284	311	324	336
30ºC	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	13.1	13.7	14.4	14.7	15.0
	BN (%)	49	47	45	44	43
	ORS (ºC)	13.9	14.6	15.3	15.6	15.9
	ÇS (ºC)	13.5	14.2	14.8	15.1	15.4
	PMV	-1.7	-1.6	-1.5	-1.4	-1.3
	PPD (%)	60	55	49	46	44
	DT (kWh/gün)	144	161	176	184	191
	CO_2 salımı (kg/gün)	219	244	267	278	289
40ºC	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	14.4	15.3	16.1	16.5	16.9
	BN (%)	45	43	41	39	38
	ORS (ºC)	15.3	16.2	17.1	17.5	17.9
	ÇS (ºC)	14.9	15.8	16.6	17.0	17.4
	PMV	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-0.9
	PPD (%)	48	41	34	31	38
	DT (kWh/gün)	183	204	224	234	243
	CO_2 salımı (kg/gün)	277	309	340	355	368
50ºC	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	14.5	15.5	16.3	16.8	17.2
	BN (%)	45	42	40	39	38
	ORS (ºC)	15.5	16.4	17.3	17.7	18.1
	ÇS (ºC)	15.0	15.9	16.8	17.2	17.6
	PMV	-1.4	-1.2	-1.1	-1.0	-0.9
	PPD (%)	47	39	32	28	25
	DT (kWh/gün)	188	211	232	242	251
	CO_2 salımı (kg/gün)	285	319	351	367	381
60ºC	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	15.0	16.0	16.9	17.3	17.7
	BN (%)	44	41	39	38	37
	ORS (ºC)	16.0	17.0	17.9	18.3	18.7
	ÇS (ºC)	15.5	16.5	17.4	17.8	18.2
	PMV	-1.3	-1.1	-0.9	-0.9	-0.8
	PPD (%)	44	36	29	26	23
	DT (kWh/gün)	200	223	245	255	265
	CO_2 salımı (kg/gün)	303	339	371	387	401

Tablo C.4. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-IV için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

ŞUBAT						
OSSDS	**Parametreler**	**Sabahtan 0h önce**	**Sabahtan 2h önce**	**Sabahtan 4h önce**	**Sabahtan 6h önce**	**Sabahtan 8h önce**
Deneysel	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	14.1	15.0	15.9	16.6	17.3
	BN (%)	38	35	33	32	30
	ORS (ºC)	15.5	16.4	17.3	18.2	18.9
	ÇS (ºC)	14.8	15.7	16.6	17.4	18.1
	PMV	-1.3	-1.1	-0.9	-0.8	-0.6
	PPD (%)	41	35	29	23	19
	DT (kWh/gün)	224	248	271	293	311
	CO_2 salımı (kg/gün)	339	376	411	443	471
30ºC	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	12.7	13.4	14.0	14.6	15.2
	BN (%)	41	39	37	36	34
	ORS (ºC)	13.9	14.7	15.4	16.0	16.6
	ÇS (ºC)	13.3	14.0	14.7	15.3	15.9
	PMV	-1.5	-1.4	-1.3	-1.1	-1.0
	PPD (%)	52	47	43	38	35
	DT (kWh/gün)	180	199	217	233	247
	CO_2 salımı (kg/gün)	273	301	328	353	374
40ºC	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	14.1	15.0	15.9	16.6	17.3
	BN (%)	38	35	33	32	30
	ORS (ºC)	15.5	16.4	17.3	18.2	18.9
	ÇS (ºC)	14.8	15.7	16.6	17.4	18.1
	PMV	-1.3	-1.1	-0.9	-0.8	-0.6
	PPD (%)	41	35	29	23	19
	DT (kWh/gün)	224	248	271	293	311
	CO_2 salımı (kg/gün)	339	376	411	443	471
50ºC	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	14.6	15.6	16.5	17.4	18.1
	BN (%)	37	34	32	30	29
	ORS (ºC)	16.0	17.1	18.0	18.9	19.7
	ÇS (ºC)	15.3	16.3	17.3	18.2	18.9
	PMV	-1.2	-1.0	-0.8	-0.6	-0.5
	PPD (%)	38	30	24	18	13
	DT (kWh/gün)	240	266	292	316	337
	CO_2 salımı (kg/gün)	363	404	443	479	511
60ºC	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	15.0	16.0	17.0	17.8	18.6
	BN (%)	36	33	31	30	28
	ORS (ºC)	16.4	17.5	18.5	19.4	20.2
	ÇS (ºC)	15.7	16.8	17.7	18.6	19.4
	PMV	-1.1	-0.9	-0.7	-0.5	-0.4
	PPD (%)	36	29	23	17	13
	DT (kWh/gün)	253	280	306	330	350
	CO_2 salımı (kg/gün)	383	424	461	500	531

Tablo C.4. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-IV için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

MART

OSSDS	Parametreler	Sabahtan 0h önce	Sabahtan 2h önce	Sabahtan 3h önce	Sabahtan 4h önce	Sabahtan 5h önce
Deneysel	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	15.7	16.3	16.7	17.0	17.2
	BN (%)	44	42	41	40	39
	ORS (ºC)	17.2	17.9	18.3	18.6	18.9
	ÇS (ºC)	16.5	17.1	17.5	17.8	18.1
	PMV	-1.2	-1.1	-1.0	-0.9	-0.9
	PPD (%)	40	34	32	29	27
	DT (kWh/gün)	187	205	213	220	228
	CO_2 salımı (kg/gün)	284	311	323	335	346
30ºC	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	15.7	16.3	16.7	17.0	17.2
	BN (%)	44	42	41	40	39
	ORS (ºC)	17.2	17.9	18.3	18.6	18.9
	ÇS (ºC)	16.5	17.1	17.5	17.8	18.1
	PMV	-1.2	-1.1	-1.0	-0.9	-0.9
	PPD (%)	40	34	32	29	27
	DT (kWh/gün)	187	205	213	220	228
	CO_2 salımı (kg/gün)	284	311	323	335	346
40ºC	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	17.1	18.0	18.4	18.8	19.2
	BN (%)	40	38	37	36	35
	ORS (ºC)	18.8	19.7	20.2	20.6	21.0
	ÇS (ºC)	18.0	18.9	19.3	19.7	20.1
	PMV	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4
	PPD (%)	28	21	18	16	13
	DT (kWh/gün)	230	253	264	275	285
	CO_2 salımı (kg/gün)	350	384	401	417	432
50ºC	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	17.3	18.2	18.6	19.0	19.3
	BN (%)	40	37	36	36	35
	ORS (ºC)	18.9	19.9	20.3	20.8	21.2
	ÇS (ºC)	18.1	19.0	19.5	19.9	20.3
	PMV	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4
	PPD (%)	28	21	17	15	12
	DT (kWh/gün)	234	258	269	280	291
	CO_2 salımı (kg/gün)	355	391	409	425	441
60ºC	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	17.8	18.7	19.1	19.5	19.8
	BN (%)	39	36	35	34	34
	ORS (ºC)	19.5	20.5	20.9	21.3	21.7
	ÇS (ºC)	18.6	19.6	20.0	20.4	20.8
	PMV	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3
	PPD (%)	25	19	16	14	12
	DT (kWh/gün)	250	272	284	295	305
	CO_2 salımı (kg/gün)	380	413	431	447	463

Tablo C.4. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-IV için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

NİSAN						
OSSDS	**Parametreler**	**Sabahtan 0h önce**	**Sabahtan 1h önce**	**Sabahtan 2h önce**	**Sabahtan 3h önce**	**Sabahtan 4h önce**
Deneysel	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	18.7	18.9	19.1	19.3	19.5
	BN (%)	43	42	42	41	41
	ORS (ºC)	19.9	20.1	20.3	20.5	20.7
	ÇS (ºC)	19.3	19.5	19.7	19.9	20.1
	PMV	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4
	PPD (%)	19	18	17	16	15
	DT (kWh/gün)	91	96	100	104	109
	CO_2 salımı (kg/gün)	138	145	152	158	164
30ºC	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	18.7	18.9	19.1	19.3	19.5
	BN (%)	43	42	42	41	41
	ORS (ºC)	19.9	20.1	20.3	20.5	20.7
	ÇS (ºC)	19.3	19.5	19.7	19.9	20.1
	PMV	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4
	PPD (%)	19	18	17	16	15
	DT (kWh/gün)	91	96	100	104	108
	CO_2 salımı (kg/gün)	138	145	152	158	164
40ºC	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	19.2	19.4	19.6	19.8	20.0
	BN (%)	42	41	41	40	39
	ORS (ºC)	20.3	20.6	20.8	21.0	21.2
	ÇS (ºC)	19.7	20.0	20.2	20.4	20.6
	PMV	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3
	PPD (%)	16	15	13	12	11
	DT (kWh/gün)	101	106	112	117	121
	CO_2 salımı (kg/gün)	153	161	169	177	184
50ºC	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	19.3	19.5	19.7	19.9	20.1
	BN (%)	41	41	40	40	39
	ORS (ºC)	20.5	20.7	20.9	21.1	21.4
	ÇS (ºC)	19.9	20.1	20.3	20.5	20.7
	PMV	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3
	PPD (%)	16	14	13	12	11
	DT (kWh/gün)	103	109	114	119	124
	CO_2 salımı (kg/gün)	156	165	173	181	187
60ºC	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	19.9	20.1	20.3	20.6	20.8
	BN (%)	40	39	39	38	38
	ORS (ºC)	21.1	21.3	21.6	21.8	22.0
	ÇS (ºC)	20.5	20.7	21.0	21.2	21.4
	PMV	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1
	PPD (%)	14	13	12	11	10
	DT (kWh/gün)	119	125	130	135	140
	CO_2 salımı (kg/gün)	180	189	197	205	212

Tablo C.4. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-IV için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

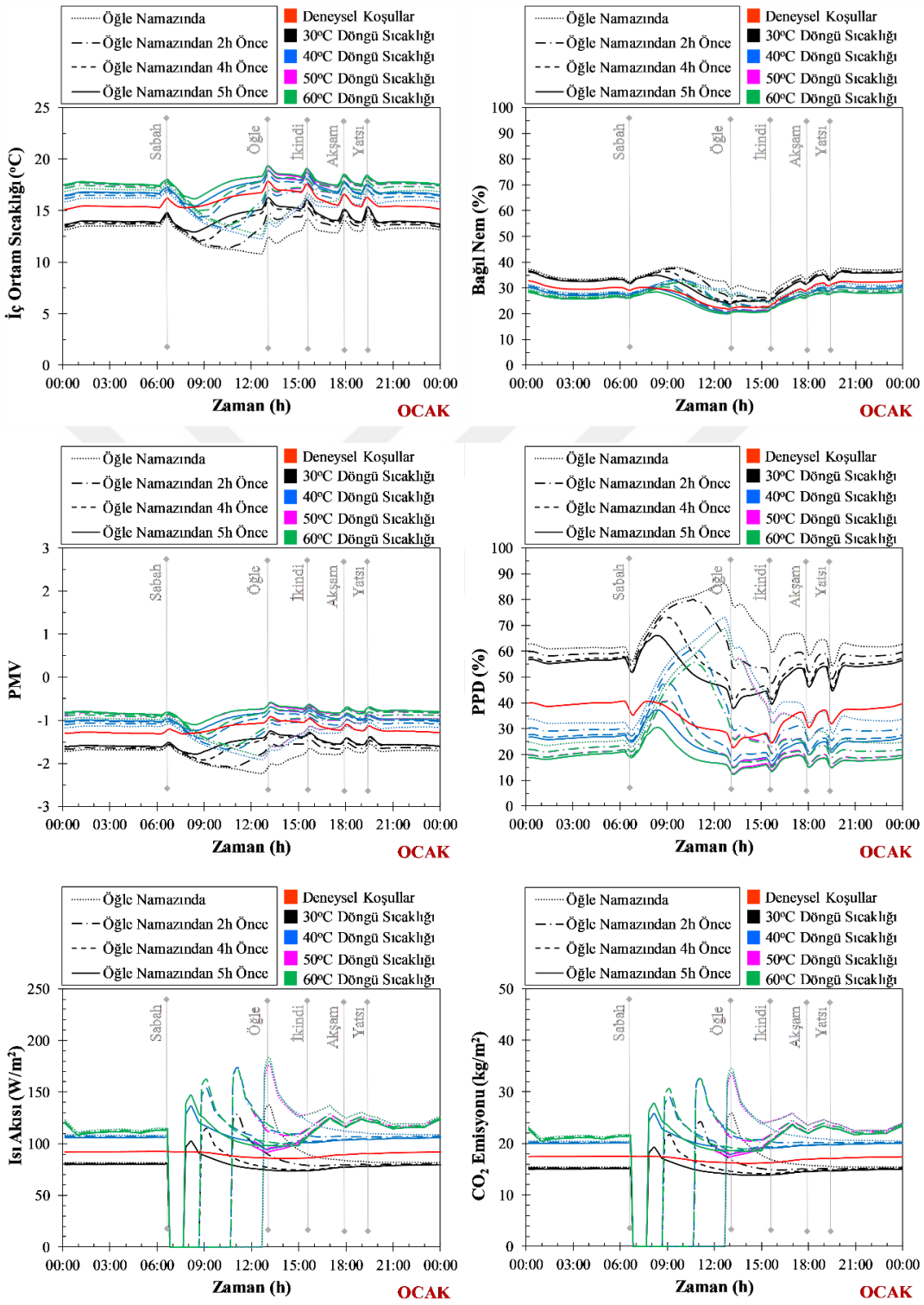
KASIM						
OSSDS	**Parametreler**	**Sabahtan 0h önce**	**Sabahtan 2h önce**	**Sabahtan 3h önce**	**Sabahtan 4h önce**	**Sabahtan 5h önce**
Deneysel	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	16.9	17.5	17.8	18.1	18.3
	BN (%)	50	49	48	47	46
	ORS (ºC)	18.1	18.7	19.0	19.3	19.6
	ÇS (ºC)	17.5	18.1	18.4	18.7	18.9
	PMV	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7	-0.6
	PPD (%)	29	24	22	20	18
	DT (kWh/gün)	142	157	165	172	178
	CO_2 salımı (kg/gün)	215	239	250	261	271
30ºC	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	16.9	17.5	17.8	18.1	18.3
	BN (%)	50	49	48	47	46
	ORS (ºC)	18.1	18.7	19.0	19.3	19.6
	ÇS (ºC)	17.5	18.1	18.4	18.7	18.9
	PMV	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7	-0.6
	PPD (%)	29	24	22	20	18
	DT (kWh/gün)	142	157	165	172	178
	CO_2 salımı (kg/gün)	215	239	250	261	271
40ºC	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	17.5	18.2	18.6	18.9	19.2
	BN (%)	49	47	46	45	44
	ORS (ºC)	18.7	19.5	19.8	20.2	20.5
	ÇS (ºC)	18.1	18.9	19.2	19.5	19.8
	PMV	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4
	PPD (%)	24	19	16	14	12
	DT (kWh/gün)	161	179	188	197	205
	CO_2 salımı (kg/gün)	244	272	285	298	310
50ºC	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	17.7	18.4	18.7	19.0	19.3
	BN (%)	48	46	45	45	44
	ORS (ºC)	18.9	19.6	20.0	20.3	20.7
	ÇS (ºC)	18.3	19.0	19.3	19.7	20.0
	PMV	-0.8	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4
	PPD (%)	23	18	16	14	12
	DT (kWh/gün)	164	183	192	200	208
	CO_2 salımı (kg/gün)	249	277	291	304	316
60ºC	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	18.6	19.3	19.6	19.9	20.2
	BN (%)	46	44	43	42	41
	ORS (ºC)	19.9	20.6	21.0	21.3	21.7
	ÇS (ºC)	19.2	20.0	20.3	20.6	21.0
	PMV	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2
	PPD (%)	20	15	13	11	10
	DT (kWh/gün)	192	210	219	228	237
	CO_2 salımı (kg/gün)	290	318	332	346	359

Tablo C.4. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-IV için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

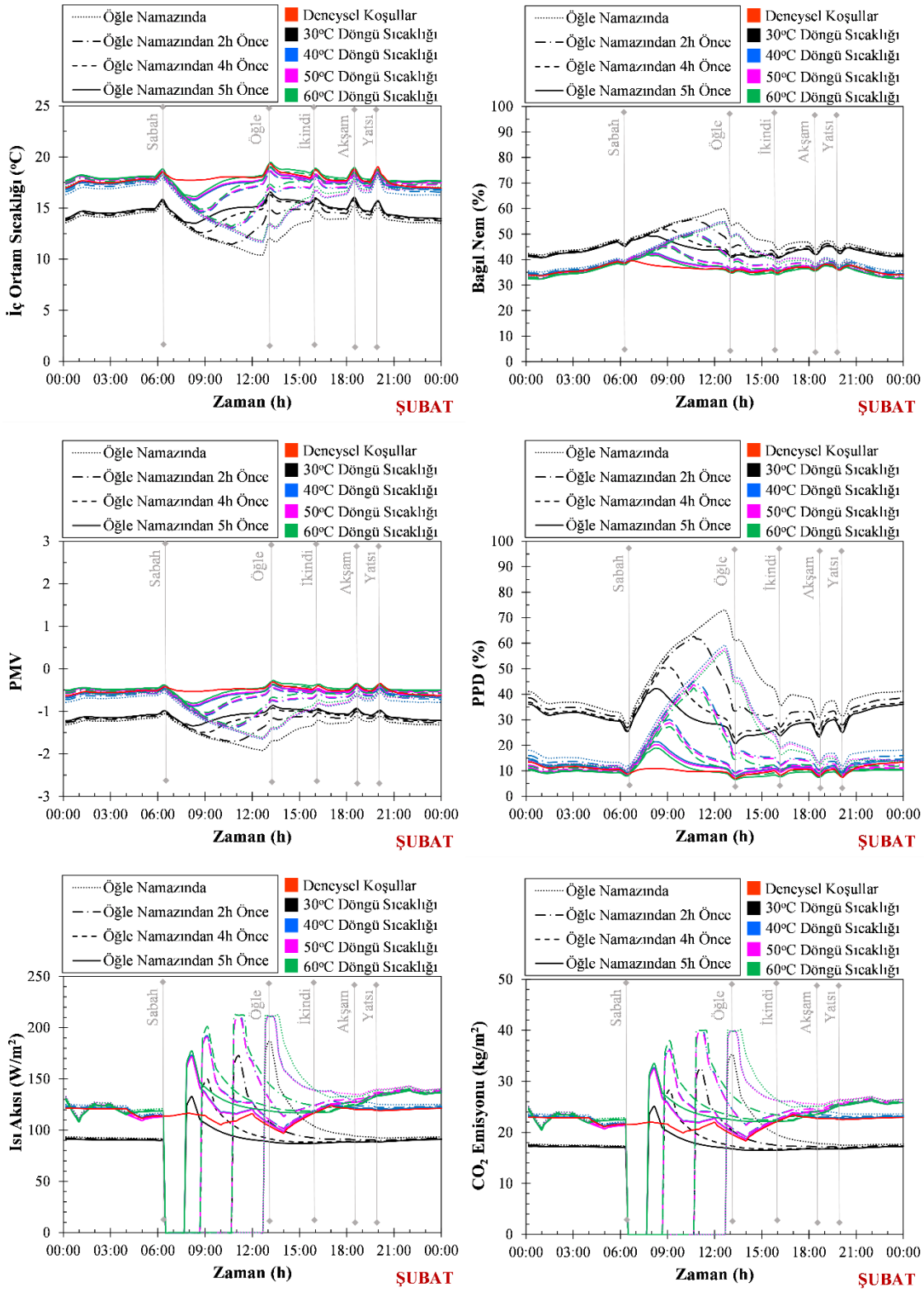
ARALIK

OSSDS	Parametreler	Sabahtan 0h önce	Sabahtan 2h önce	Sabahtan 4h önce	Sabahtan 5h önce	Sabahtan 6h önce
Deneysel	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	14.0	14.7	15.3	15.6	15.9
	BN (%)	56	54	51	50	49
	ORS (ºC)	15.0	15.8	16.5	16.8	17.1
	ÇS (ºC)	14.5	15.2	15.9	16.2	16.5
	PMV	-1.7	-1.5	-1.4	-1.3	-1.3
	PPD (%)	59	52	46	43	40
	DT (kWh/gün)	156	175	193	201	210
	CO_2 salımı (kg/gün)	237	266	294	307	320
30ºC	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	13.4	14.0	14.5	14.8	15.0
	BN (%)	58	56	54	53	52
	ORS (ºC)	14.4	15.0	15.6	15.9	16.2
	ÇS (ºC)	13.9	14.5	15.1	15.3	15.6
	PMV	-1.8	-1.7	-1.6	-1.5	-1.5
	PPD (%)	65	60	54	52	49
	DT (kWh/gün)	136	153	169	176	184
	CO_2 salımı (kg/gün)	208	233	258	269	280
40ºC	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	14.2	15.0	15.0	16.0	16.3
	BN (%)	55	53	50	49	48
	ORS (ºC)	15.3	16.1	16.9	17.2	17.6
	ÇS (ºC)	14.8	15.5	16.3	16.6	17.0
	PMV	-1.6	-1.5	-1.3	-1.2	-1.2
	PPD (%)	56	49	42	39	35
	DT (kWh/gün)	166	187	206	216	225
	CO_2 salımı (kg/gün)	252	284	314	329	343
50ºC	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	14.3	15.0	15.7	16.1	16.4
	BN (%)	55	52	50	49	48
	ORS (ºC)	15.4	16.2	16.9	17.3	17.7
	ÇS (ºC)	14.8	15.6	16.3	16.7	17.0
	PMV	-1.6	-1.5	-1.3	-1.2	-1.1
	PPD (%)	56	49	42	38	35
	DT (kWh/gün)	167	188	208	218	227
	CO_2 salımı (kg/gün)	254	287	318	332	346
60ºC	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	14.9	15.7	16.5	16.8	17.2
	BN (%)	53	50	48	47	46
	ORS (ºC)	16.1	16.9	17.8	18.1	18.5
	ÇS (ºC)	15.5	16.3	17.1	17.5	17.8
	PMV	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0
	PPD (%)	50	43	36	32	29
	DT (kWh/gün)	185	208	229	239	248
	CO_2 salımı (kg/gün)	282	316	348	364	378

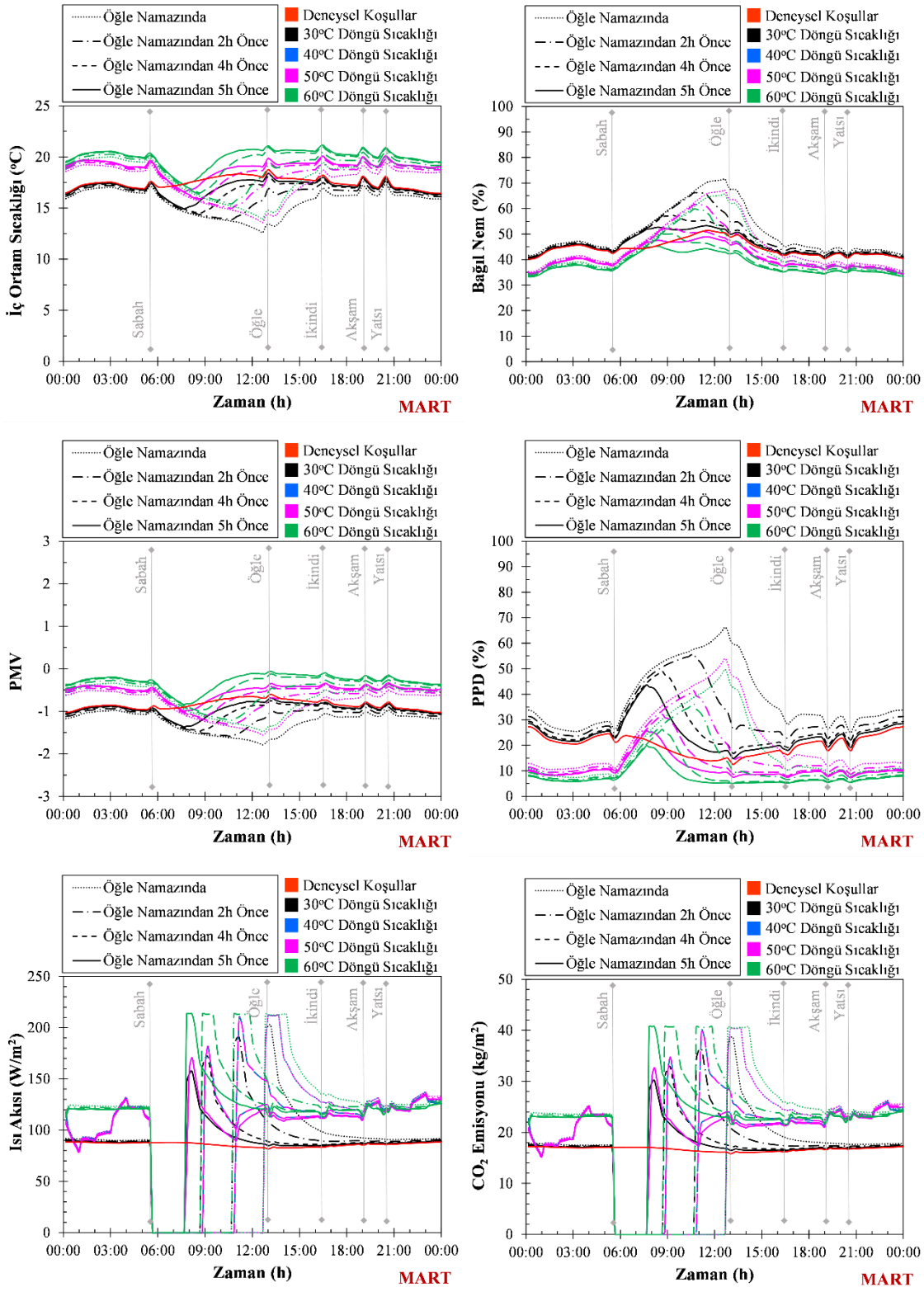
Kış Aylarında Elde Edilen Senaryo-V için Isıl Konfor, Zemindeki Isı Akısı ve CO_2 Salımı



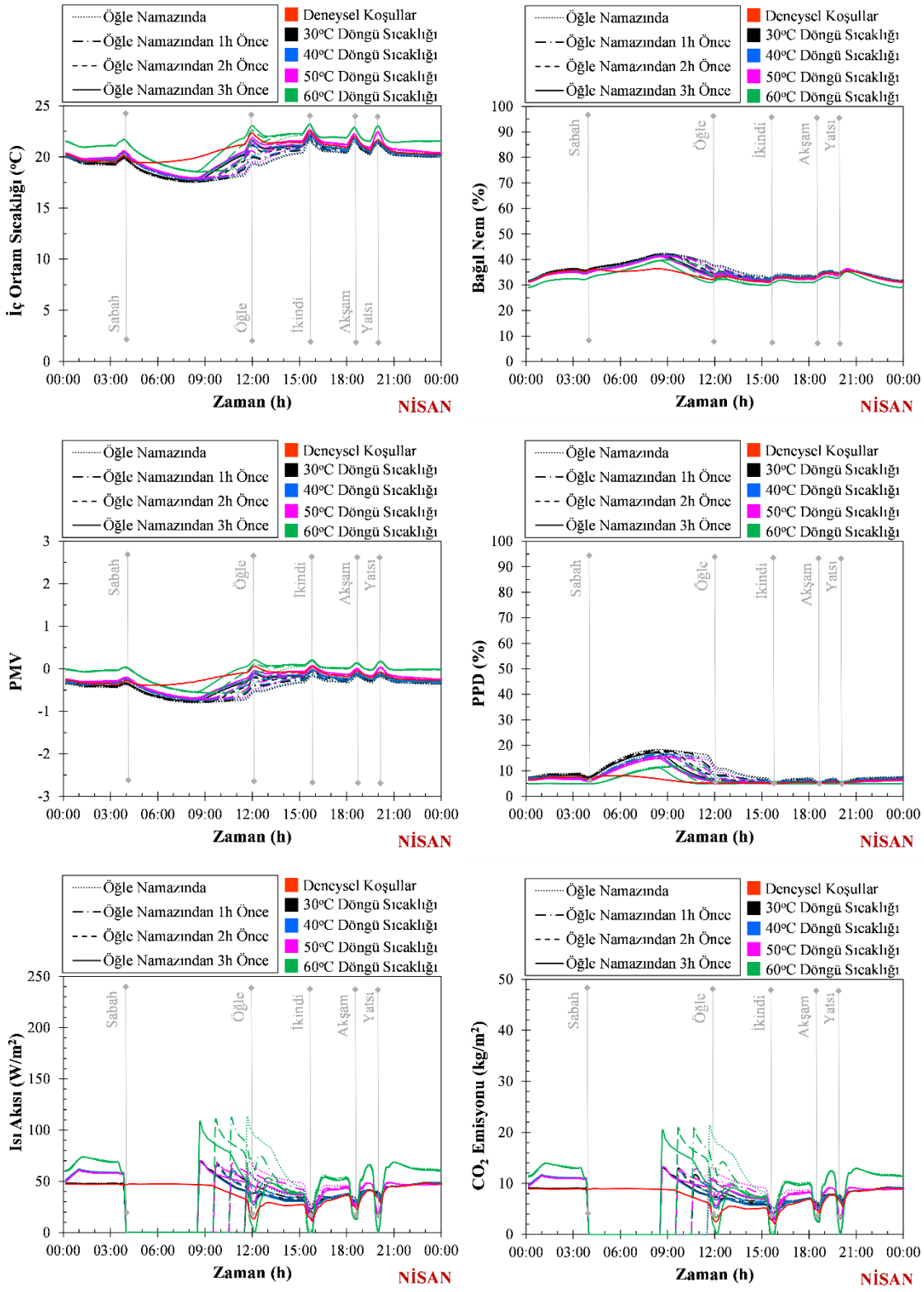
Şekil C.25. Ocak ayında elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



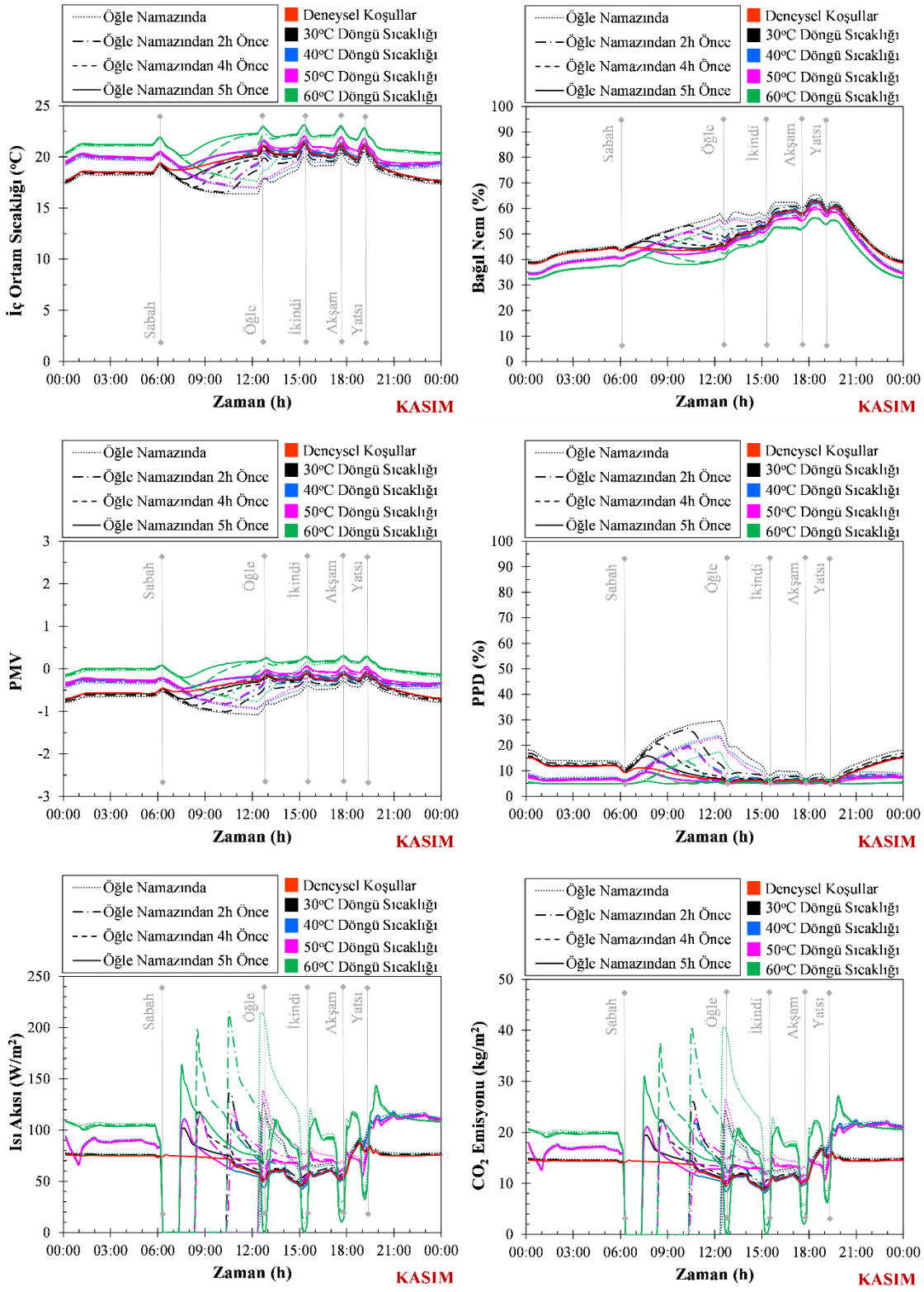
Şekil C.26. Şubat ayında elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



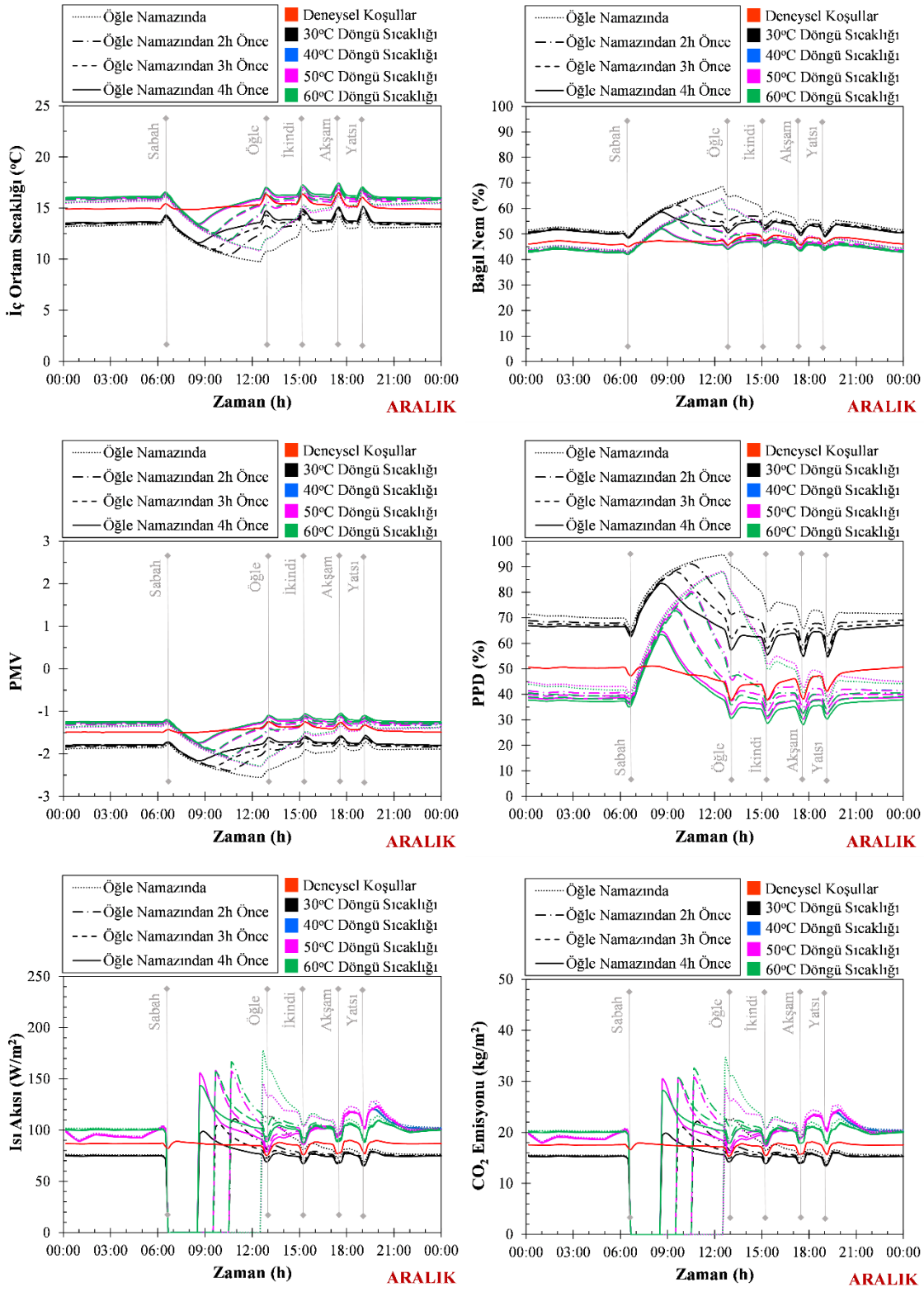
Şekil C.27. Mart ayında elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.28. Nisan ayında elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.29. Kasım ayında elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil C.30. Aralık ayında elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Tablo C.5. Kış aylarında elde edilen Senaryo-V için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

OCAK						
OSSDS	**Parametreler**	**Öğleden 0h önce**	**Öğleden 2h önce**	**Öğleden 3h önce**	**Öğleden 4h önce**	**Öğleden 5h önce**
Deneysel	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	15.8	16.5	16.8	17.1	17.3
	BN (%)	41	39	38	38	37
	ORS (ºC)	16.0	17.4	17.7	18.0	18.3
	ÇS (ºC)	16.3	17.0	17.3	17.6	17.8
	PMV	-1.2	-1.0	-1.0	-0.9	-0.9
	PPD (%)	37	31	29	26	24
	DT (kWh/gün)	212	228	235	242	248
	CO_2 salımı (kg/gün)	322	345	356	367	376
30ºC	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	14.7	15.2	15.5	15.8	16.0
	BN (%)	44	42	42	41	40
	ORS (ºC)	15.6	16.1	16.4	16.7	16.9
	ÇS (ºC)	15.1	15.7	16.0	16.2	16.4
	PMV	-1.4	-1.3	-1.2	-1.2	-1.1
	PPD (%)	47	42	39	37	35
	DT (kWh/gün)	182	196	202	208	213
	CO_2 salımı (kg/gün)	276	296	306	315	322
40ºC	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	16.6	17.3	17.6	17.9	18.2
	BN (%)	39	37	37	36	35
	ORS (ºC)	17.5	18.2	18.6	18.9	19.2
	ÇS (ºC)	17.0	17.8	18.1	18.4	18.7
	PMV	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7
	PPD (%)	30	24	21	19	17
	DT (kWh/gün)	233	250	258	265	272
	CO_2 salımı (kg/gün)	353	379	391	402	412
50ºC	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	16.8	17.5	17.9	18.2	18.5
	BN (%)	39	37	36	35	35
	ORS (ºC)	17.2	18.5	18.9	19.2	19.5
	ÇS (ºC)	17.3	18.0	18.4	18.7	19.0
	PMV	-1.0	-0.8	-0.7	-0.7	-0.6
	PPD (%)	27	21	19	17	15
	DT (kWh/gün)	242	259	267	275	282
	CO_2 salımı (kg/gün)	366	392	405	416	427
60ºC	DHS (ºC)	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
	İHS (ºC)	17.3	18.1	18.4	18.7	19.0
	BN (%)	37	36	35	34	34
	ORS (ºC)	18.3	19.1	19.4	19.7	20.0
	ÇS (ºC)	17.8	18.6	18.9	19.2	19.5
	PMV	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5
	PPD (%)	25	20	17	15	14
	DT (kWh/gün)	255	273	281	288	295
	CO_2 salımı (kg/gün)	386	413	426	437	447

Tablo C.5. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-V için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

ŞUBAT						
OSSDS	**Parametreler**	**Öğleden 0h önce**	**Öğleden 2h önce**	**Öğleden 3h önce**	**Öğleden 4h önce**	**Öğleden 5h önce**
Deneysel	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	15.7	16.5	16.8	17.1	17.4
	BN (%)	33	32	31	31	30
	ORS (ºC)	17.2	18.0	18.3	18.7	19.0
	ÇS (ºC)	16.4	17.2	17.6	17.9	18.2
	PMV	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7	-0.6
	PPD (%)	30	24	22	20	18
	DT (kWh/gün)	270	289	299	311	316
	CO_2 salımı (kg/gün)	409	438	453	472	478
30ºC	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	13.9	14.5	14.8	15.0	15.2
	BN (%)	37	36	35	35	34
	ORS (ºC)	15.2	15.9	16.2	16.4	16.7
	ÇS (ºC)	14.6	15.2	15.5	15.7	16.0
	PMV	-1.3	-1.2	-1.1	-1.1	-1.0
	PPD (%)	44	40	38	36	34
	DT (kWh/gün)	214	230	237	245	251
	CO_2 salımı (kg/gün)	325	349	360	371	380
40ºC	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	15.7	16.5	16.8	17.1	17.4
	BN (%)	33	32	31	31	30
	ORS (ºC)	17.2	18.0	18.3	18.7	19.0
	ÇS (ºC)	16.4	17.2	17.6	17.9	18.2
	PMV	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7	-0.6
	PPD (%)	30	24	22	20	18
	DT (kWh/gün)	270	289	302	308	316
	CO_2 salımı (kg/gün)	409	438	458	467	478
50ºC	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	16.4	17.2	17.5	17.9	18.2
	BN (%)	32	31	30	29	29
	ORS (ºC)	17.9	18.7	19.1	19.5	19.8
	ÇS (ºC)	17.1	18.0	18.3	1.7	19.0
	PMV	-0.8	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4
	PPD (%)	24	19	16	14	12
	DT (kWh/gün)	291	313	327	333	342
	CO_2 salımı (kg/gün)	442	474	495	505	519
60ºC	DHS (ºC)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
	İHS (ºC)	16.8	17.6	18.0	18.4	18.7
	BN (%)	31	30	29	28	28
	ORS (ºC)	18.4	19.3	19.6	20.0	20.3
	ÇS (ºC)	17.6	18.5	18.8	19.2	19.5
	PMV	-0.7	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3
	PPD (%)	23	18	16	14	12
	DT (kWh/gün)	306	327	341	348	357
	CO_2 salımı (kg/gün)	464	496	518	527	540

Tablo C.5. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-V için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

MART						
OSSDS	**Parametreler**	**Öğleden 0h önce**	**Öğleden 2h önce**	**Öğleden 3h önce**	**Öğleden 4h önce**	**Öğleden 5h önce**
Deneysel	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	16.2	16.8	17.1	17.3	17.6
	BN (%)	42	40	40	39	38
	ORS (ºC)	17.8	18.4	18.7	19.0	19.3
	ÇS (ºC)	17.0	17.6	17.9	18.2	18.4
	PMV	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.8
	PPD (%)	35	30	28	26	24
	DT (kWh/gün)	201	216	224	231	237
	CO_2 salımı (kg/gün)	305	329	340	350	360
30ºC	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	16.2	16.8	17.1	17.3	17.6
	BN (%)	42	40	40	39	38
	ORS (ºC)	17.8	18.4	18.7	19.0	19.3
	ÇS (ºC)	17.0	17.6	17.9	18.2	18.4
	PMV	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.8
	PPD (%)	35	30	28	26	24
	DT (kWh/gün)	201	216	224	231	237
	CO_2 salımı (kg/gün)	305	329	340	350	360
40ºC	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	18.0	18.7	19.0	19.3	19.6
	BN (%)	38	36	35	35	34
	ORS (ºC)	19.7	20.4	20.8	21.1	21.5
	ÇS (ºC)	18.8	19.6	19.9	20.2	20.6
	PMV	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3
	PPD (%)	21	16	14	12	10
	DT (kWh/gün)	252	269	279	288	296
	CO_2 salımı (kg/gün)	382	409	423	437	450
50ºC	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	18.2	18.9	19.2	19.5	19.8
	BN (%)	37	36	35	34	34
	ORS (ºC)	19.9	20.7	21.0	21.4	21.7
	ÇS (ºC)	19.0	19.8	20.1	20.4	20.8
	PMV	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3
	PPD (%)	19	15	13	11	9
	DT (kWh/gün)	258	275	285	294	303
	CO_2 salımı (kg/gün)	392	417	432	446	459
60ºC	DHS (ºC)	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	İHS (ºC)	18.7	19.4	19.7	20.0	20.3
	BN (%)	36	35	34	33	33
	ORS (ºC)	20.4	21.2	21.6	21.9	22.2
	ÇS (ºC)	19.5	20.3	20.7	21.0	21.3
	PMV	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2
	PPD (%)	18	14	12	10	9
	DT (kWh/gün)	274	292	301	310	318
	CO_2 salımı (kg/gün)	416	443	457	471	482

Tablo C.5. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-V için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

NİSAN					
OSSDS	**Parametreler**	**Öğleden 0h önce**	**Öğleden 1h önce**	**Öğleden 2h önce**	**Öğleden 3h önce**
Deneysel	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	18.8	18.9	19.1	19.3
	BN (%)	43	42	42	41
	ORS (ºC)	19.9	20.1	20.3	20.5
	ÇS (ºC)	19.3	19.5	19.7	19.9
	PMV	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5
	PPD (%)	18	17	17	16
	DT (kWh/gün)	90	94	98	102
	CO_2 salımı (kg/gün)	137	142	148	154
30ºC	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	18.8	18.9	19.1	19.3
	BN (%)	43	42	42	41
	ORS (ºC)	19.9	20.1	20.3	20.5
	ÇS (ºC)	19.3	19.5	19.7	19.9
	PMV	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5
	PPD (%)	18	17	17	16
	DT (kWh/gün)	90	94	98	102
	CO_2 salımı (kg/gün)	136	142	148	154
40ºC	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	19.2	19.4	19.6	19.8
	BN (%)	41	41	41	40
	ORS (ºC)	20.4	20.6	20.8	21.0
	ÇS (ºC)	19.8	20.0	20.2	20.4
	PMV	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3
	PPD (%)	15	14	13	12
	DT (kWh/gün)	100	104	108	113
	CO_2 salımı (kg/gün)	152	158	164	171
50ºC	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	19.3	19.5	19.7	19.9
	BN (%)	41	41	40	40
	ORS (ºC)	20.5	20.7	20.9	21.1
	ÇS (ºC)	19.9	20.1	20.3	20.5
	PMV	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3
	PPD (%)	15	14	13	12
	DT (kWh/gün)	103	107	111	116
	CO_2 salımı (kg/gün)	156	163	169	175
60ºC	DHS (ºC)	12.1	12.1	12.1	12.1
	İHS (ºC)	20.0	20.2	20.4	20.6
	BN (%)	40	39	39	38
	ORS (ºC)	21.3	21.5	21.6	21.8
	ÇS (ºC)	20.7	20.8	21.0	21.2
	PMV	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
	PPD (%)	13	12	11	11
	DT (kWh/gün)	121	125	129	133
	CO_2 salımı (kg/gün)	184	190	195	202

Tablo C.5. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-V için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

KASIM						
OSSDS	**Parametreler**	**Öğleden 0h önce**	**Öğleden 2h önce**	**Öğleden 3h önce**	**Öğleden 4h önce**	**Öğleden 5h önce**
Deneysel	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	18.2	18.7	18.9	19.1	19.2
	BN (%)	46	45	44	44	43
	ORS (ºC)	19.5	20.0	20.2	20.4	21.6
	ÇS (ºC)	18.9	19.3	19.5	19.7	19.9
	PMV	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4
	PPD (%)	18	15	14	13	12
	DT (kWh/gün)	173	185	191	196	201
	CO_2 salımı (kg/gün)	263	281	290	298	305
30ºC	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	18.2	18.7	18.9	19.1	19.2
	BN (%)	46	45	44	44	43
	ORS (ºC)	19.5	20.0	20.2	20.4	20.6
	ÇS (ºC)	18.9	19.3	19.5	19.7	19.9
	PMV	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4
	PPD (%)	18	15	14	13	12
	DT (kWh/gün)	173	185	191	196	201
	CO_2 salımı (kg/gün)	263	281	290	298	305
40ºC	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	19.1	19.6	19.9	20.1	20.3
	BN (%)	44	43	42	41	41
	ORS (ºC)	20.5	21.0	21.3	21.5	21.7
	ÇS (ºC)	19.8	20.3	20.6	20.8	21.0
	PMV	-0.5	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
	PPD (%)	12	9	8	8	7
	DT (kWh/gün)	200	214	220	226	232
	CO_2 salımı (kg/gün)	304	324	334	343	351
50ºC	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	19.3	19.8	20.0	20.2	20.4
	BN (%)	43	42	42	41	41
	ORS (ºC)	20.6	21.2	21.4	21.6	21.8
	ÇS (ºC)	20.0	20.5	20.7	20.9	21.1
	PMV	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2
	PPD (%)	12	9	8	8	7
	DT (kWh/gün)	204	217	223	230	235
	CO_2 salımı (kg/gün)	310	329	339	348	356
60ºC	DHS (ºC)	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6
	İHS (ºC)	20.3	20.8	21.0	21.2	21.4
	BN (%)	41	40	39	39	38
	ORS (ºC)	21.7	22.2	22.5	22.7	22.9
	ÇS (ºC)	21.0	21.5	21.7	21.9	22.1
	PMV	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0
	PPD (%)	9	8	7	7	6
	DT (kWh/gün)	233	247	253	258	263
	CO_2 salımı (kg/gün)	353	374	383	392	399

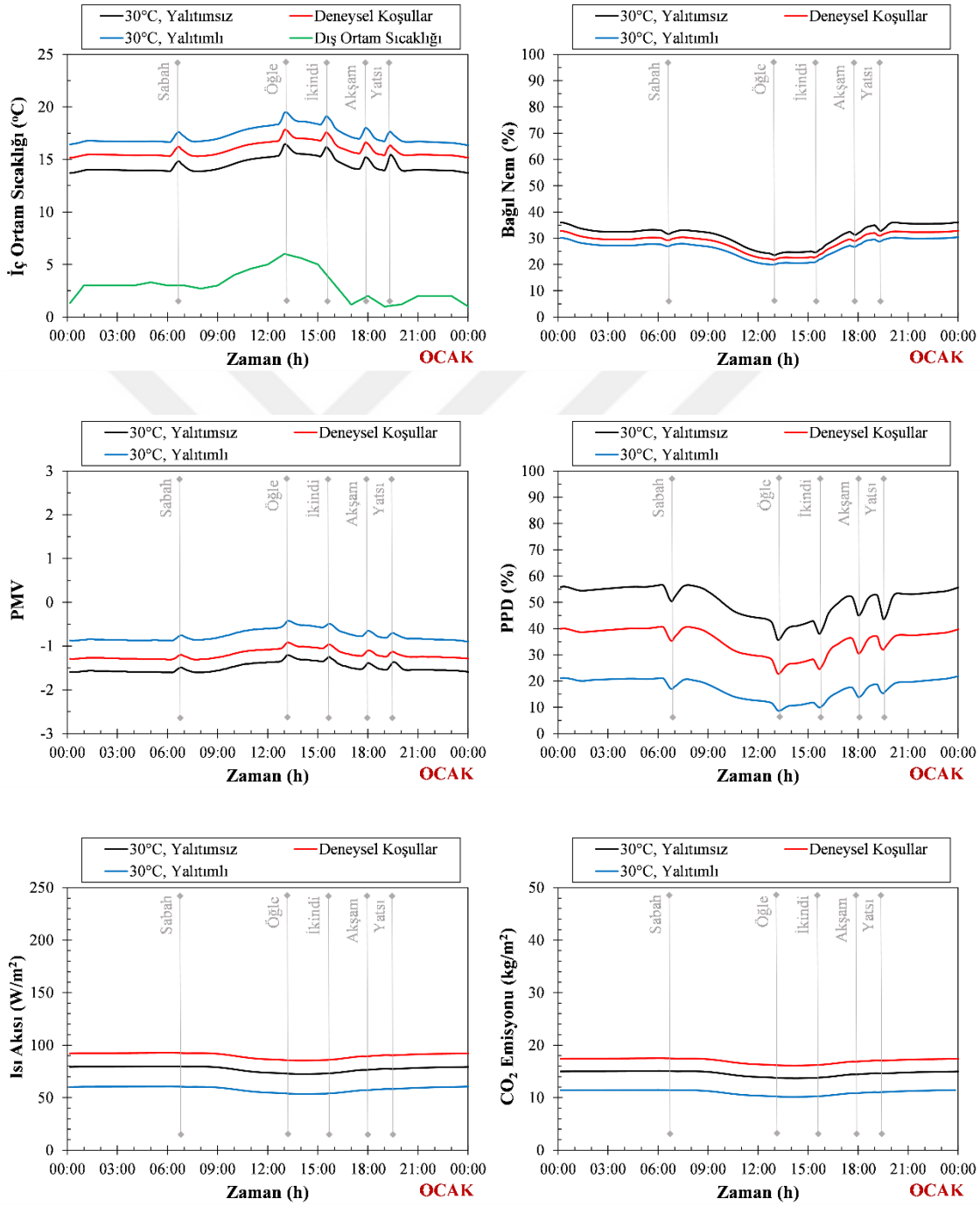
Tablo C.5. (Devam) Kış aylarında elde edilen Senaryo-V için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

ARALIK

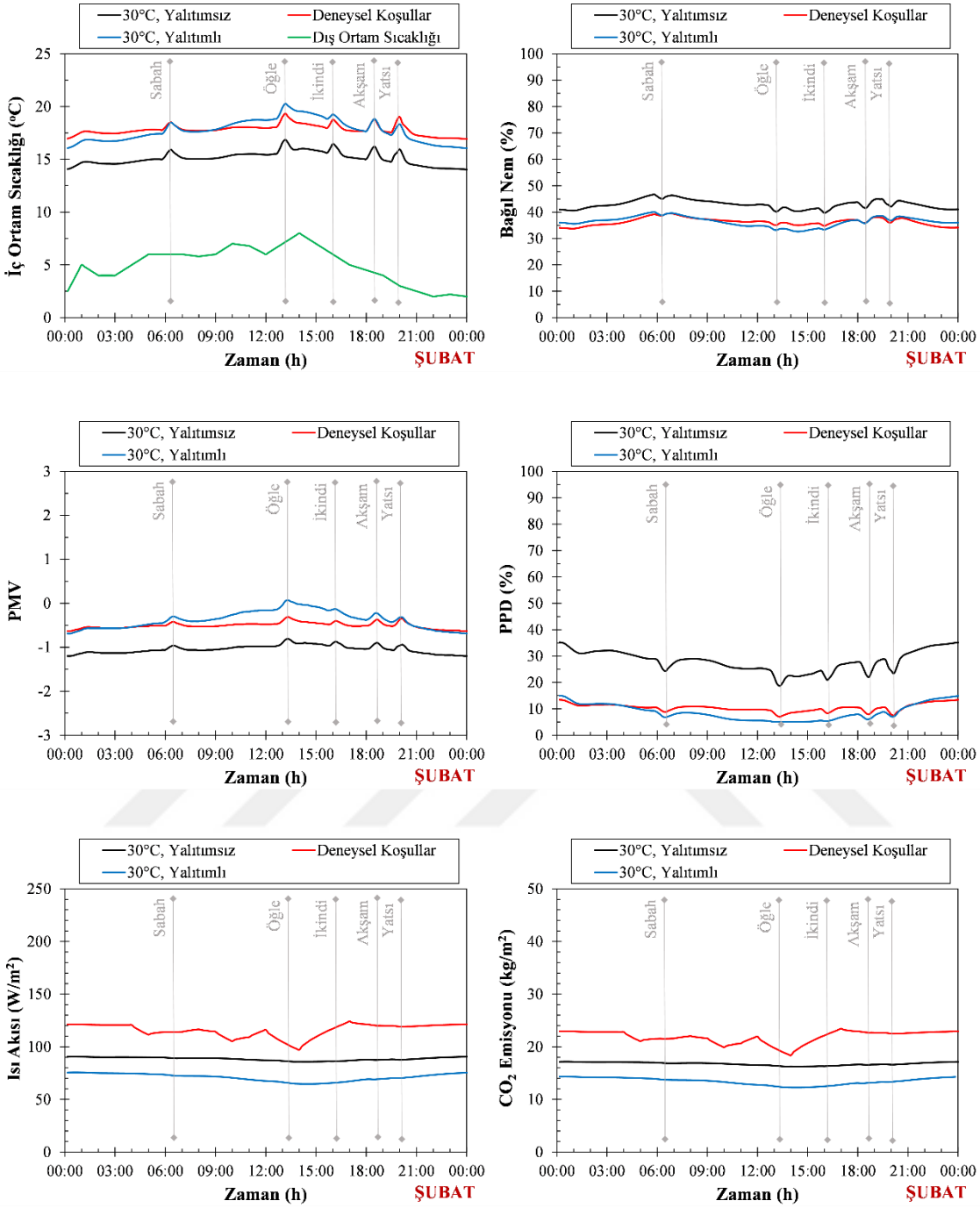
OSSDS	Parametreler	Öğleden 0h önce	Öğleden 1h önce	Öğleden 2h önce	Öğleden 3h önce	Öğleden 4h önce
Deneysel	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	15.8	16.0	16.3	16.6	16.8
	BN (%)	50	49	48	47	46
	ORS (ºC)	17.0	17.3	17.6	17.8	18.1
	ÇS (ºC)	16.4	16.7	16.9	17.2	17.5
	PMV	-1.3	-1.2	-1.2	-1.1	-1.1
	PPD (%)	41	38	35	33	30
	DT (kWh/gün)	200	208	216	224	231
	CO_2 salımı (kg/gün)	305	317	330	341	352
30ºC	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	14.9	15.1	15.4	15.6	15.8
	BN (%)	52	52	51	50	49
	ORS (ºC)	16.0	16.3	16.5	16.8	17.0
	ÇS (ºC)	15.4	15..71	16.0	16.2	16.4
	PMV	-1.5	-1.4	-1.4	-1.3	-1.3
	PPD (%)	51	48	46	43	41
	DT (kWh/gün)	175	182	189	196	202
	CO_2 salımı (kg/gün)	267	278	289	299	309
40ºC	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	16.2	16.5	16.8	17.1	17.3
	BN (%)	48	47	47	46	45
	ORS (ºC)	17.5	17.8	18.1	18.4	18.6
	ÇS (ºC)	16.8	17.1	17.4	17.7	18.0
	PMV	-1.2	-1.1	-1.1	-1.0	-0.9
	PPD (%)	36	33	30	28	25
	DT (kWh/gün)	215	223	232	240	247
	CO_2 salımı (kg/gün)	327	340	353	365	377
50ºC	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	16.3	16.6	16.9	17.2	17.4
	BN (%)	48	47	46	46	45
	ORS (ºC)	17.5	17.9	18.2	18.5	18.7
	ÇS (ºC)	16.9	17.2	17.5	17.8	18.1
	PMV	-1.2	-1.1	-1.0	-1.0	-0.9
	PPD (%)	35	32	30	27	24
	DT (kWh/gün)	217	226	234	242	250
	CO_2 salımı (kg/gün)	331	344	357	369	381
60ºC	DHS (ºC)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
	İHS (ºC)	17.0	17.4	17.7	18.0	18.3
	BN (%)	46	45	44	43	42
	ORS (ºC)	18.3	18.7	19.0	19.3	19.6
	ÇS (ºC)	17.7	18.0	18.3	18.7	18.9
	PMV	-1.0	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7
	PPD (%)	30	27	24	22	19
	DT (kWh/gün)	237	247	256	264	272
	CO_2 salımı (kg/gün)	361	376	389	403	415

Ek-D

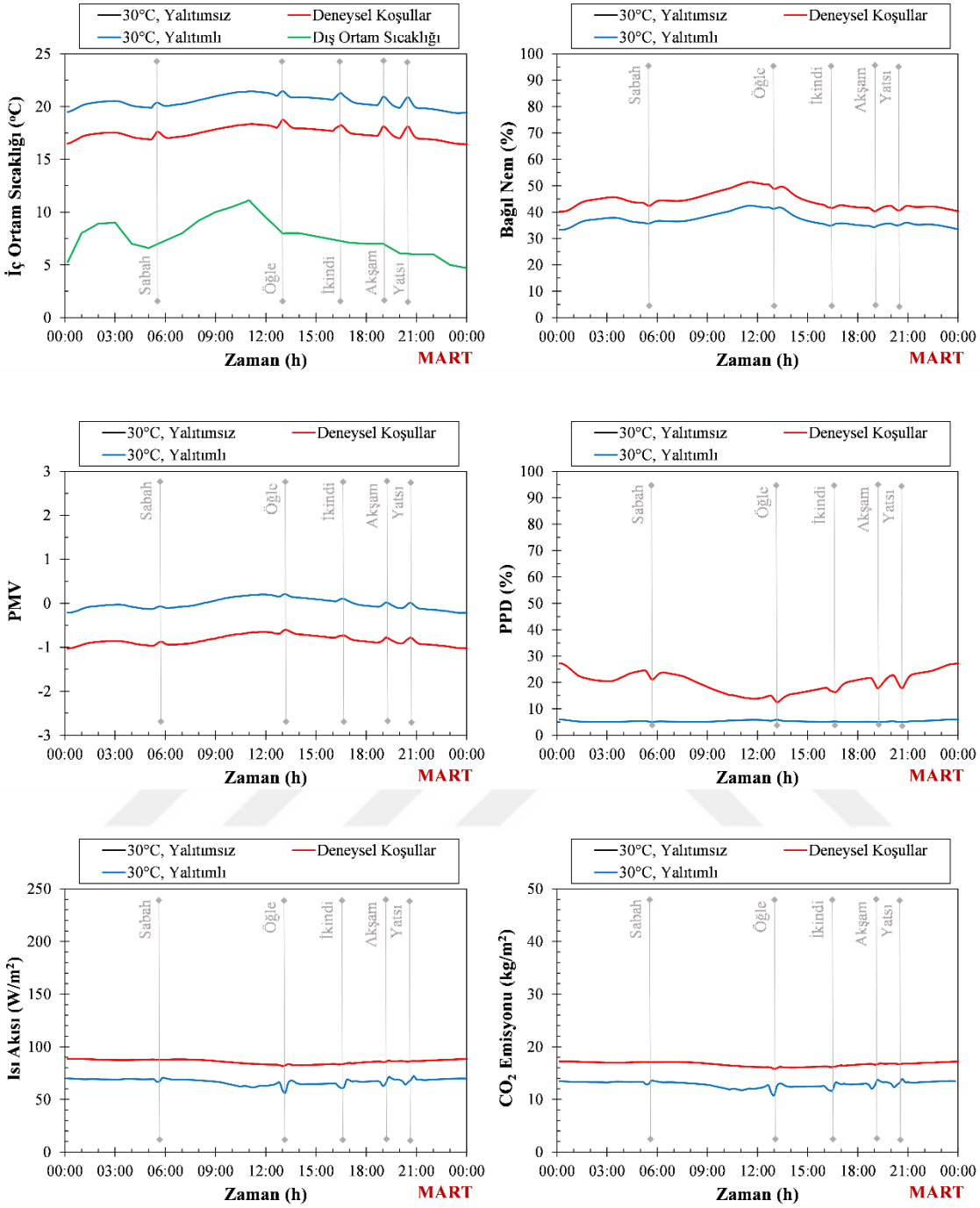
Yalıtım Uygulaması ile Kış Aylarında Elde Edilen Senaryo-I için Isıl Konfor, Zemindeki Isı Akısı ve CO_2 Salımı



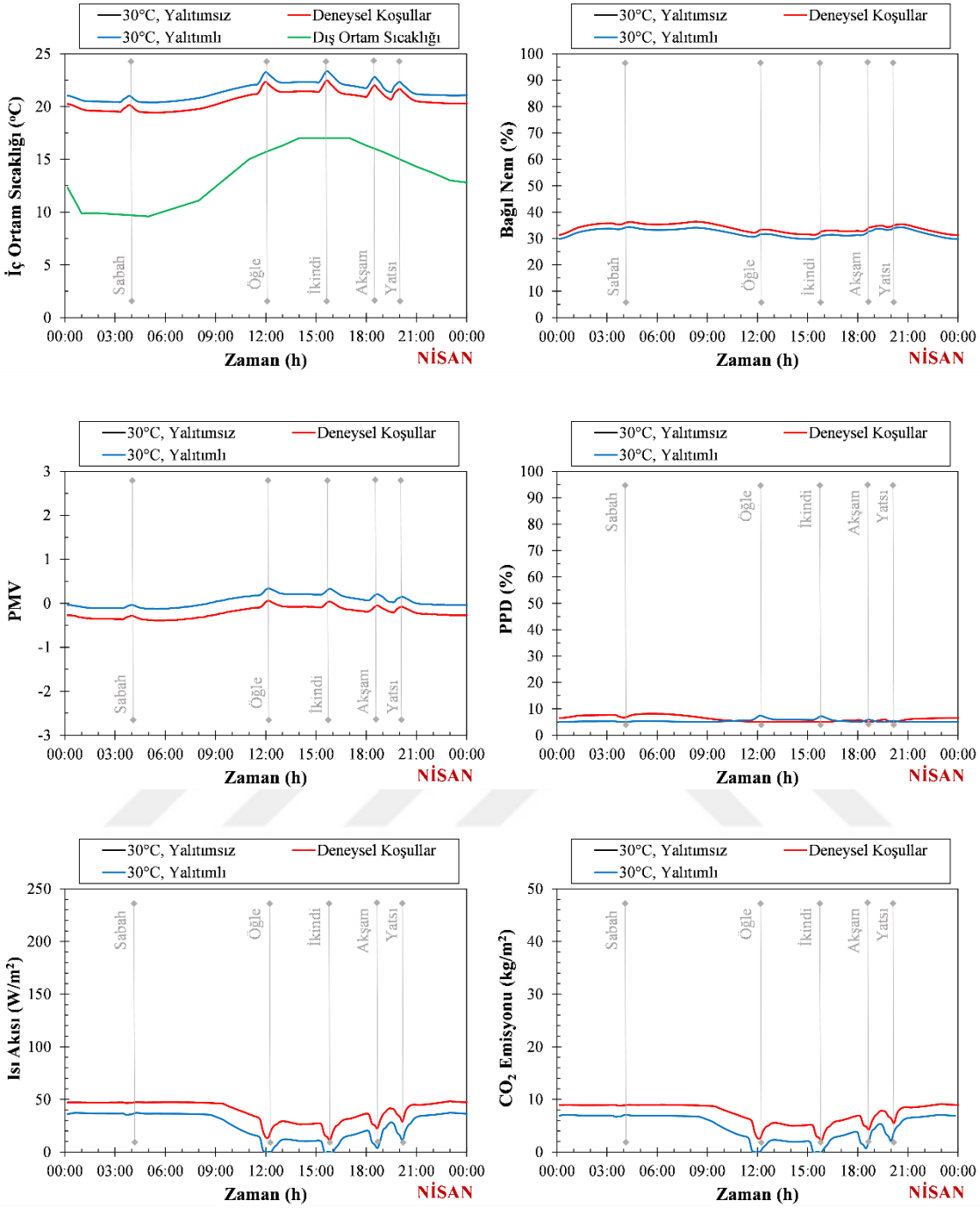
Şekil D.1. Ocak ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



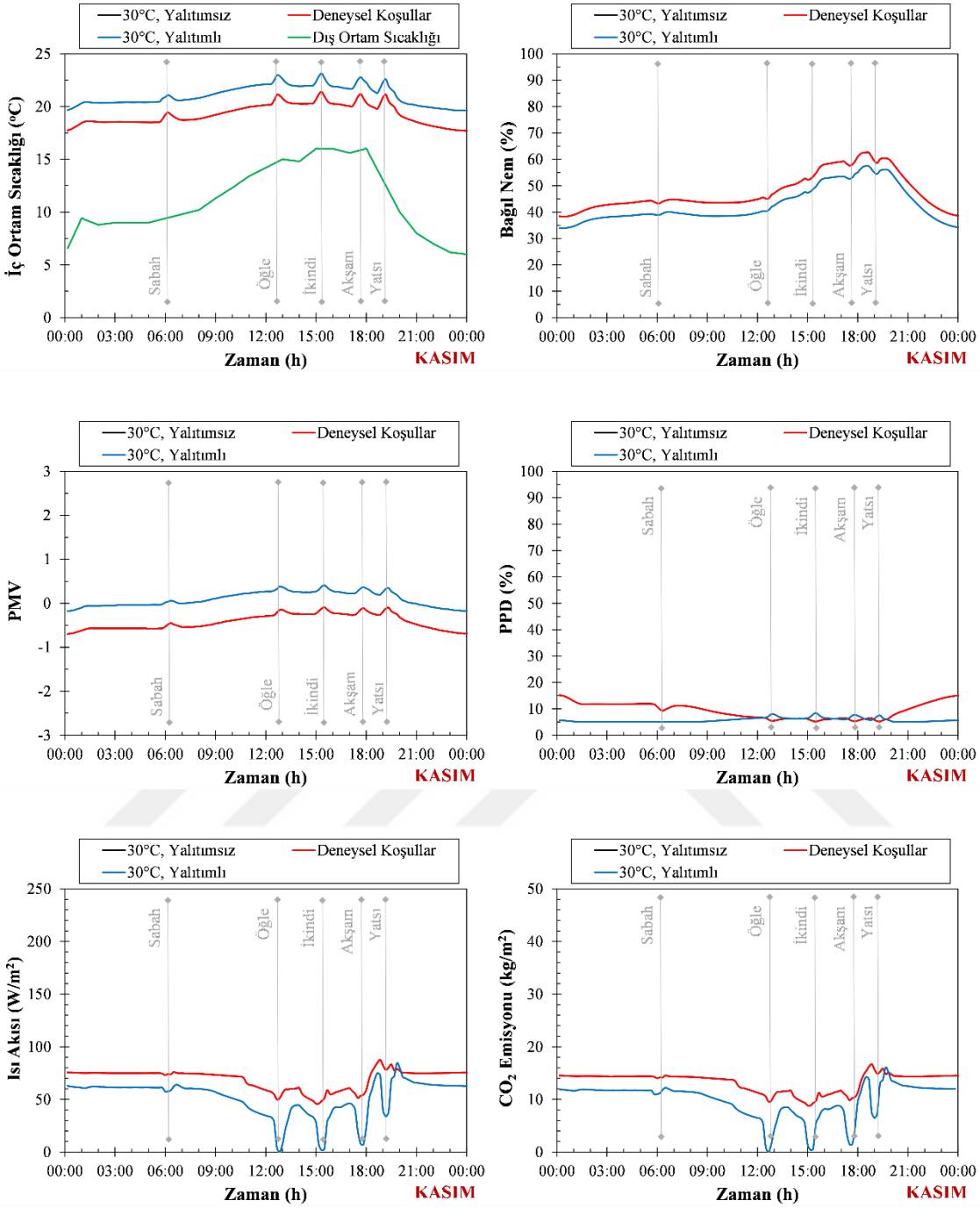
Şekil D.2. Şubat ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



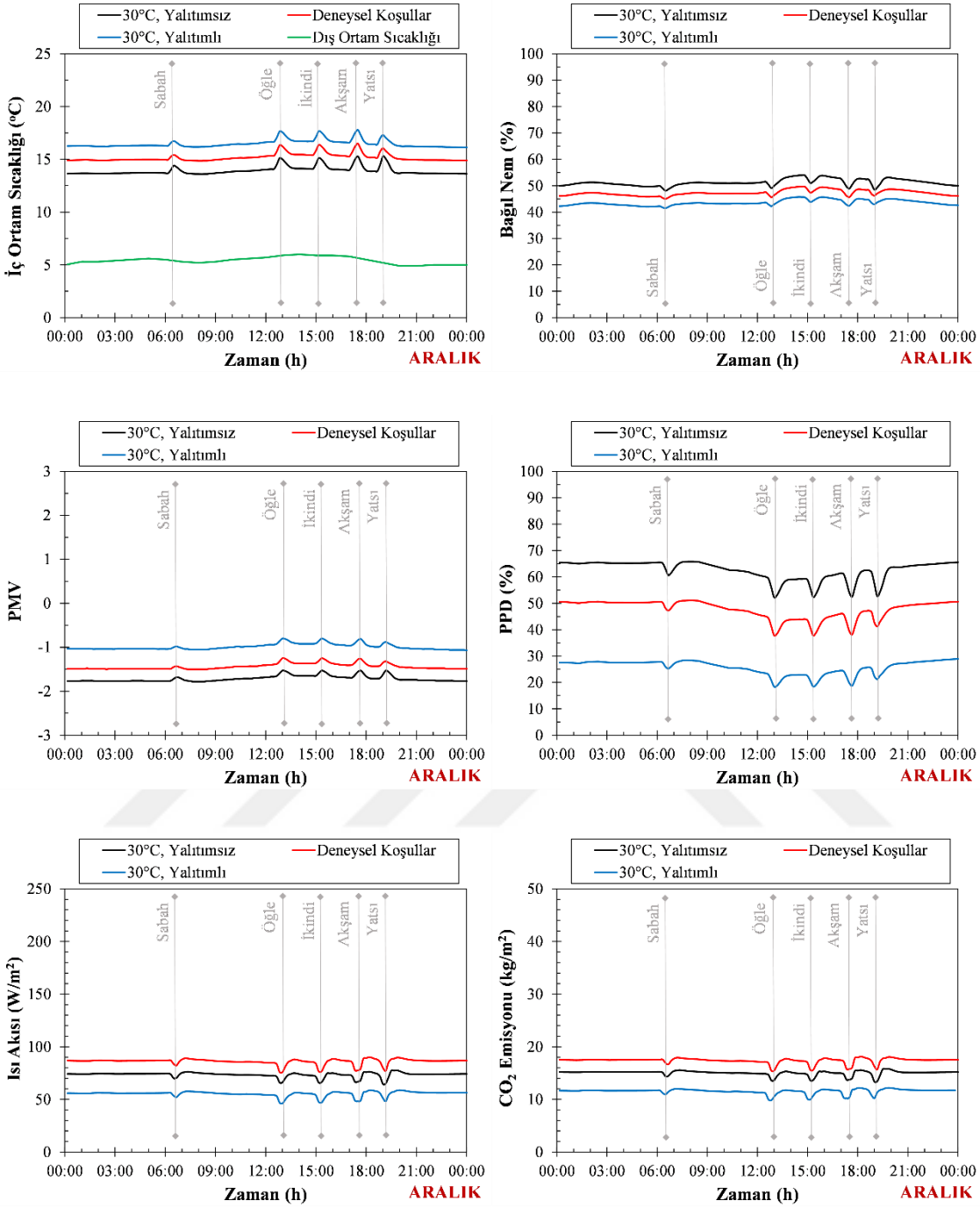
Şekil D.3. Mart ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil D.4. Nisan ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

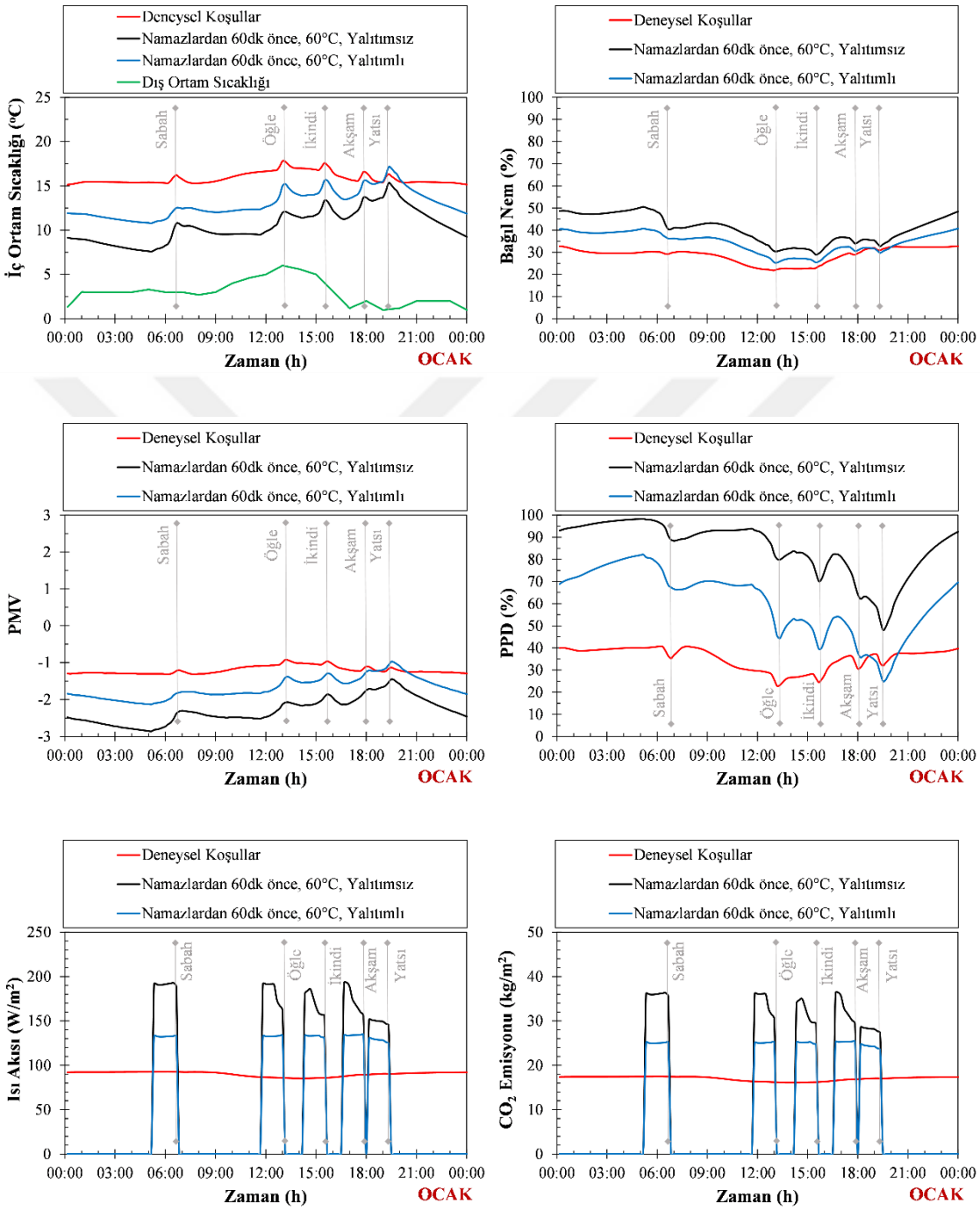


Şekil D.5. Kasım ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

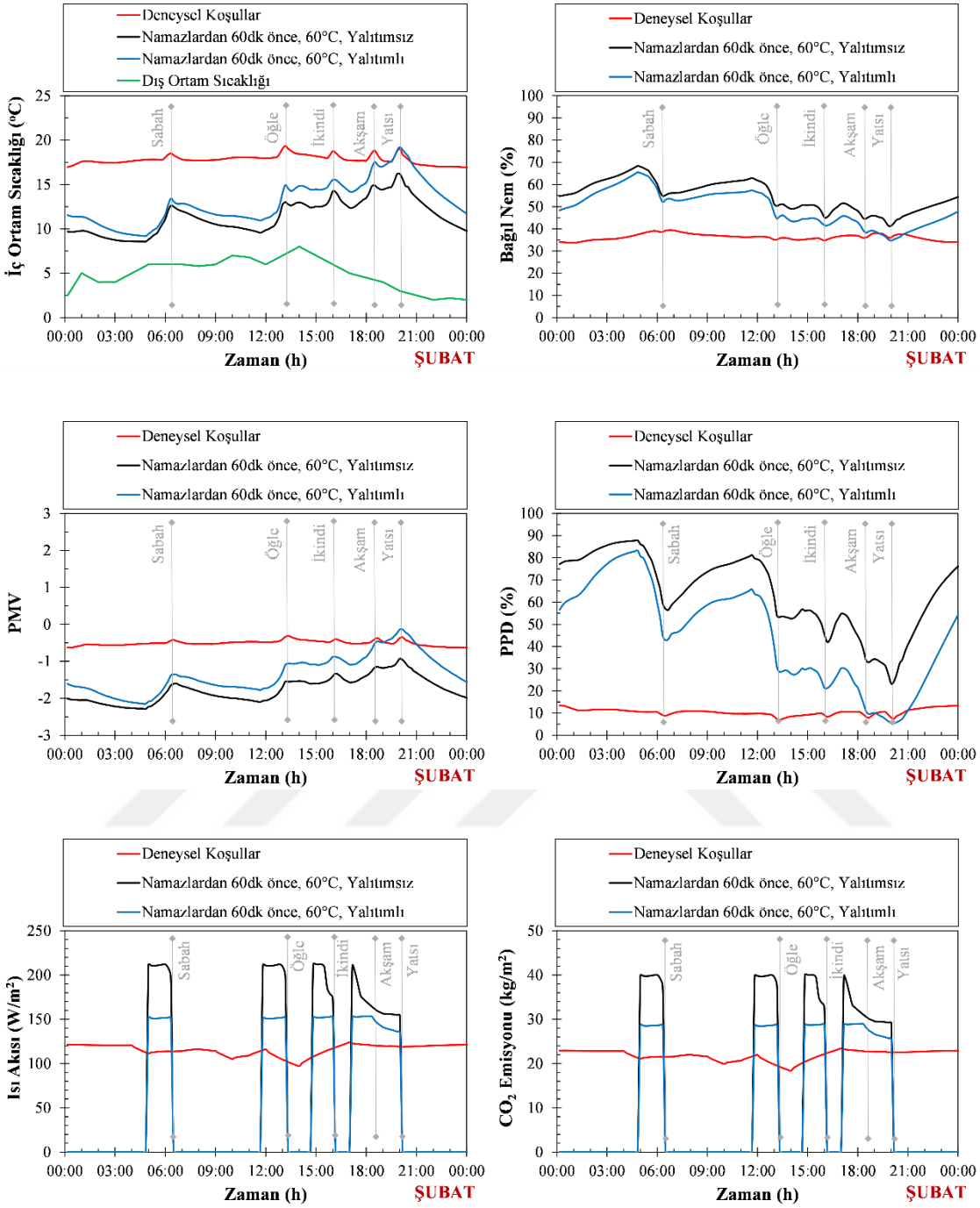


Şekil D.6. Aralık ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

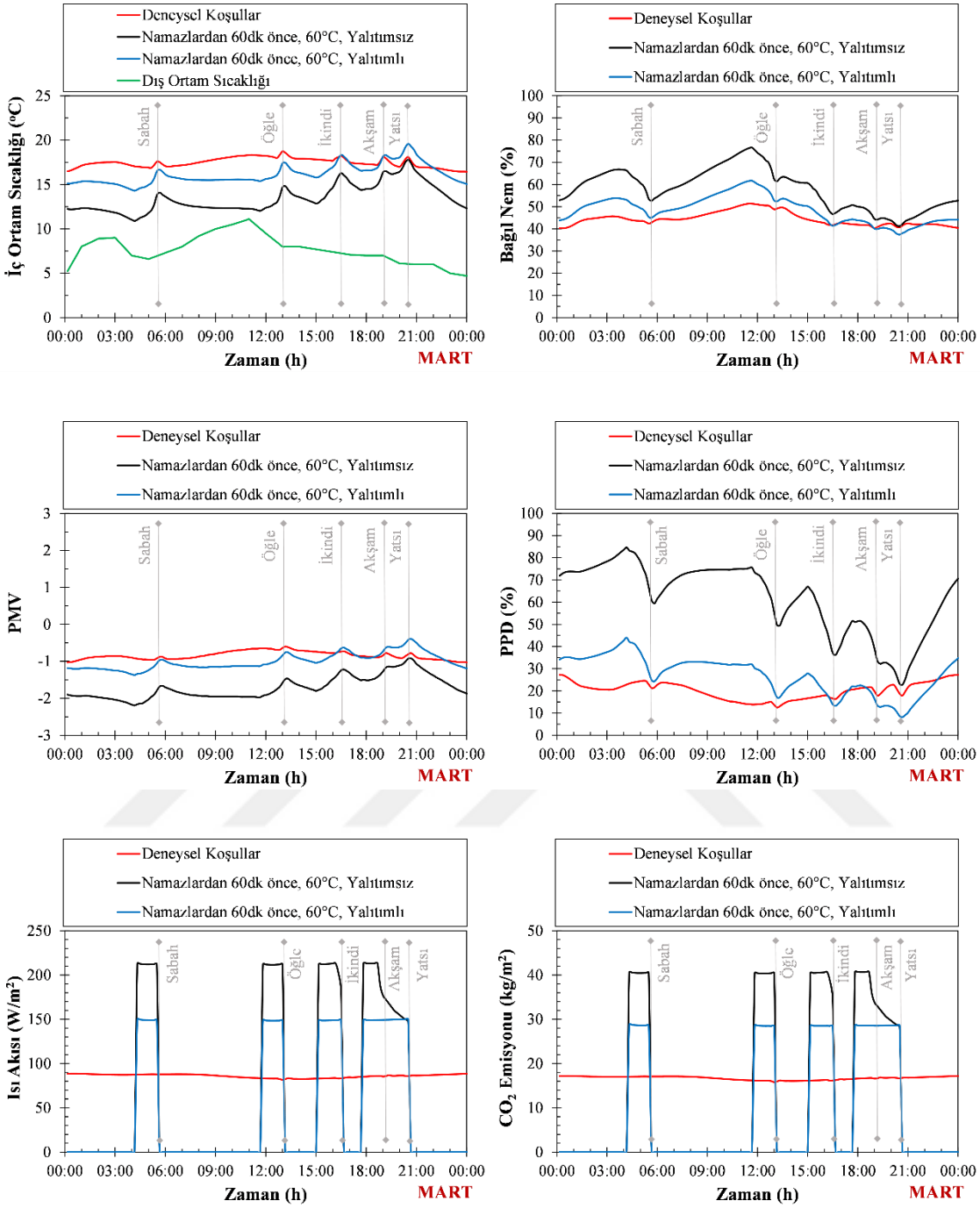
Yalıtım Uygulaması ile Kış Aylarında Elde Edilen Senaryo-II için Isıl Konfor, Zemindeki Isı Akısı ve CO_2 Salımı



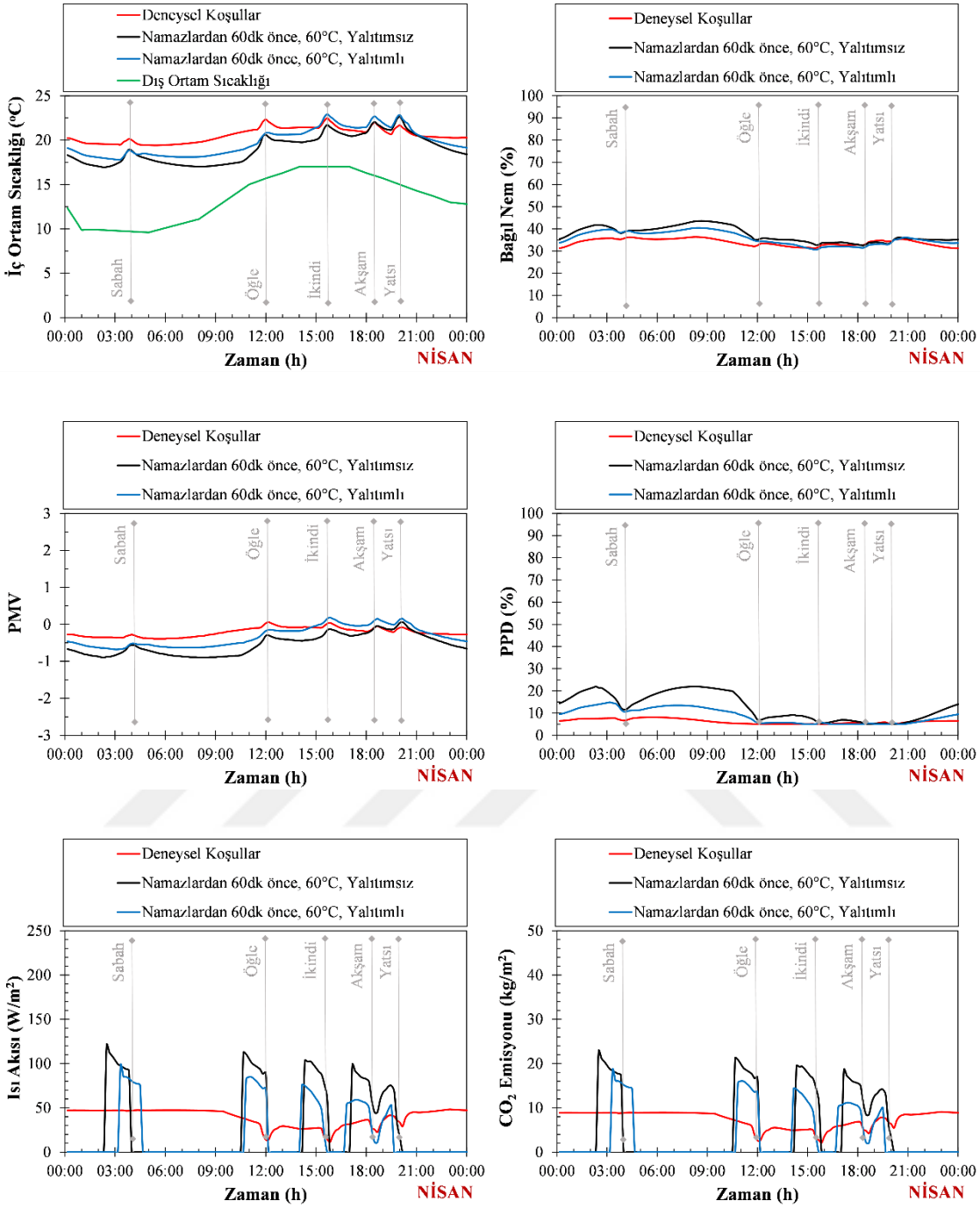
Şekil D.7. Ocak ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



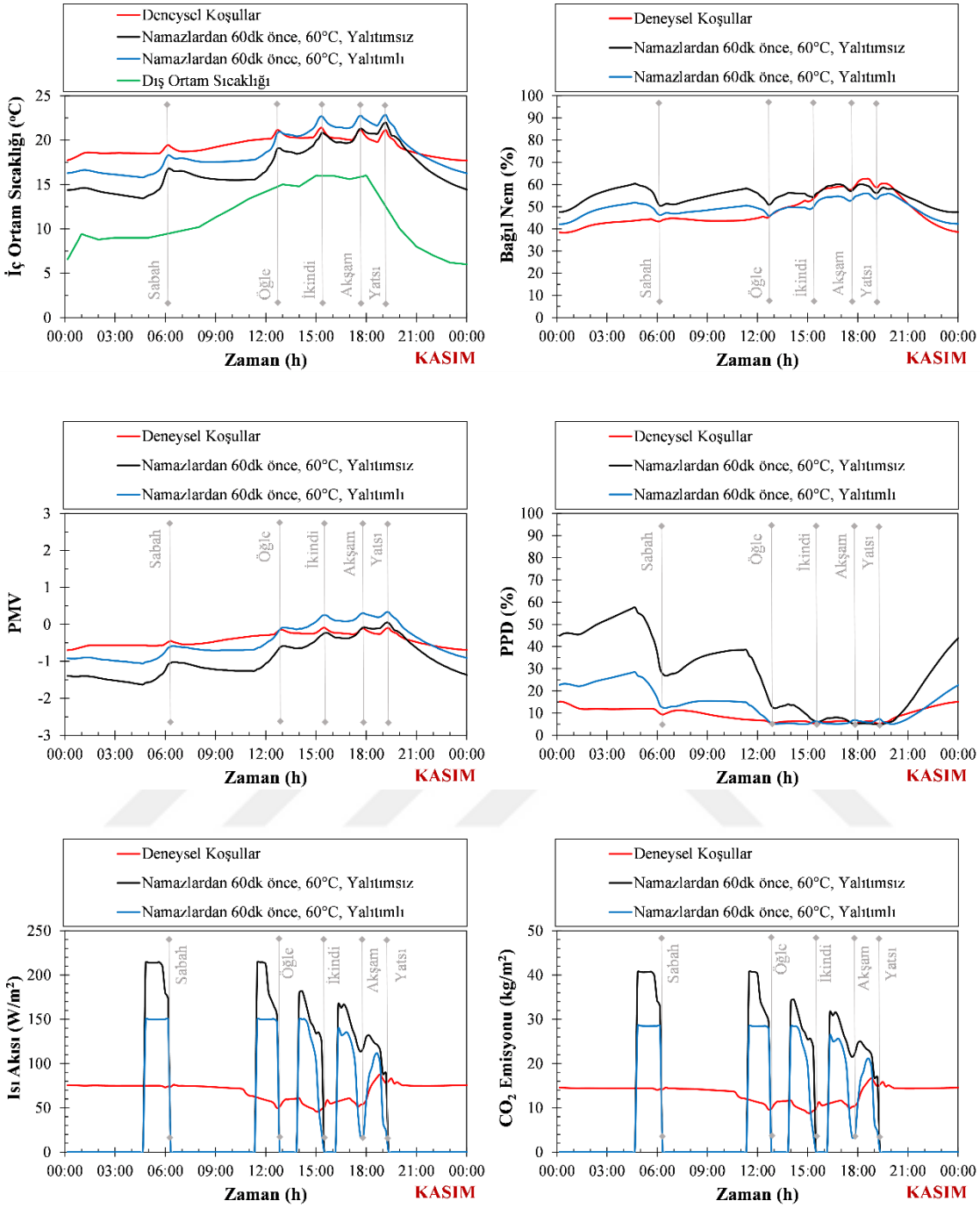
Şekil D.8. Şubat ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



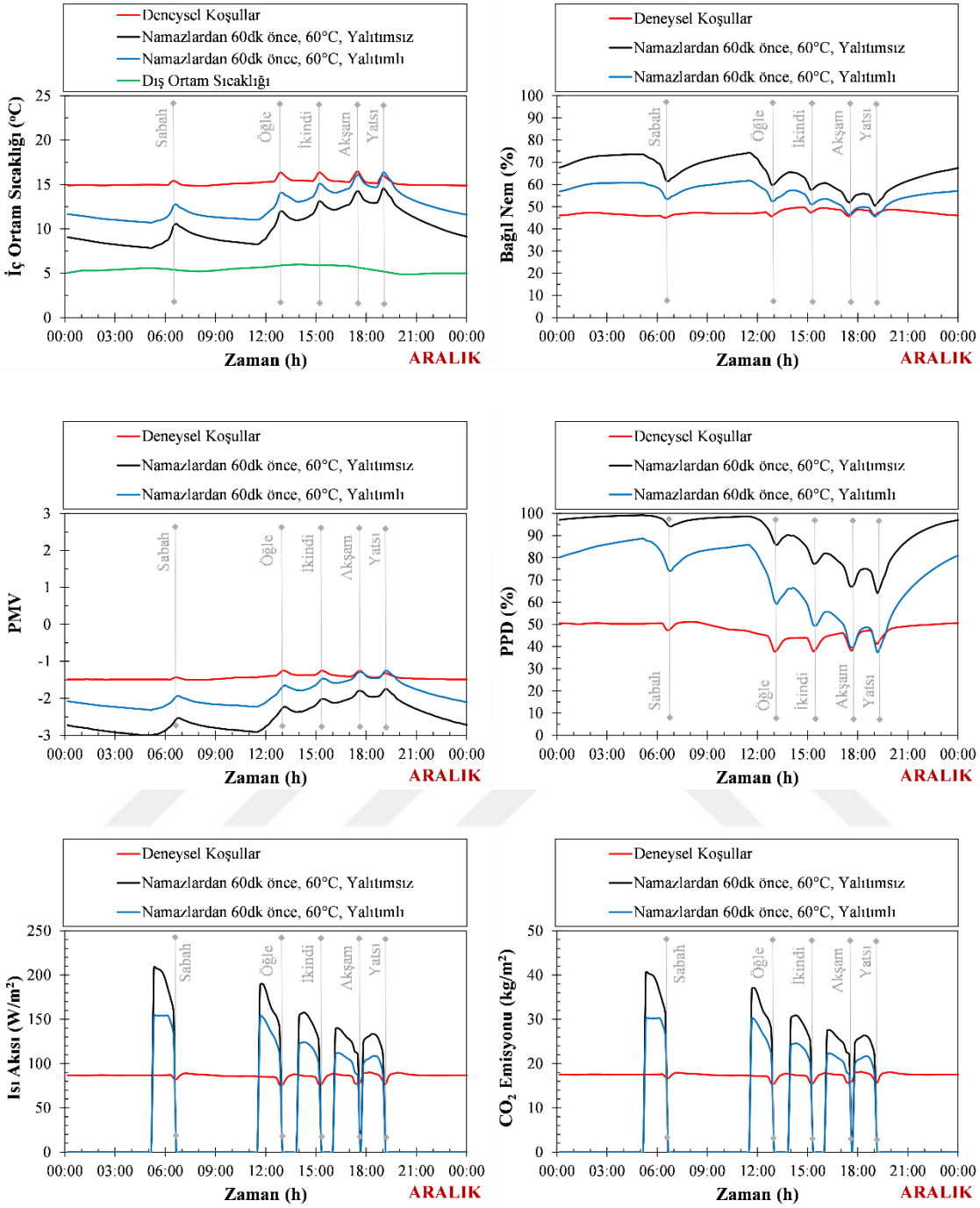
Şekil D.9. Mart ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil D.10. Nisan ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

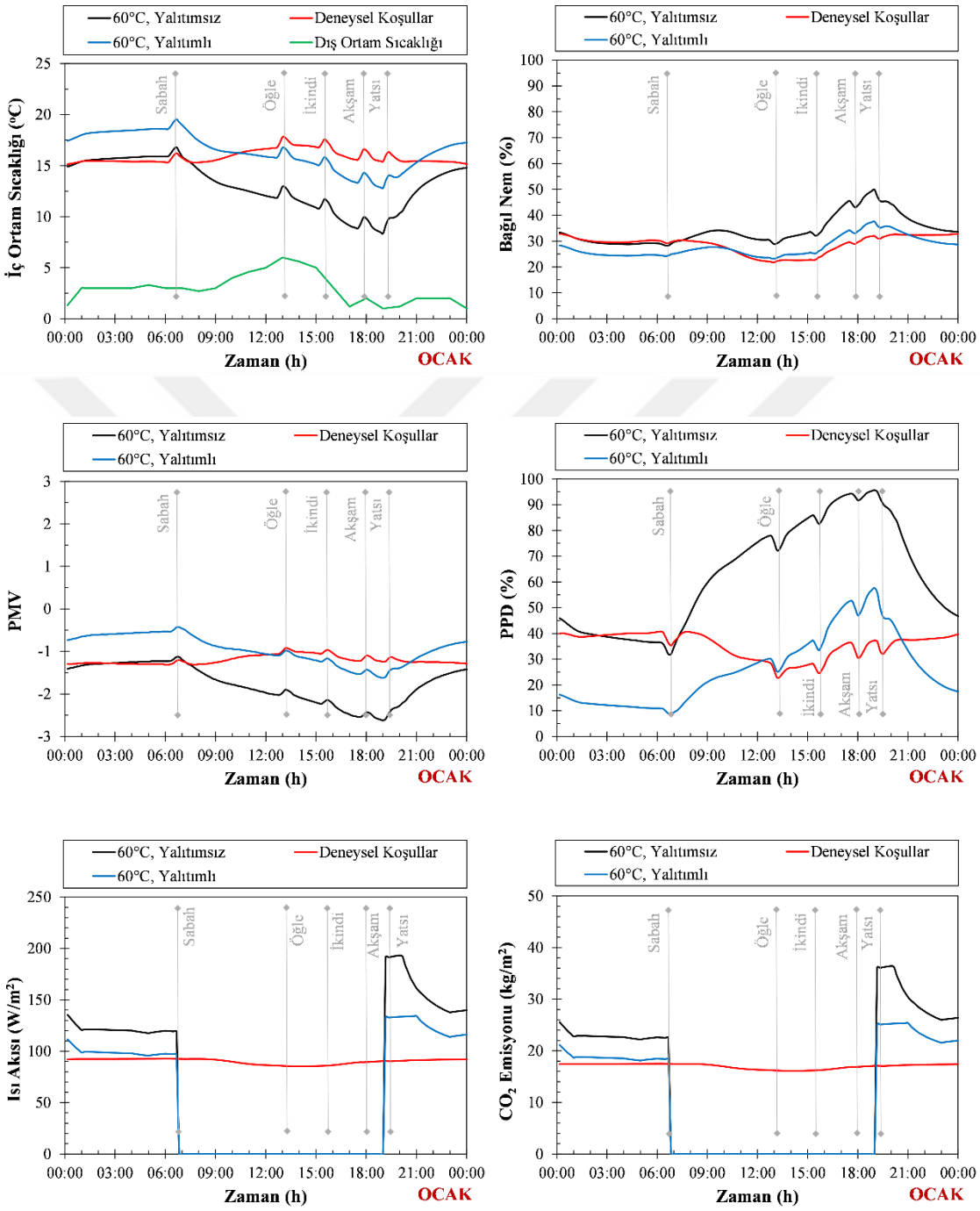


Şekil D.11. Kasım ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

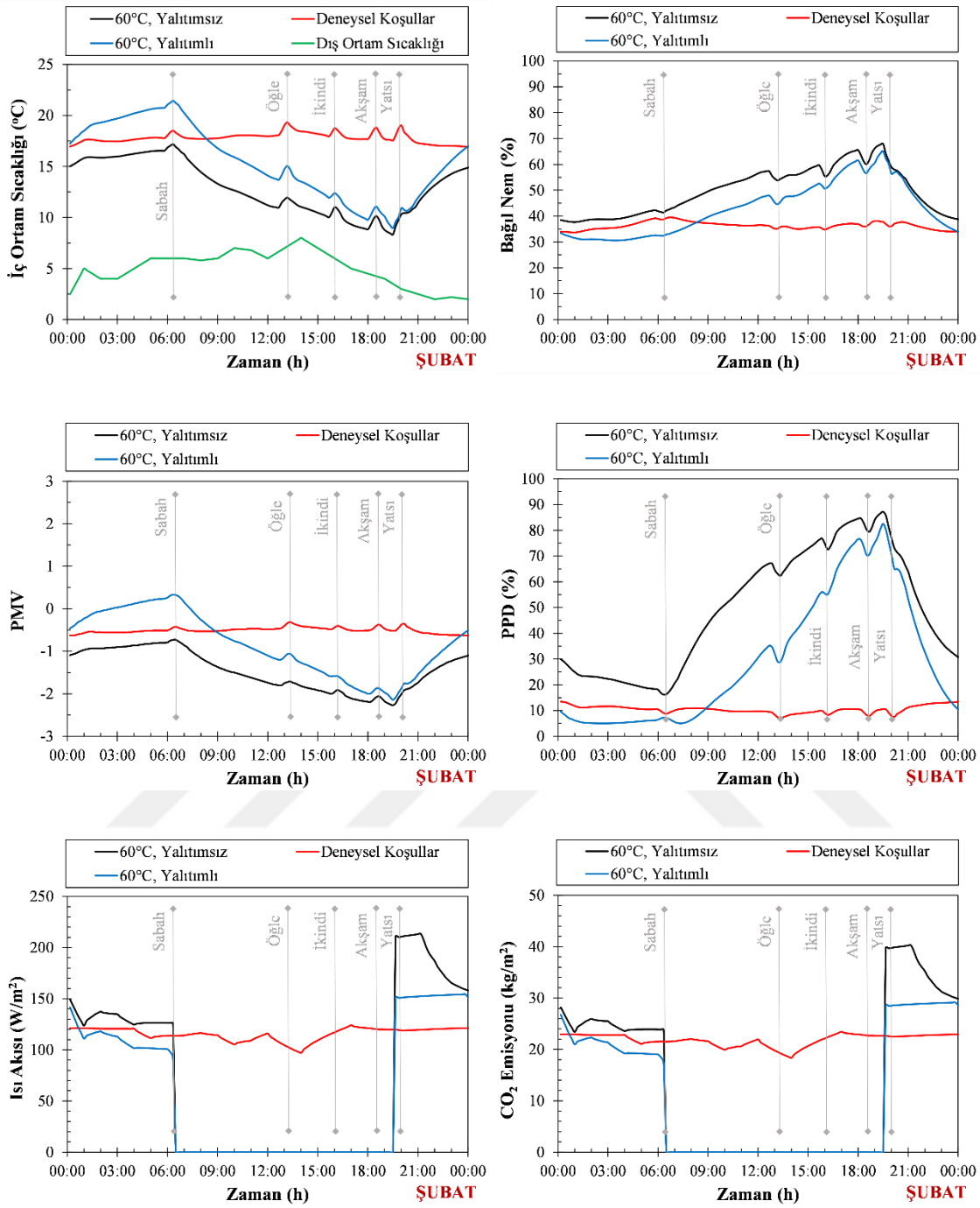


Şekil D.12. Aralık ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

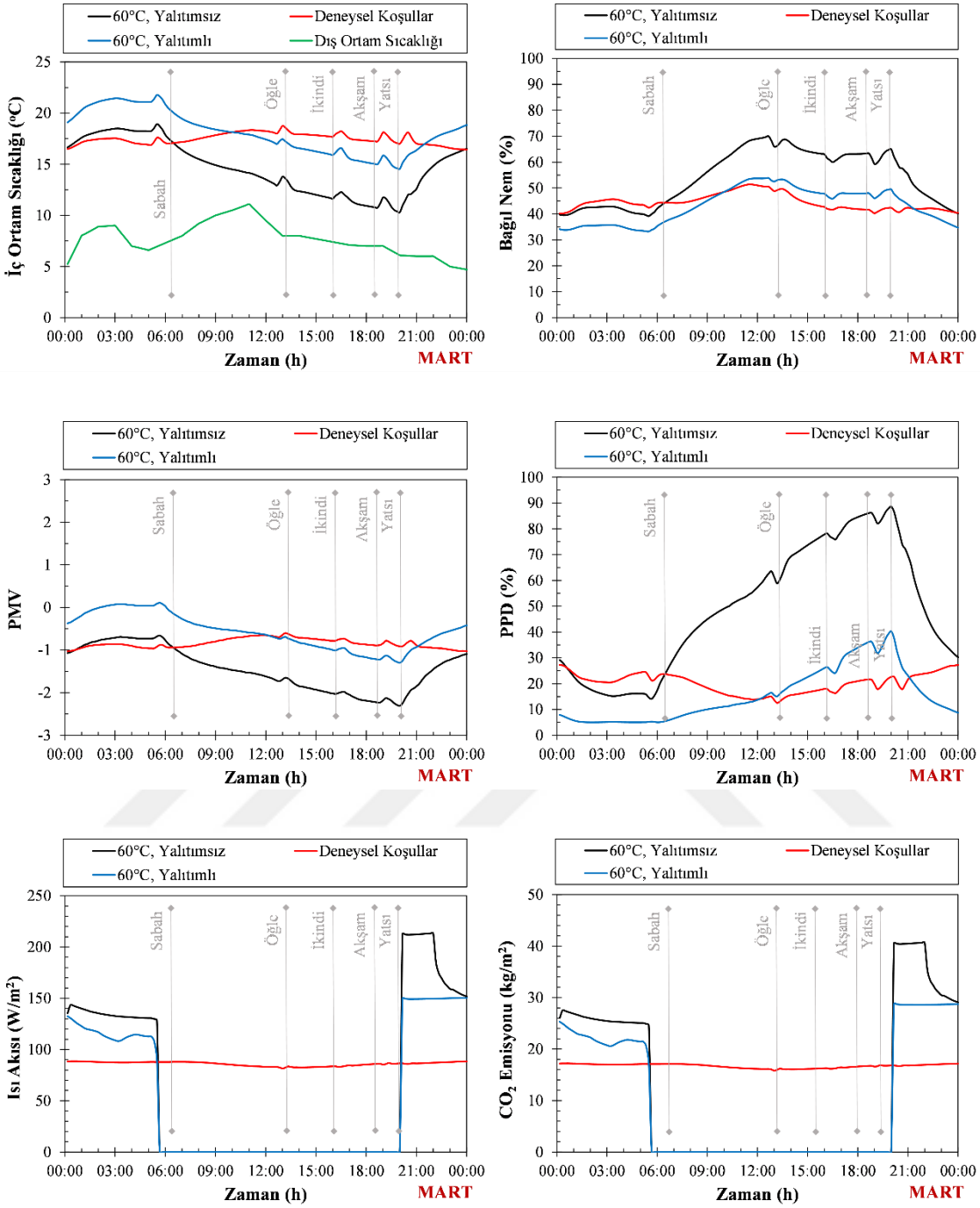
Yalıtım Uygulaması ile Kış Aylarında Elde Edilen Senaryo-III için Isıl Konfor, Zemindeki Isı Akısı ve CO_2 Salımı



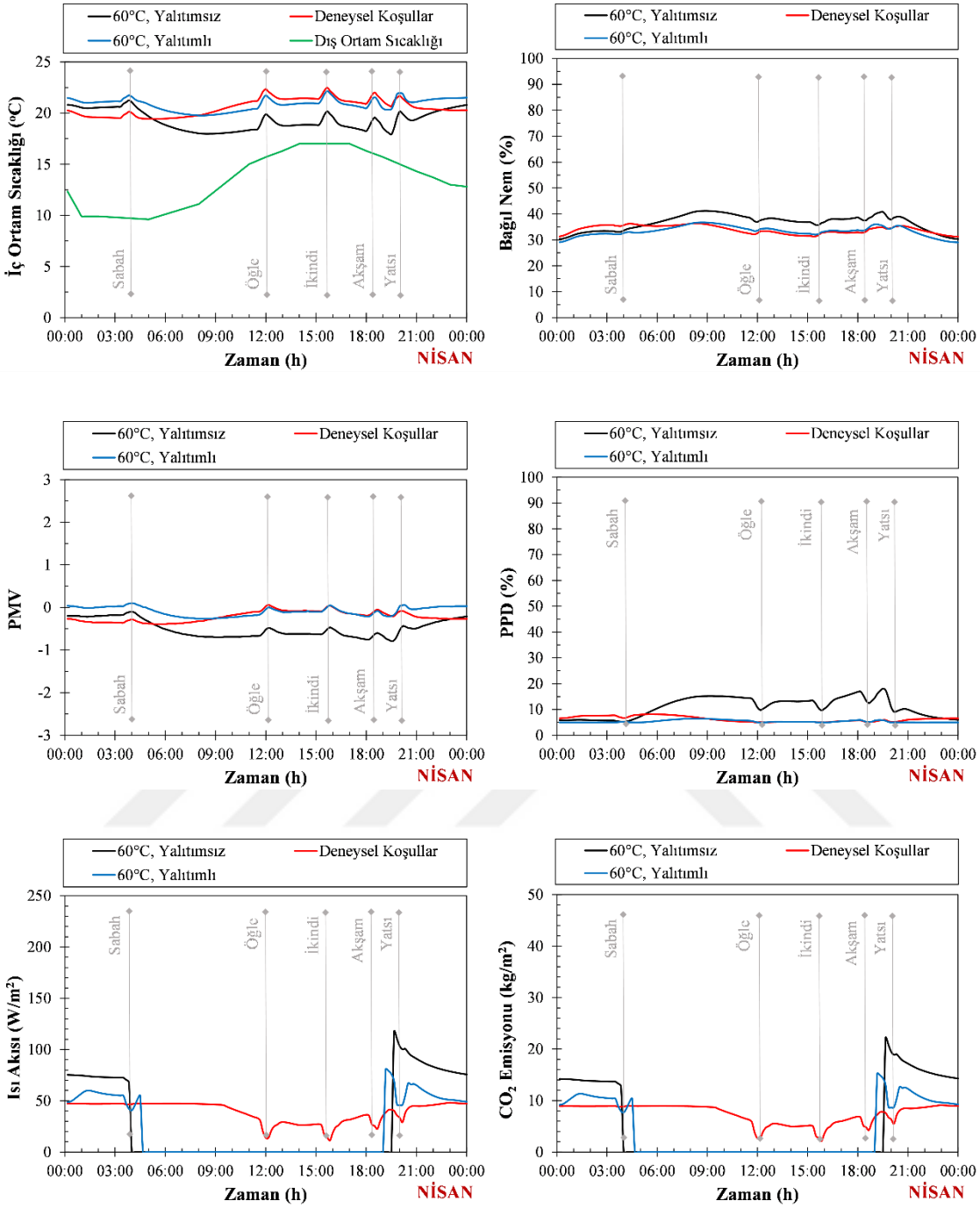
Şekil D.13. Ocak ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



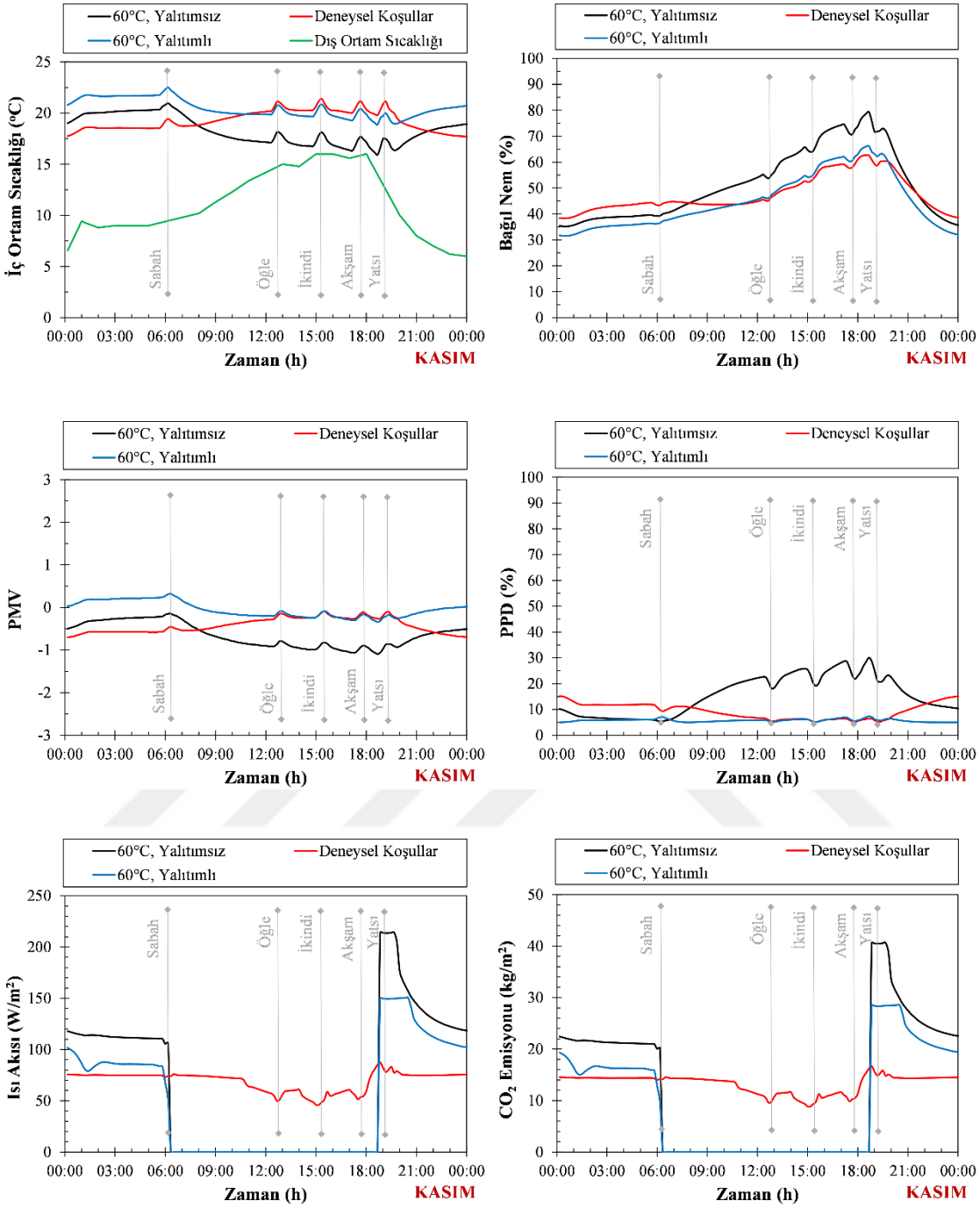
Şekil D.14. Şubat ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



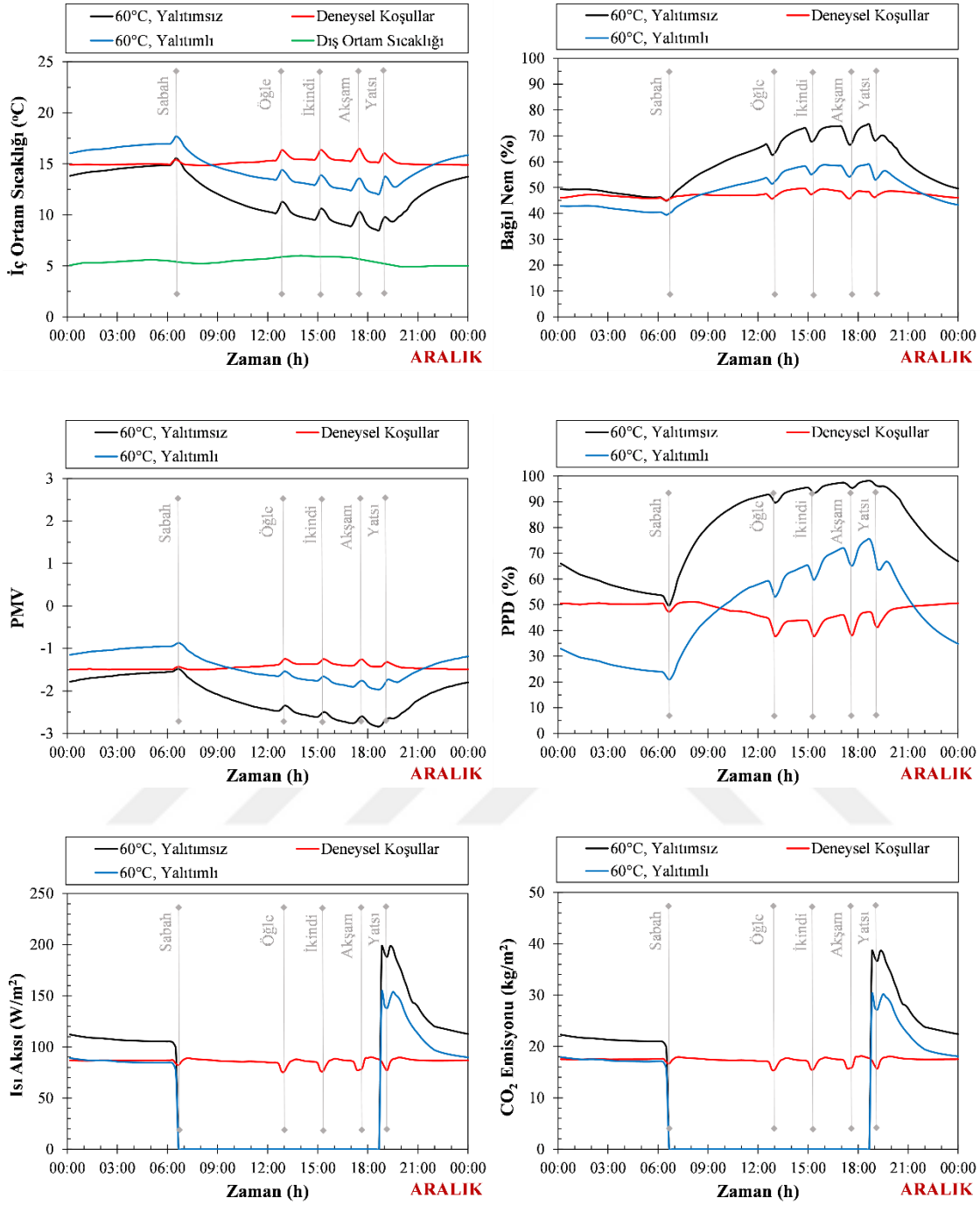
Şekil D.15. Mart ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil D.16. Nisan ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

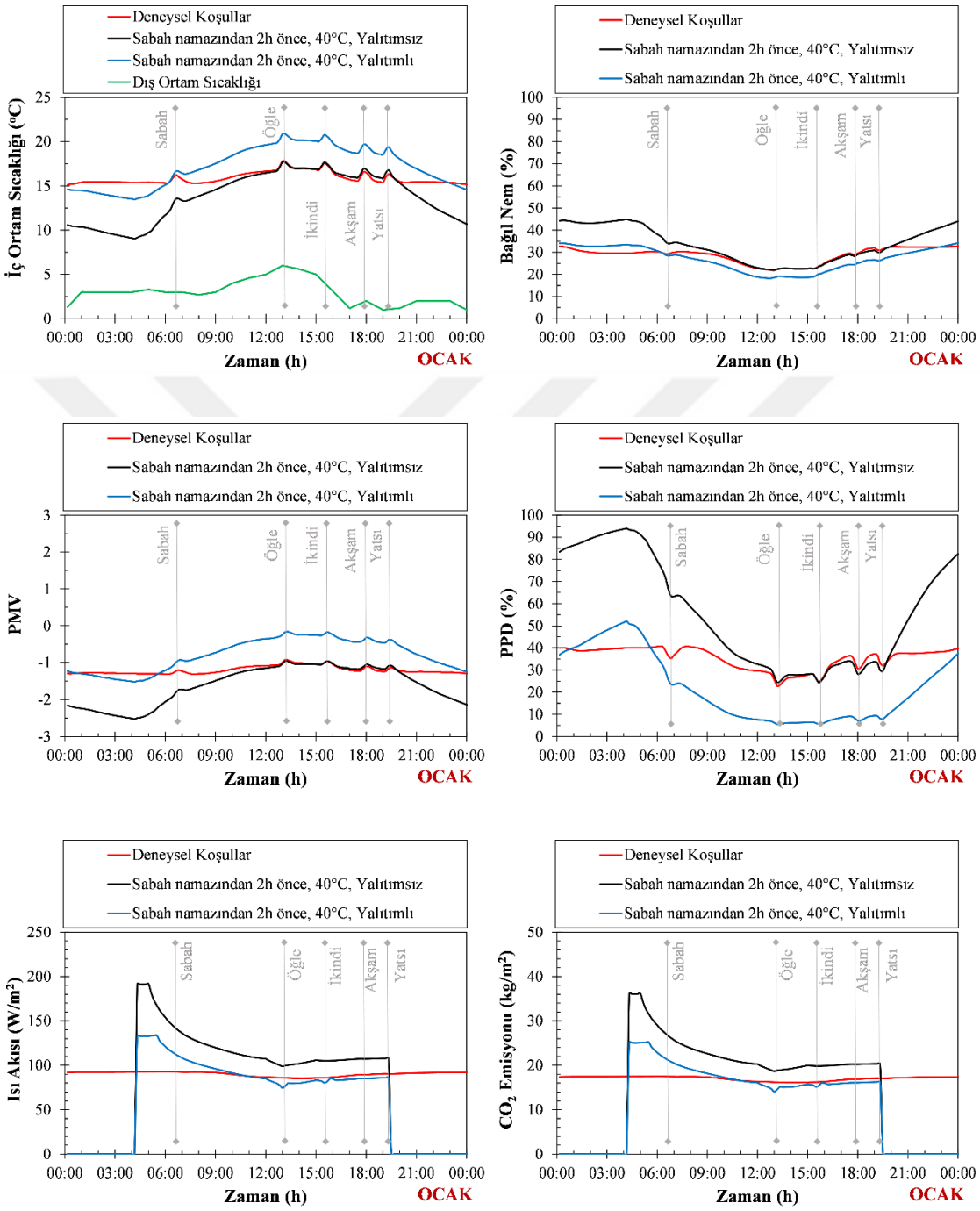


Şekil D.17. Kasım ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

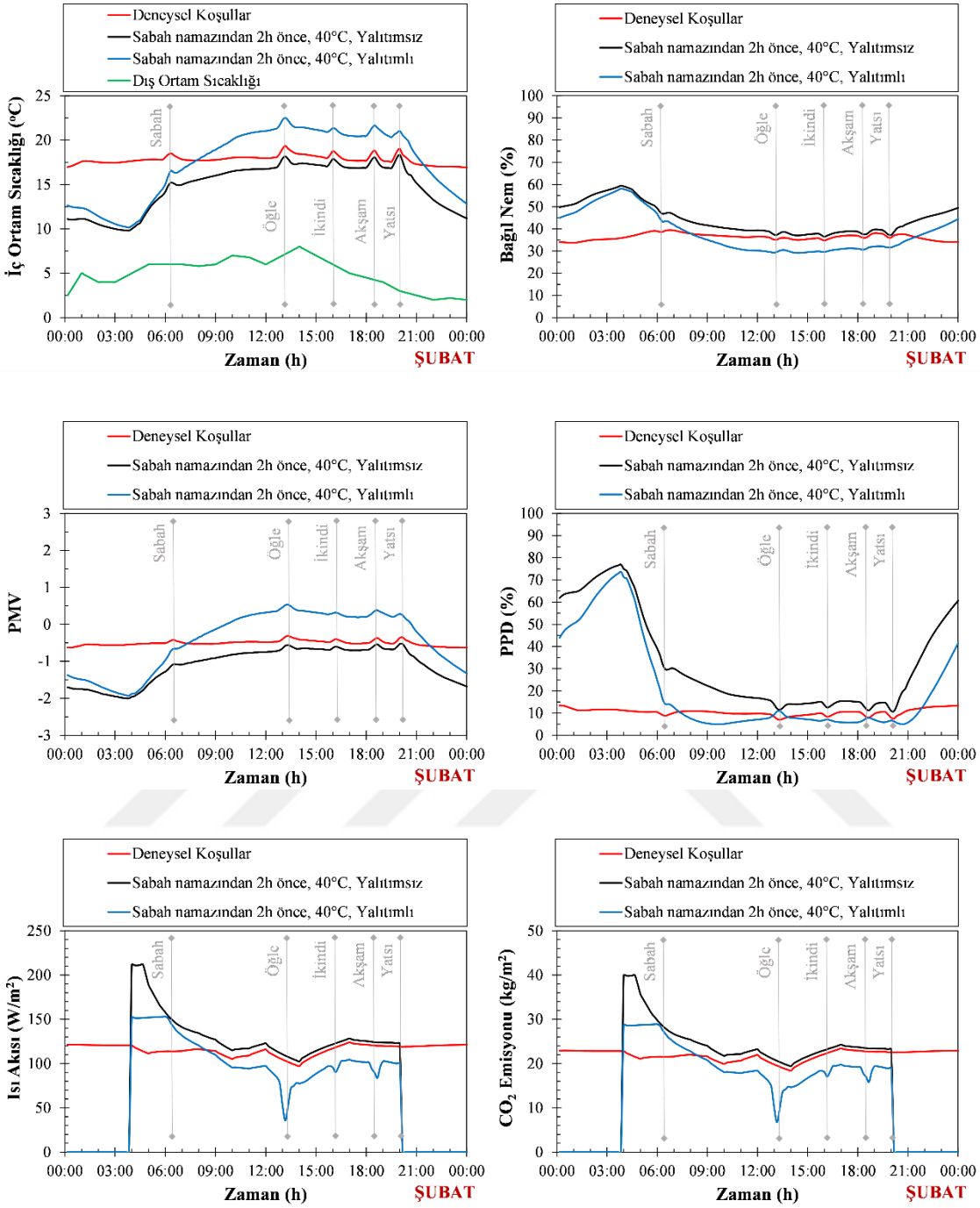


Şekil D.18. Aralık ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

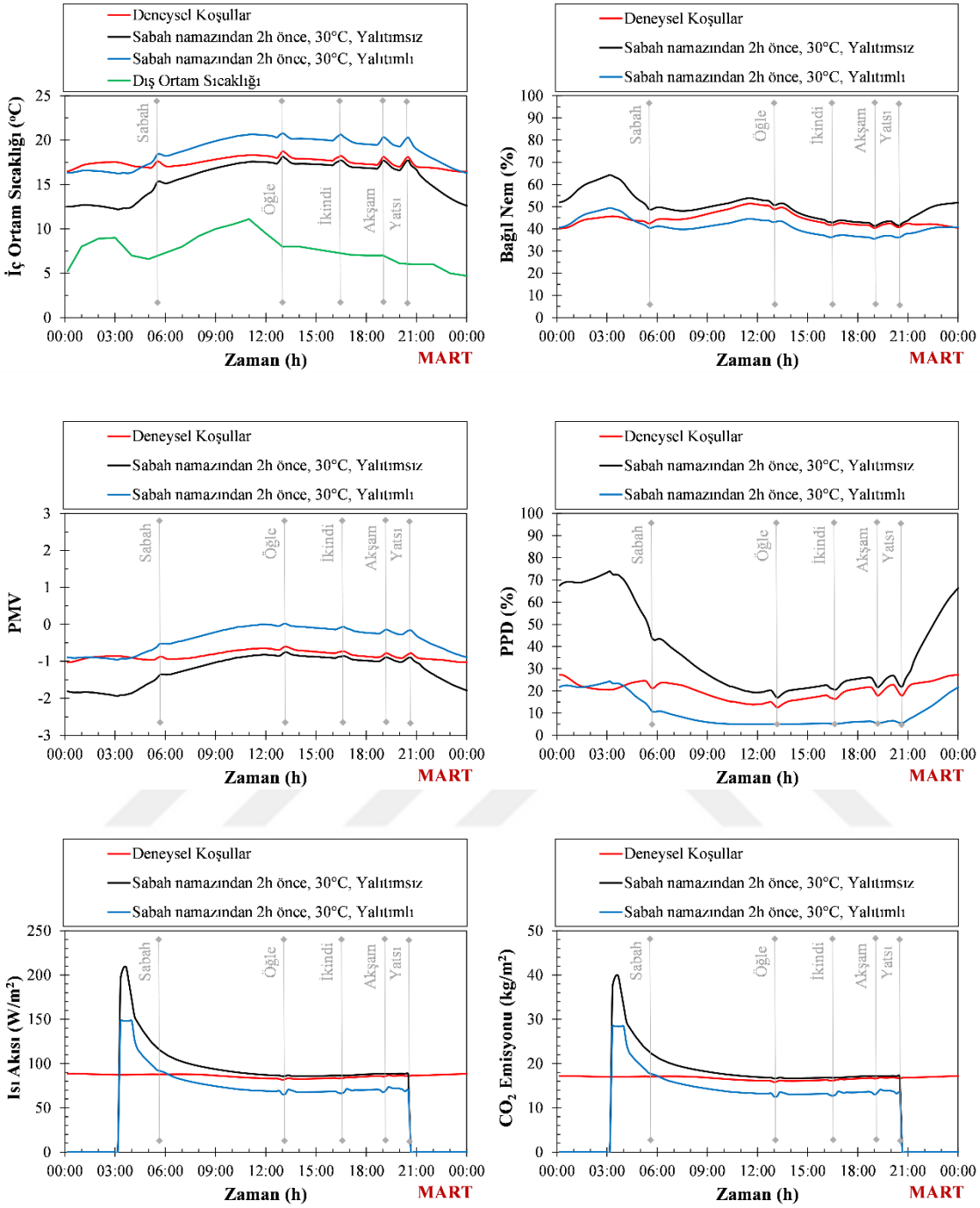
Yalıtım Uygulaması ile Kış Aylarında Elde Edilen Senaryo-IV için Isıl Konfor, Zemindeki Isı Akısı ve CO_2 Salımı



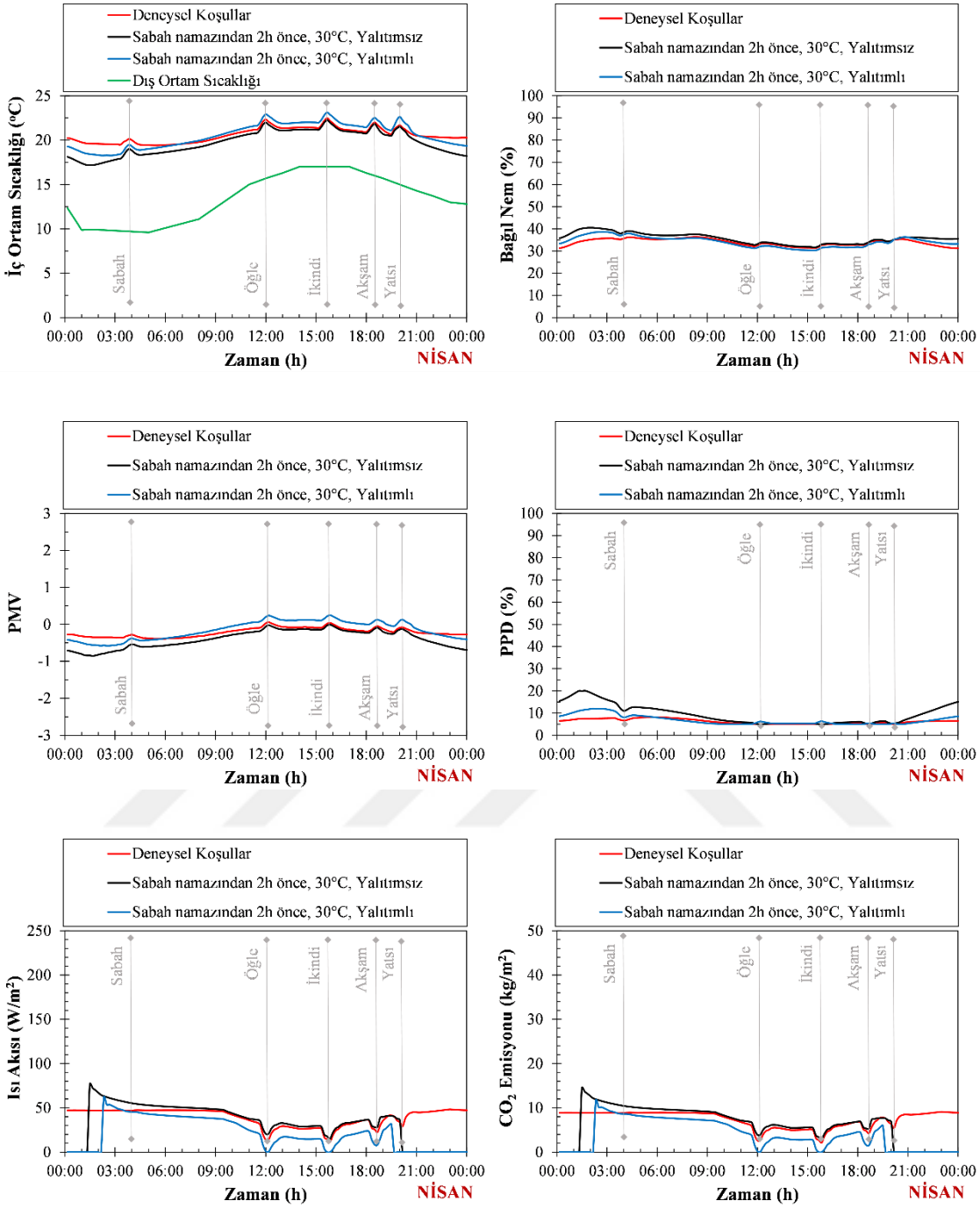
Şekil D.19. Ocak ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



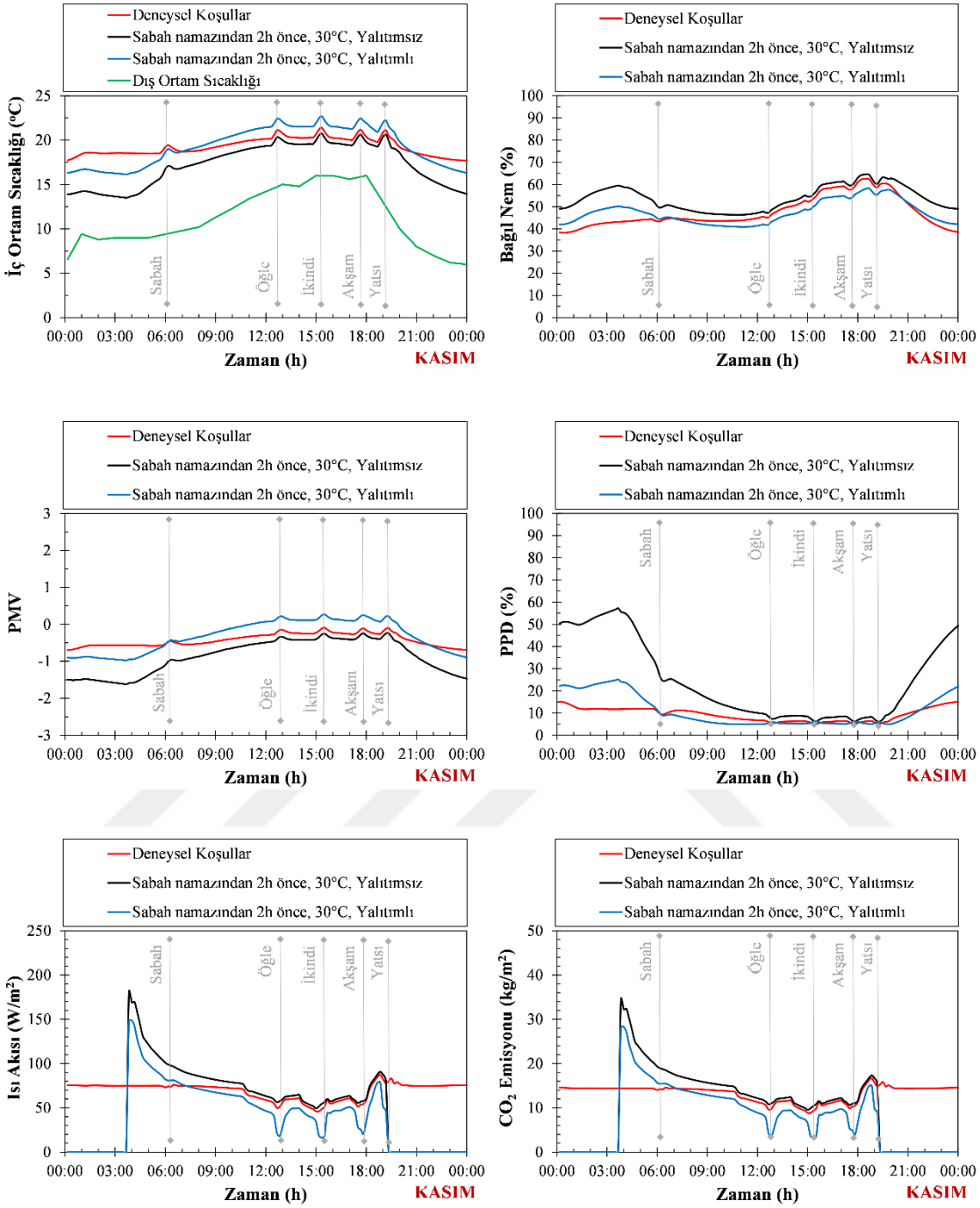
Şekil D.20. Şubat ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



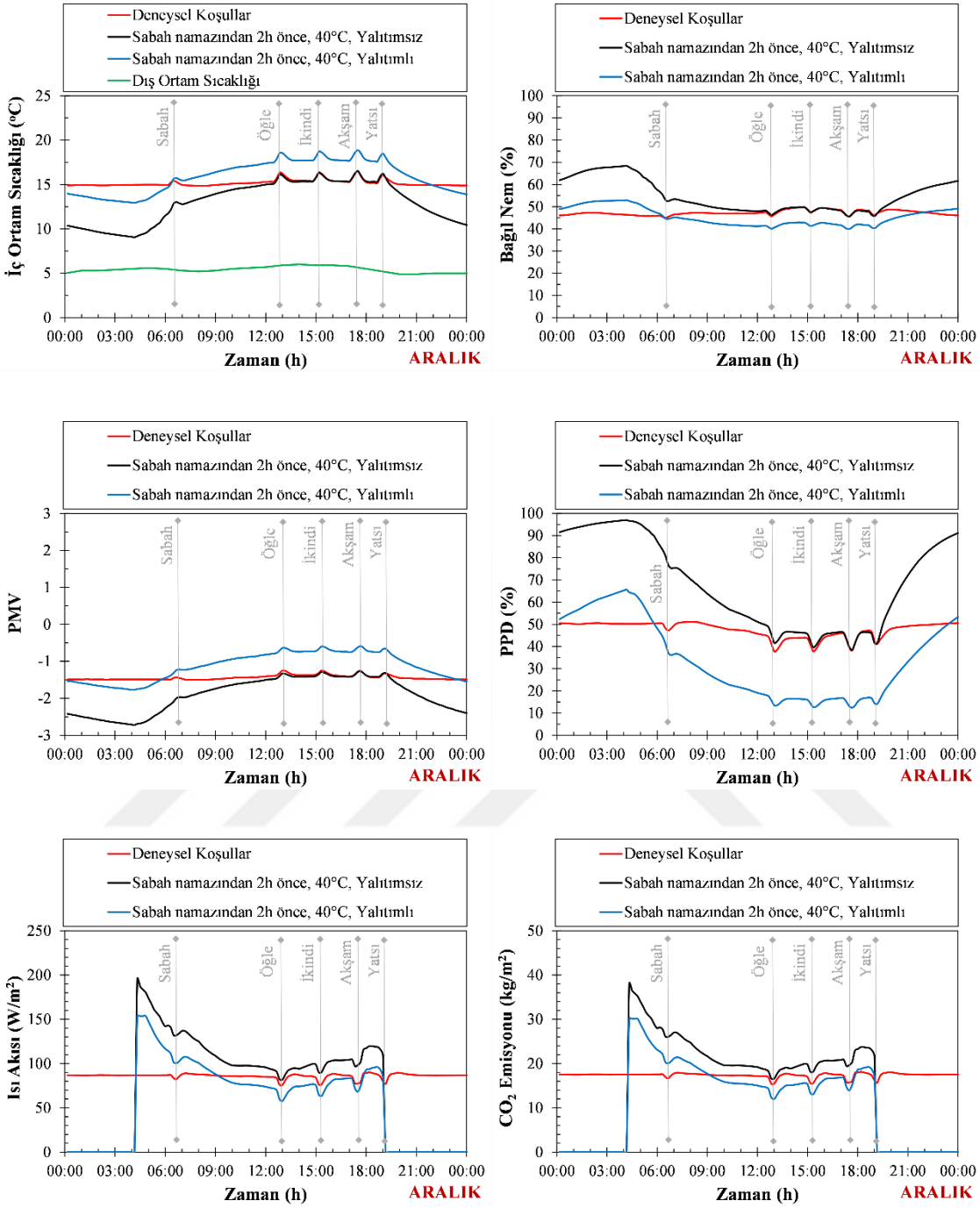
Şekil D.21. Mart ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil D.22. Nisan ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

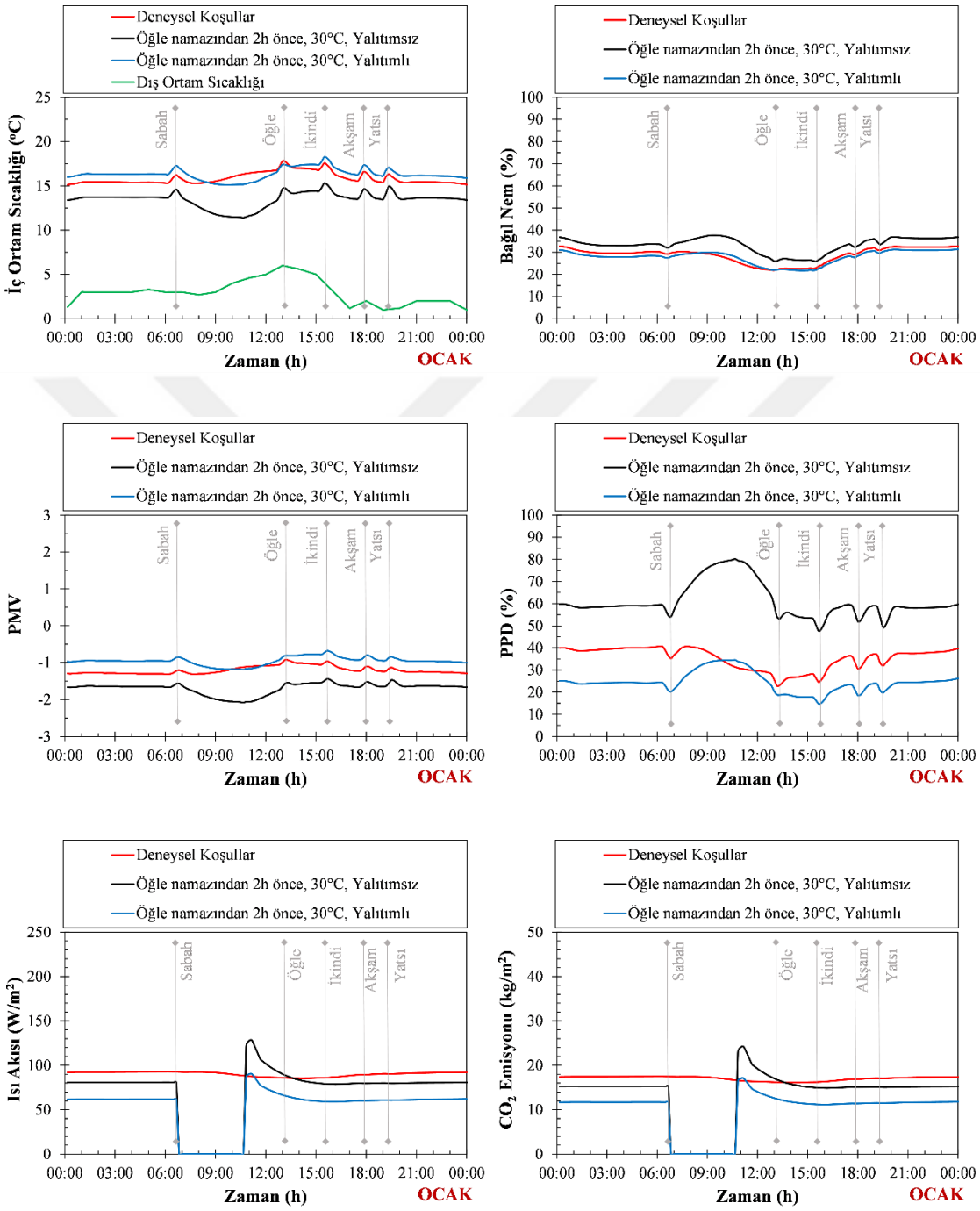


Şekil D.23. Kasım ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

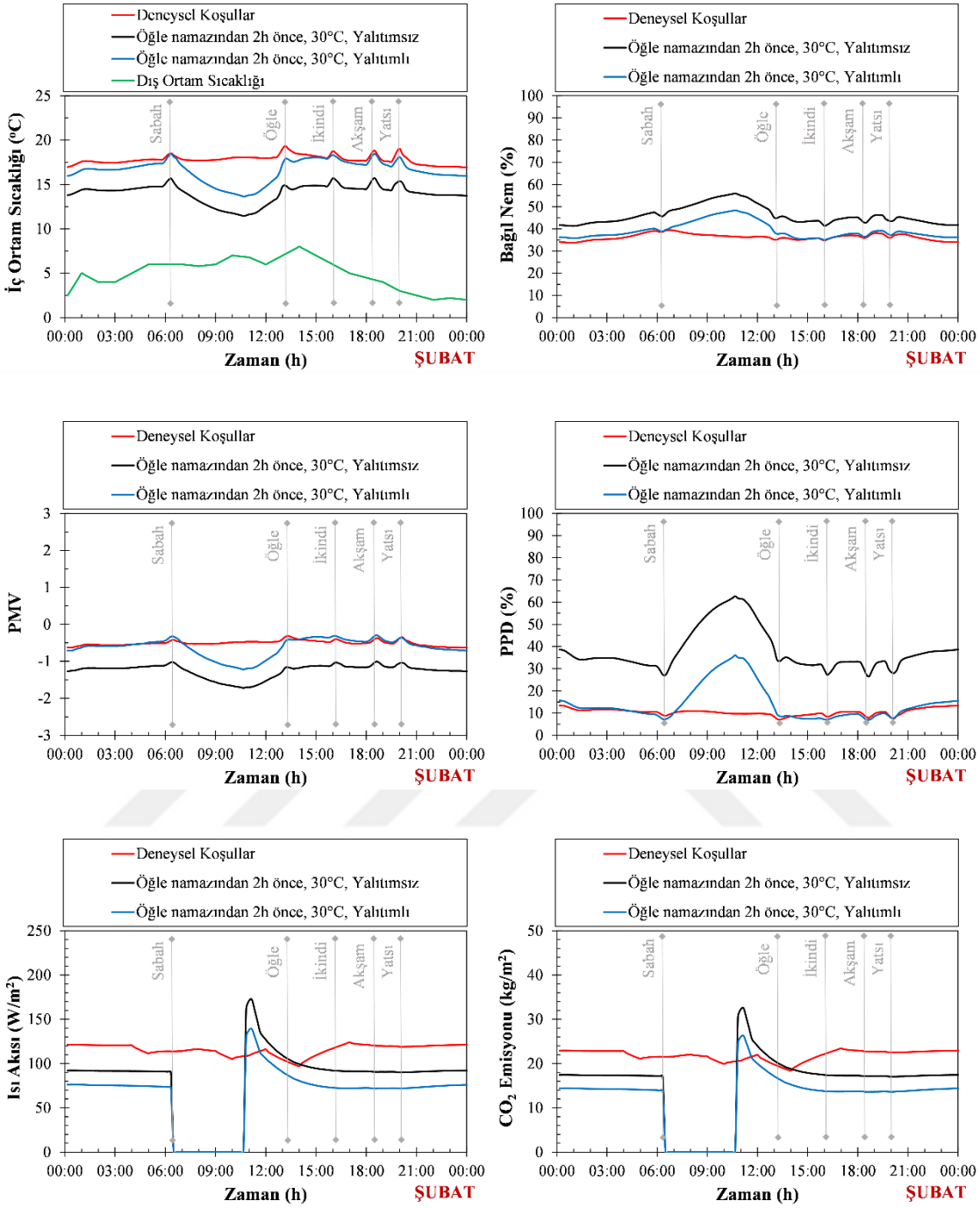


Şekil D.24. Aralık ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

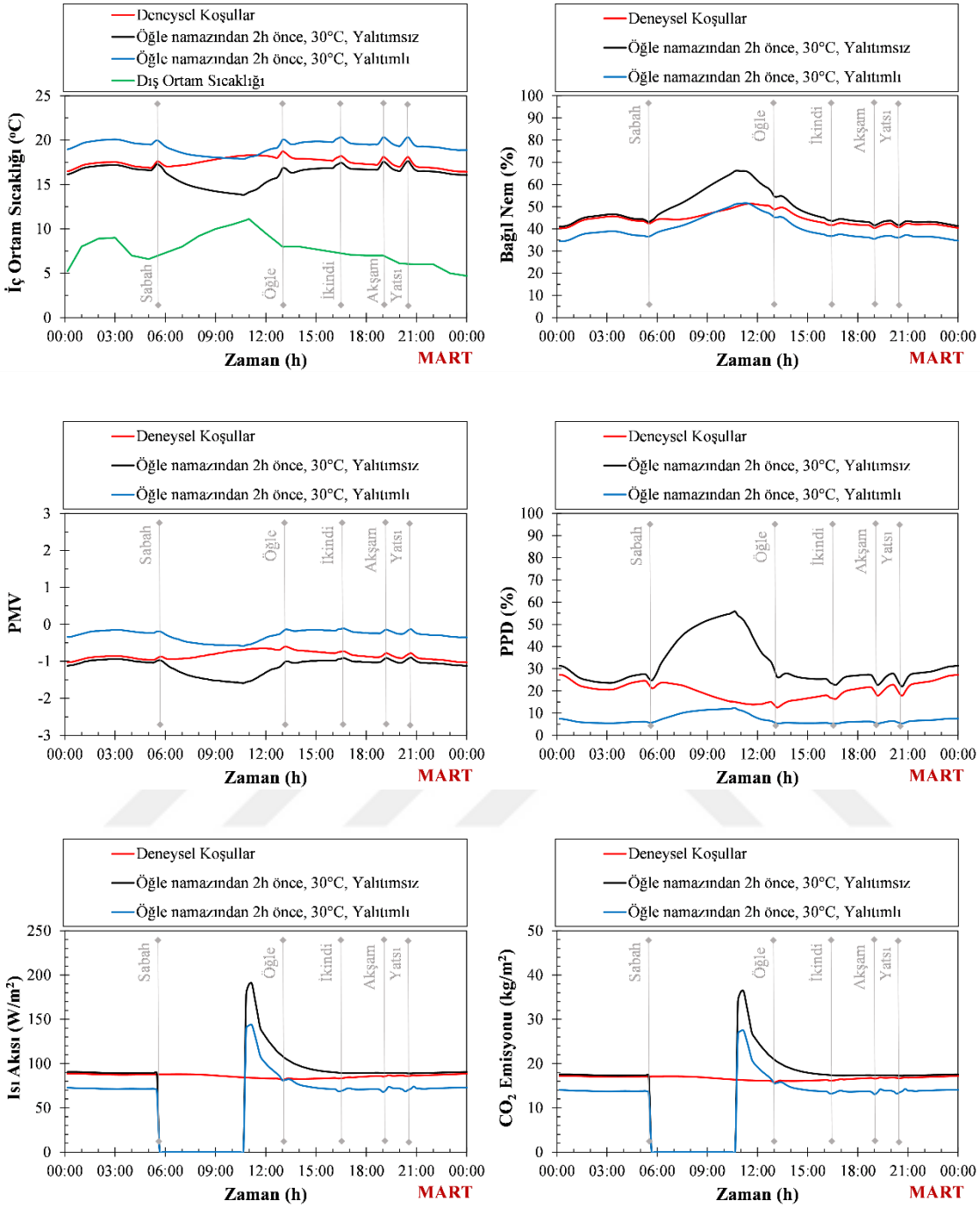
Yalıtım Uygulaması ile Kış Aylarında Elde Edilen Senaryo-V için Isıl Konfor, Zemindeki Isı Akısı ve CO_2 Salımı



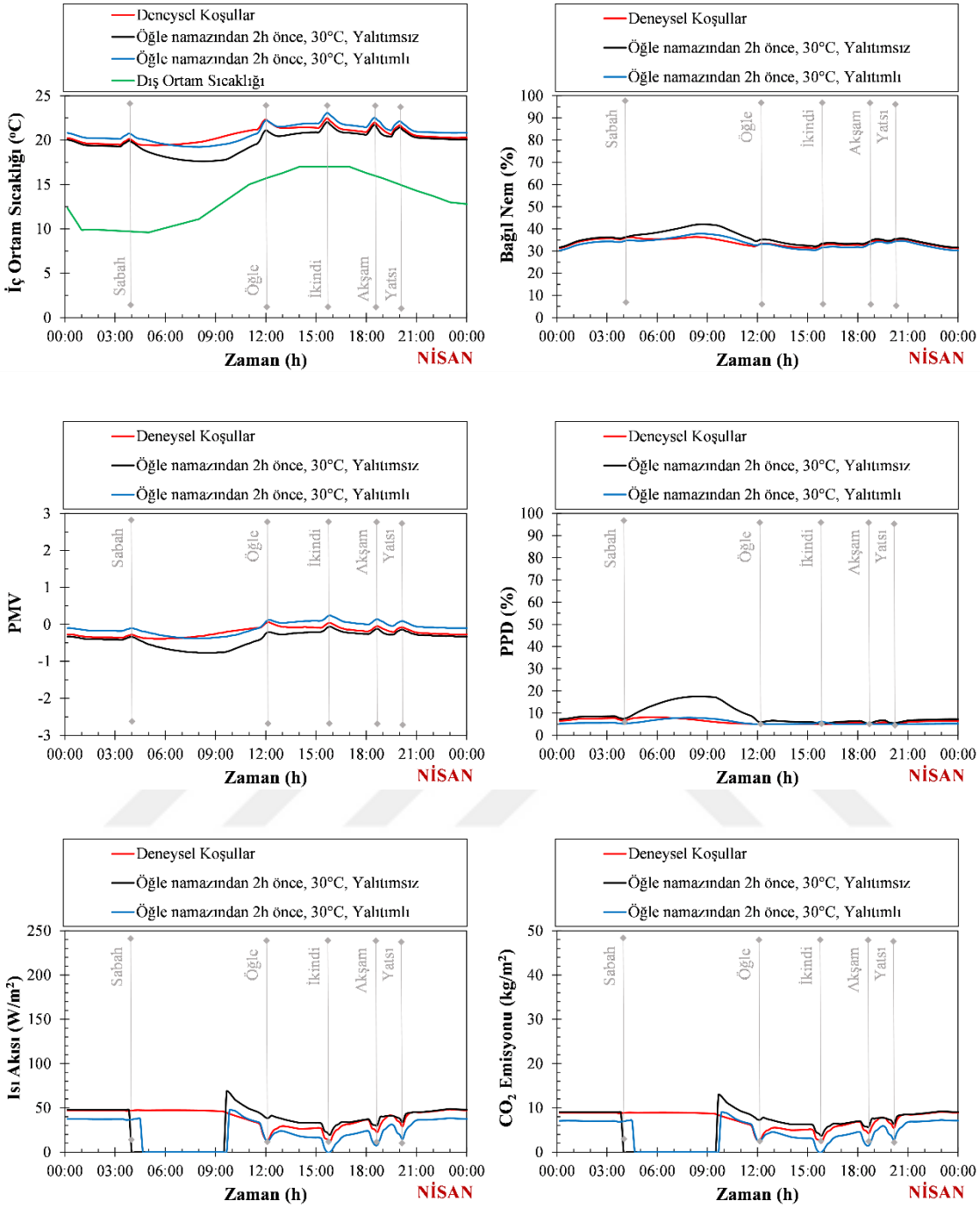
Şekil D.25. Ocak ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



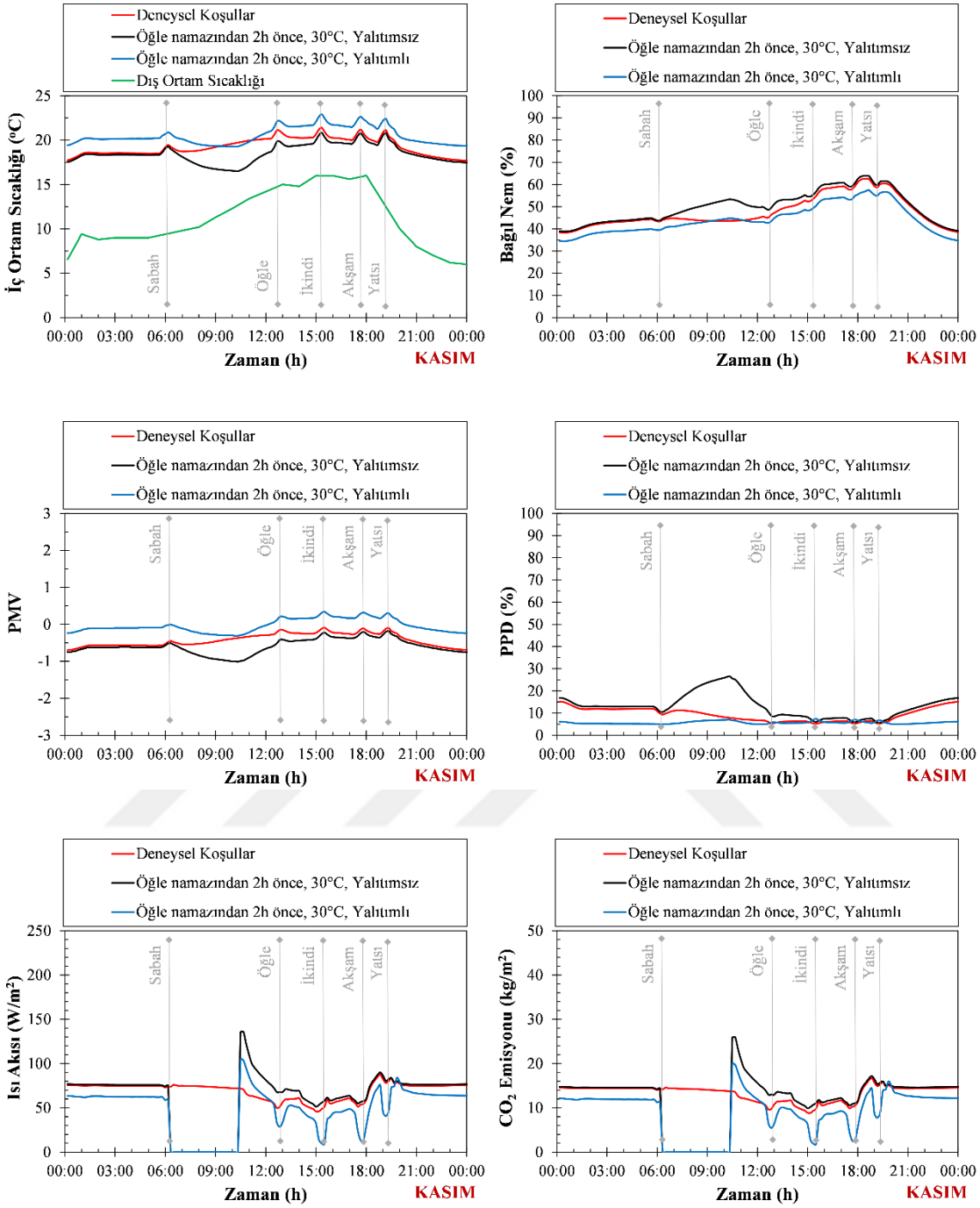
Şekil D.26. Şubat ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



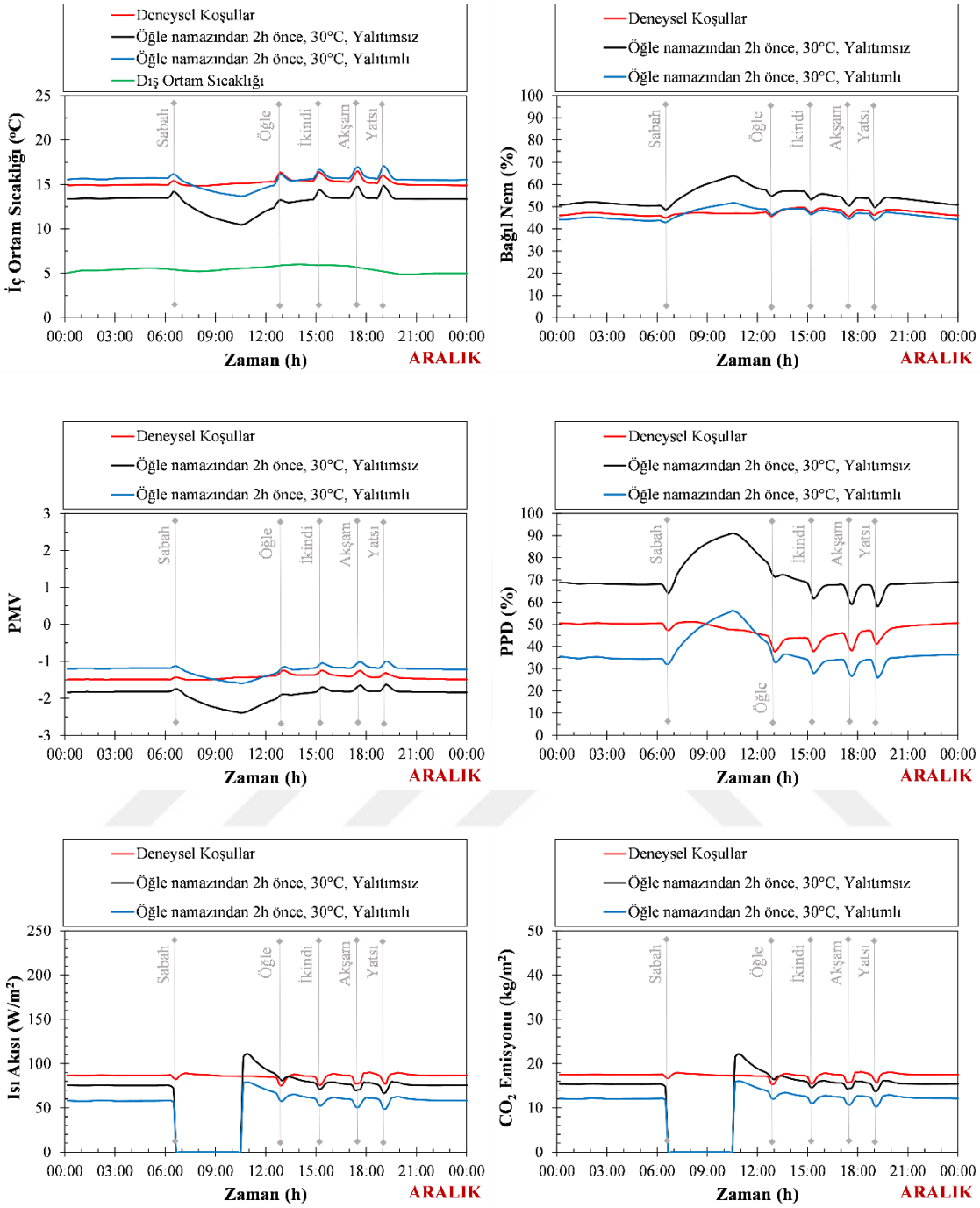
Şekil D.27. Mart ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil D.28. Nisan ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

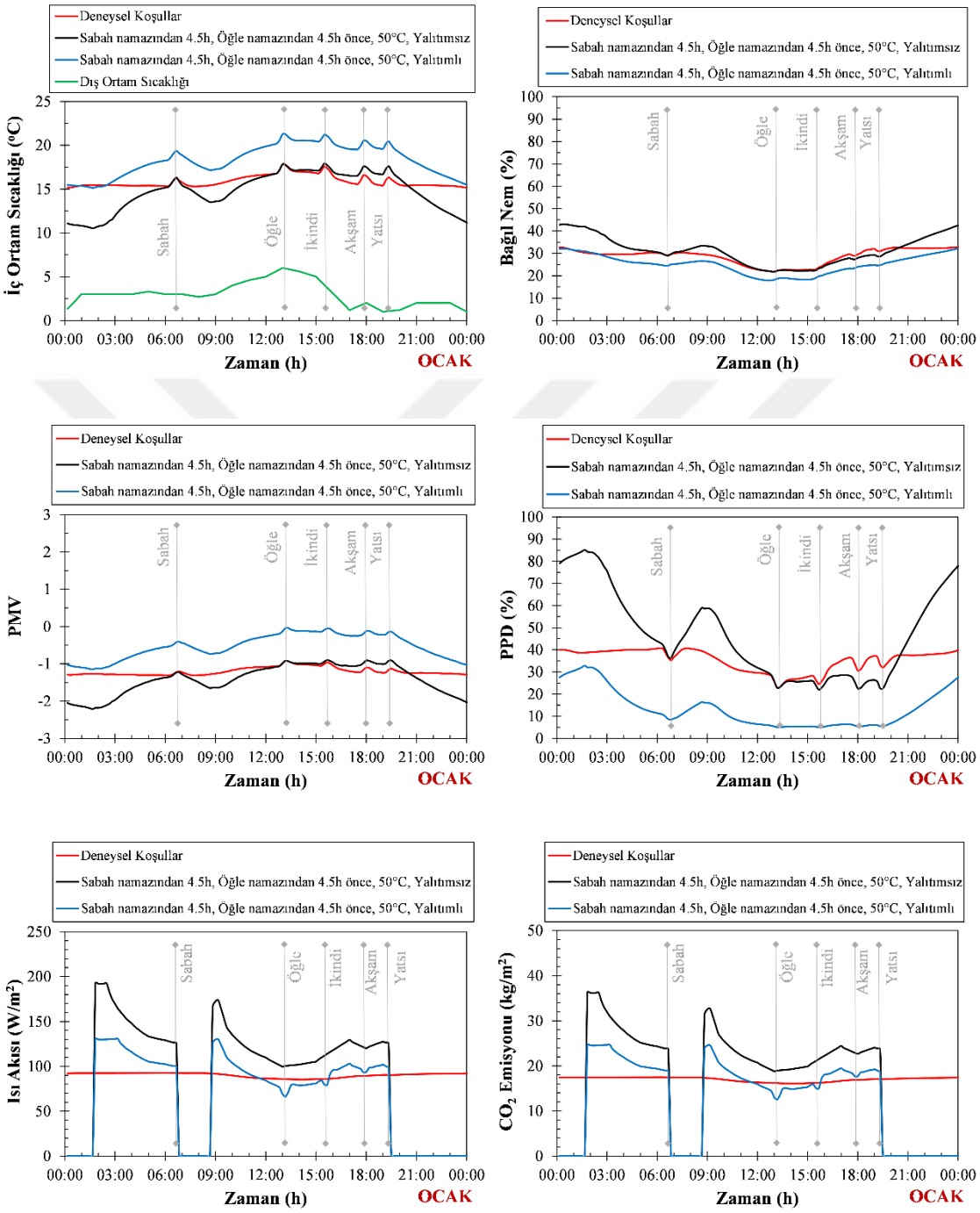


Şekil D.29. Kasım ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

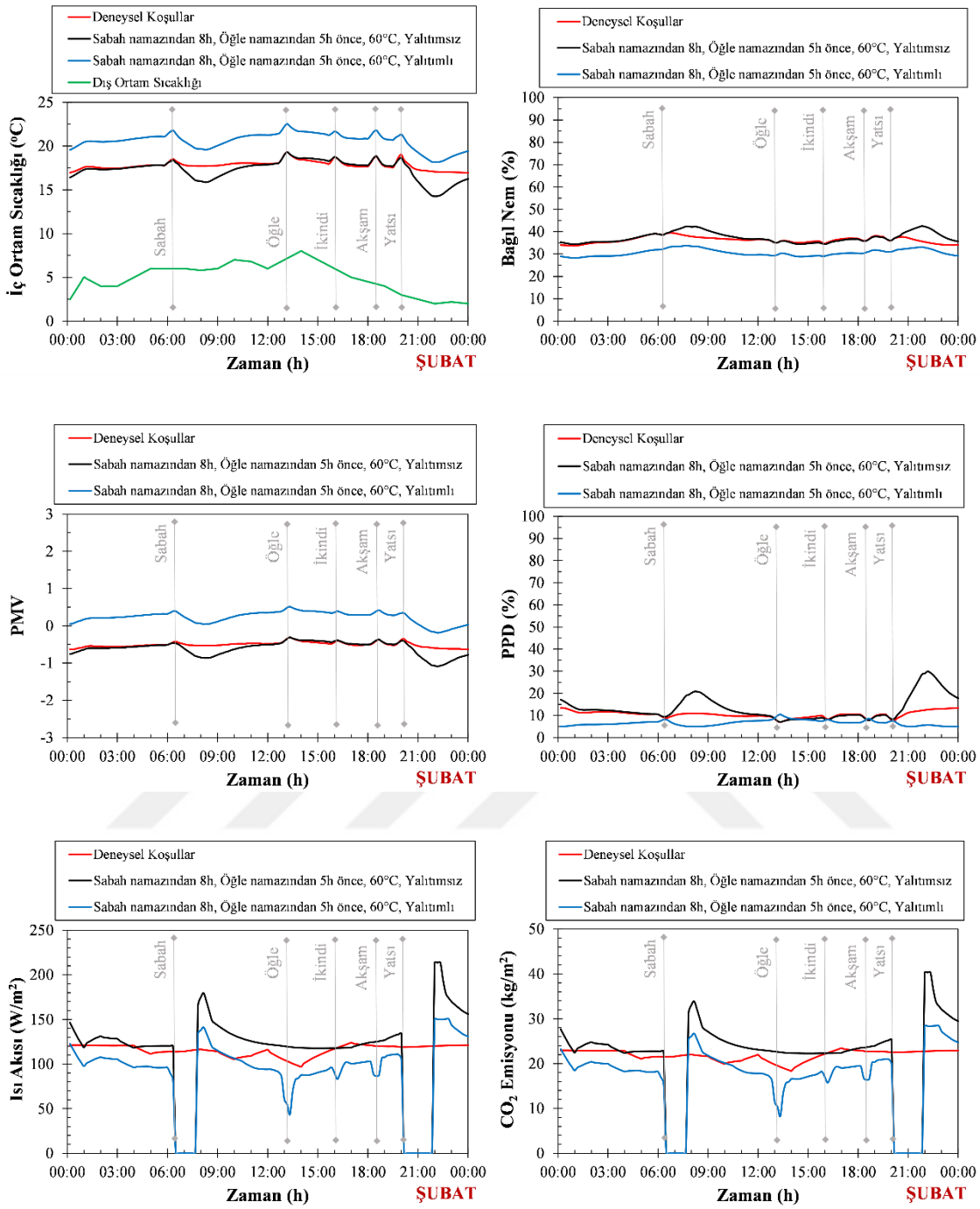


Şekil D.30. Aralık ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

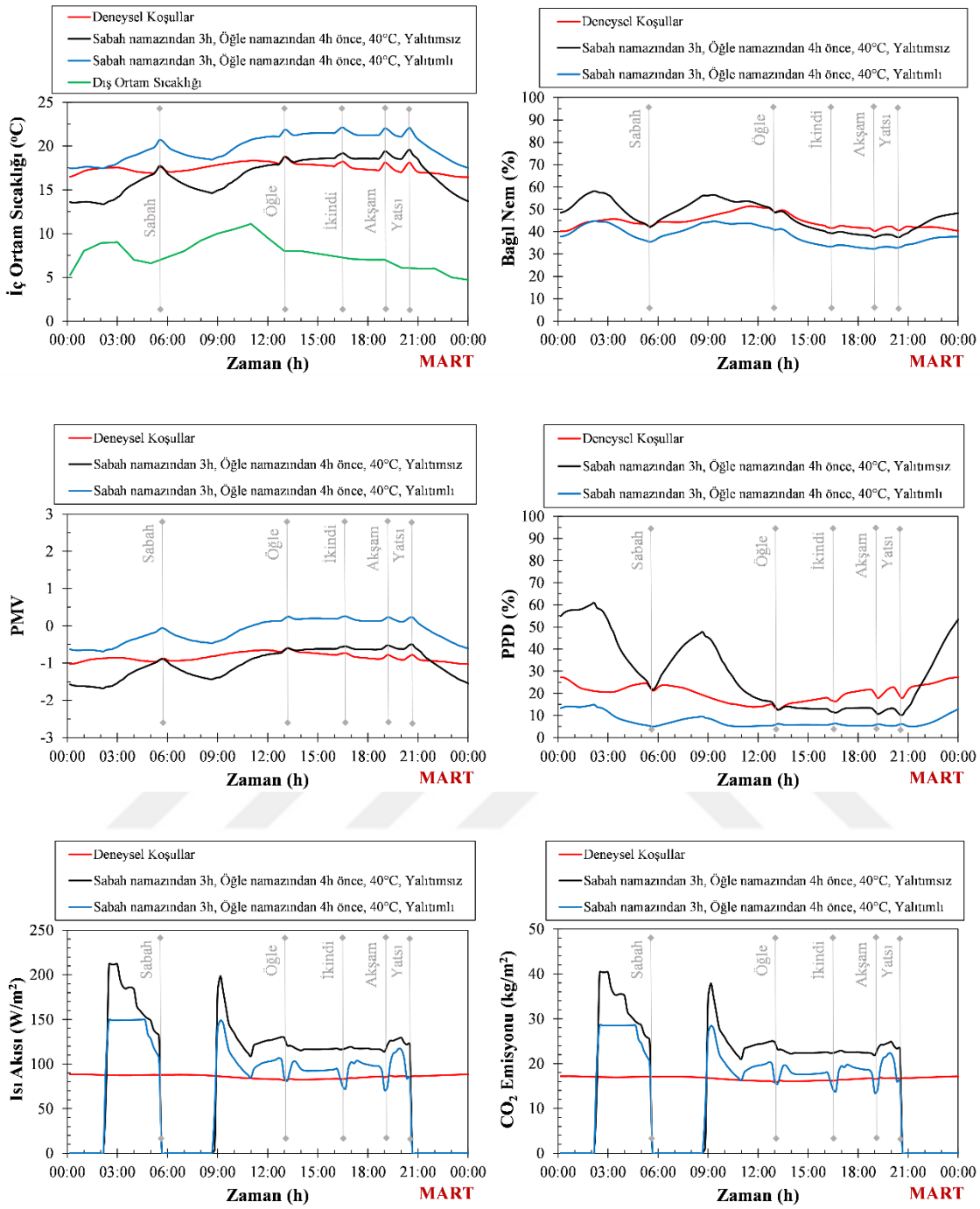
Yalıtım Uygulaması ile Kış Aylarında Elde Edilen Senaryo-VI için Isıl Konfor, Zemindeki Isı Akısı ve CO_2 Salımı



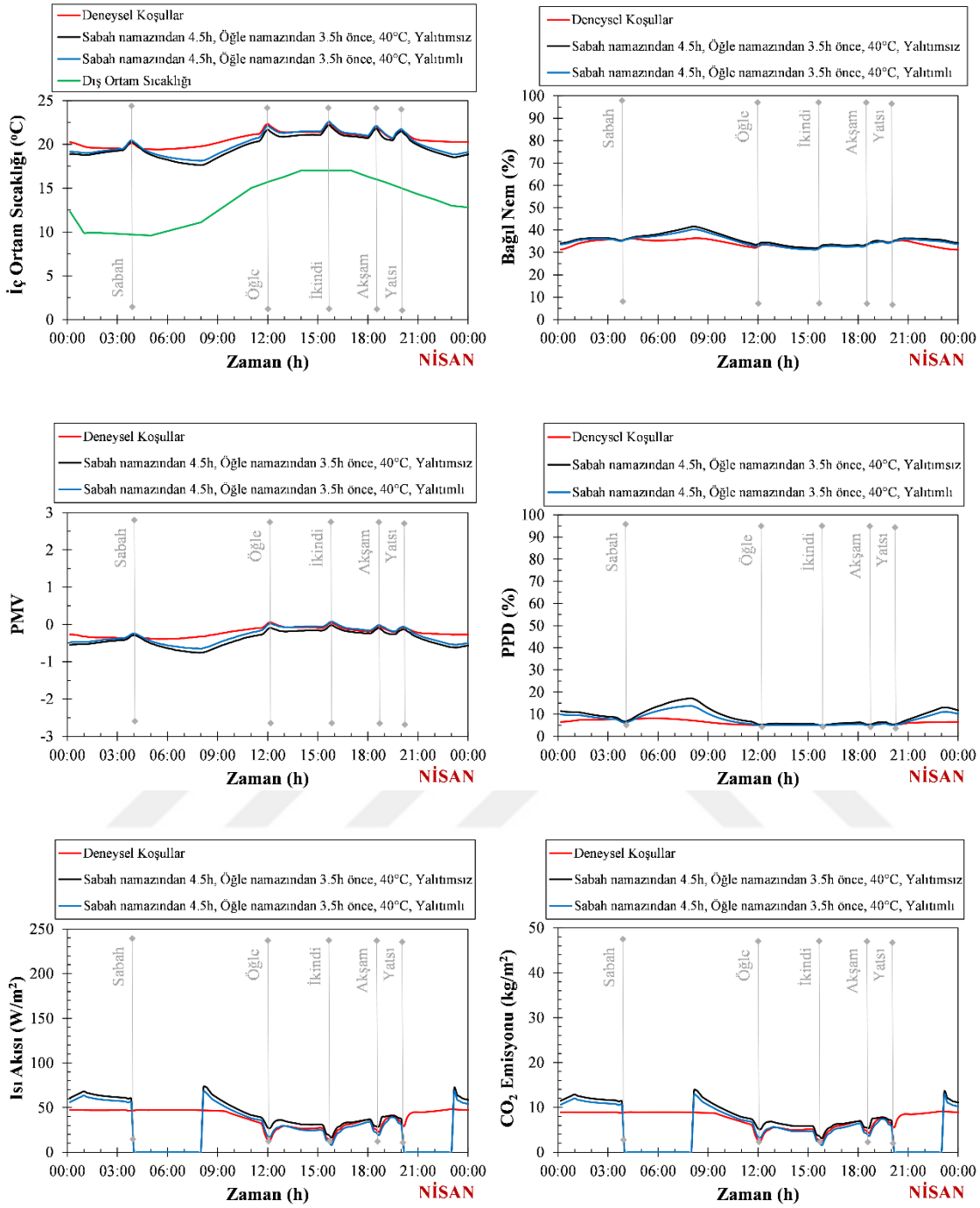
Şekil D.31. Ocak ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-VI için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



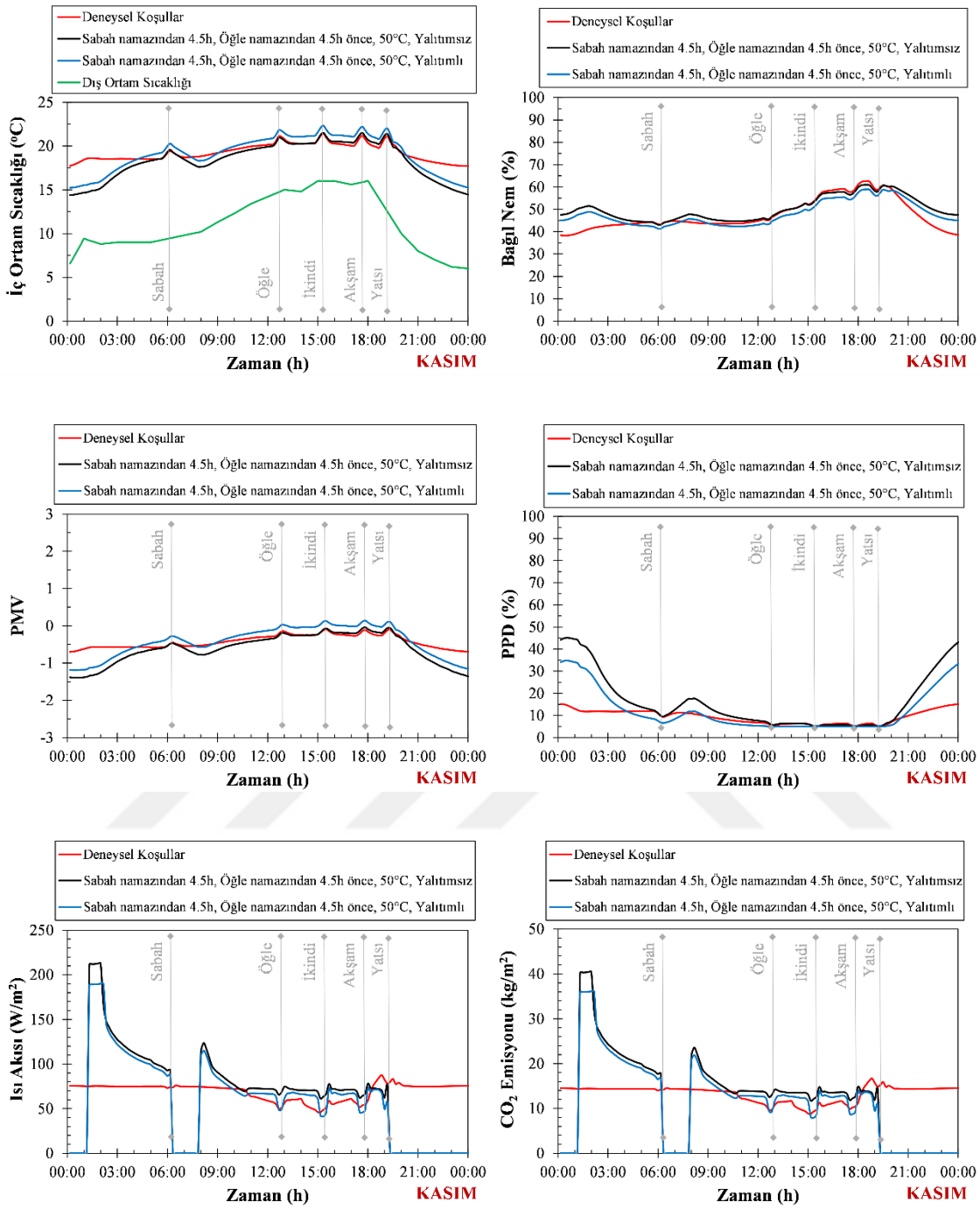
Şekil D.32. Şubat ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-VI için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



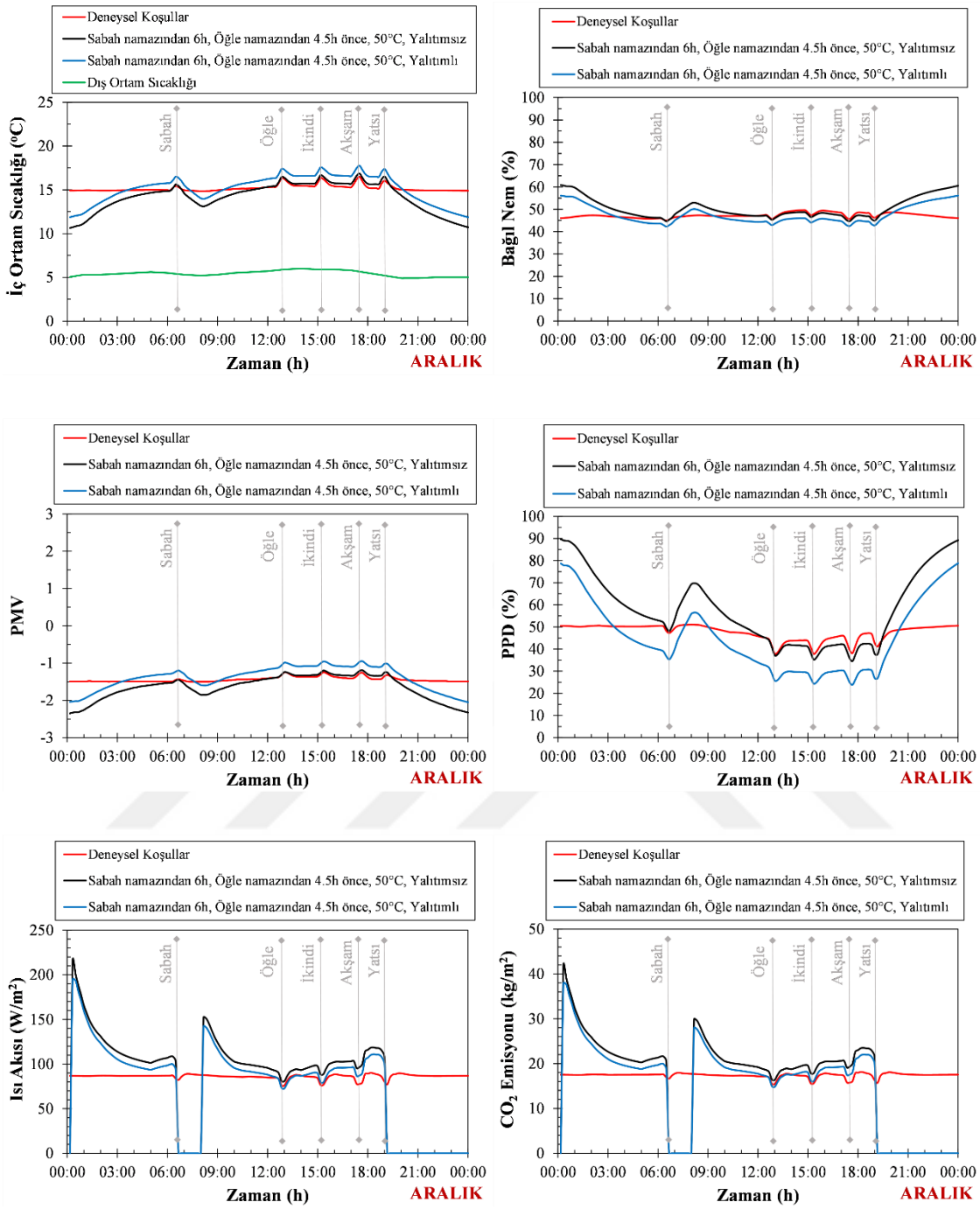
Şekil D.33. Mart ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-VI için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil D.34. Nisan ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-VI için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil D.35. Kasım ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-VI için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil D.36. Aralık ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-VI için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Tablo D.1. Yalıtım uygulaması ile kış aylarında elde edilen tüm senaryolar için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

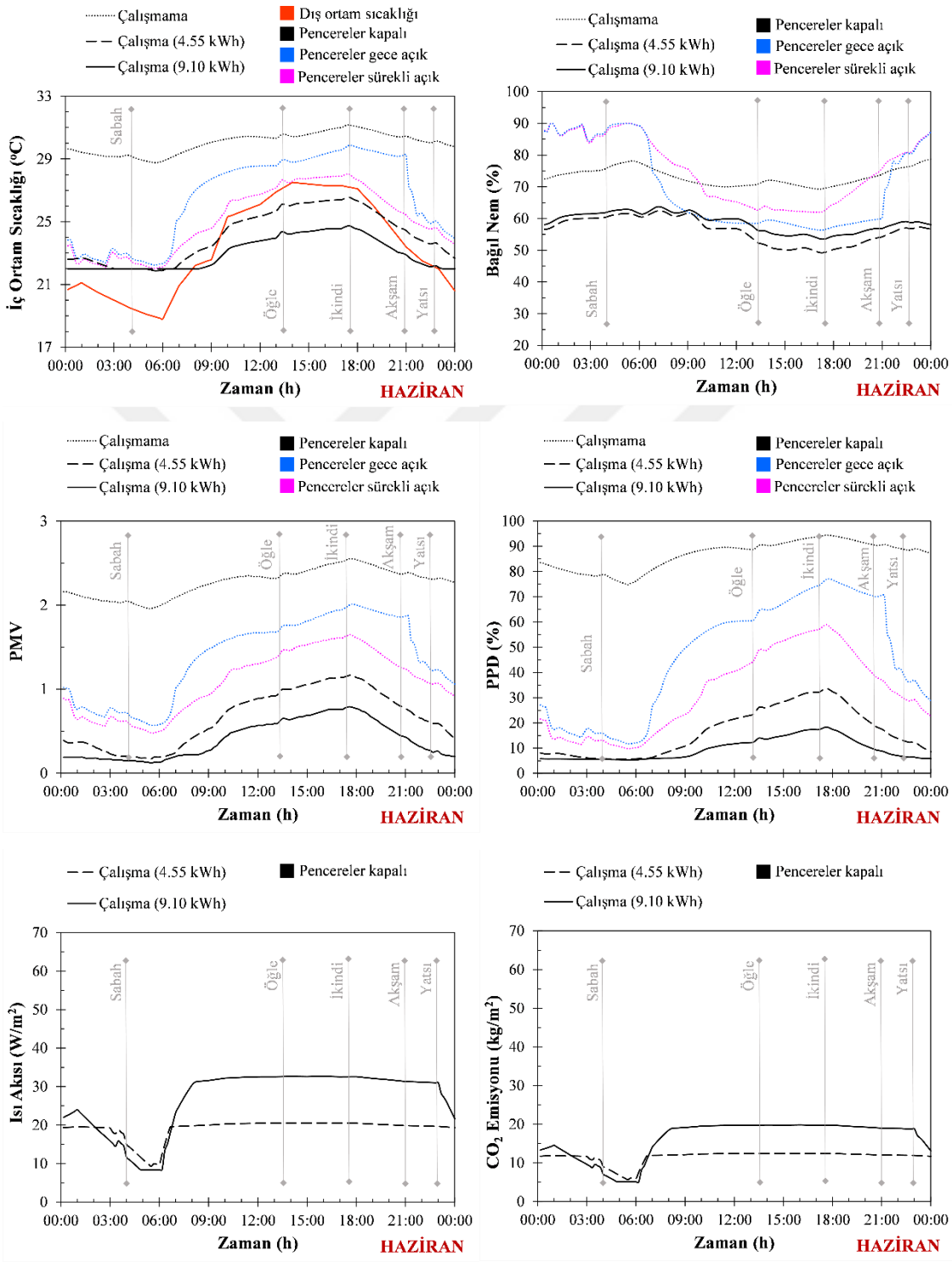
	Parametreler	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Kasım	Aralık
Deneysel	DHS (ºC)	5.8	4.9	7.3	12.1	10.6	7.9
	İHS (ºC)	17.5	17.8	18.0	19.9	19.4	17.2
	BN (%)	37	29	37	40	43	45
	ORS (ºC)	18.5	19.4	19.8	21.2	20.8	18.5
	ÇS (ºC)	18.0	18.6	18.9	20.5	20.1	17.9
	PMV	-0.8	-0.5	-0.7	-0.3	-0.4	-1.0
	PPD (%)	23	16	20	13	11	27
	DT (kWh/gün)	253	322	245	119	207	244
	CO_2 salımı (kg/gün)	383	488	373	181	313	372
Senaryo-I	DHS (ºC)	5.8	4.9	7.3	12.1	10.6	7.9
	İHS (ºC)	18.5	17.9	20.3	20.9	21.1	18.1
	BN (%)	35	29	33	37	39	43
	ORS (ºC)	20.8	21.1	23.6	22.9	23.8	20.7
	ÇS (ºC)	19.6	19.5	22.0	21.9	22.4	19.4
	PMV	-0.5	-0.4	-0.1	0.0	0.1	-0.7
	PPD (%)	13	15	7	8	6	16
	DT (kWh/gün)	192	209	218	94	177	176
	CO_2 salımı (kg/gün)	291	317	331	143	269	267
Senaryo-II	DHS (ºC)	5.8	4.9	7.3	12.1	10.6	7.9
	İHS (ºC)	14.4	13.4	15.7	18.5	18.7	14.5
	BN (%)	45	39	43	44	45	54
	ORS (ºC)	16.2	15.8	18.1	20.0	20.9	16.4
	ÇS (ºC)	15.3	14.6	16.9	19.2	19.8	15.4
	PMV	-1.4	-1.3	-1.1	-0.6	-0.5	-1.5
	PPD (%)	46	46	36	19	13	51
	DT (kWh/gün)	122	131	146	67	128	112
	CO_2 salımı (kg/gün)	185	199	221	101	194	170
Senaryo-III	DHS (ºC)	5.8	4.9	7.3	12.1	10.6	7.9
	İHS (ºC)	17.4	16.0	18.1	19.8	20.2	16.8
	BN (%)	37	33	37	40	41	47
	ORS (ºC)	19.5	18.8	20.9	21.5	22.6	19.0
	ÇS (ºC)	18.5	17.4	19.5	20.6	21.4	17.9
	PMV	-0.7	-0.7	-0.6	-0.3	-0.1	-1.0
	PPD (%)	21	29	17	12	8	28
	DT (kWh/gün)	170	175	178	80	163	159
	CO_2 salımı (kg/gün)	257	265	269	121	247	240
Senaryo-IV	DHS (ºC)	5.8	4.9	7.3	12.1	10.6	7.9
	İHS (ºC)	17.8	17.3	18.6	19.9	19.4	17.0
	BN (%)	37	31	36	40	43	46
	ORS (ºC)	20.0	20.3	21.5	21.6	21.7	19.3
	ÇS (ºC)	18.9	18.8	20.1	20.7	20.6	18.2
	PMV	-0.6	-0.5	-0.5	-0.3	-0.3	-0.9
	PPD (%)	18	23	14	11	10	26
	DT (kWh/gün)	187	223	189	78	141	163
	CO_2 salımı (kg/gün)	283	339	286	119	214	247

Tablo D.1. (Devam) Yalıtım uygulaması ile kış aylarında elde edilen tüm senaryolar için aylık ısıl konfor, yakıt tüketimi ve CO_2 salımı

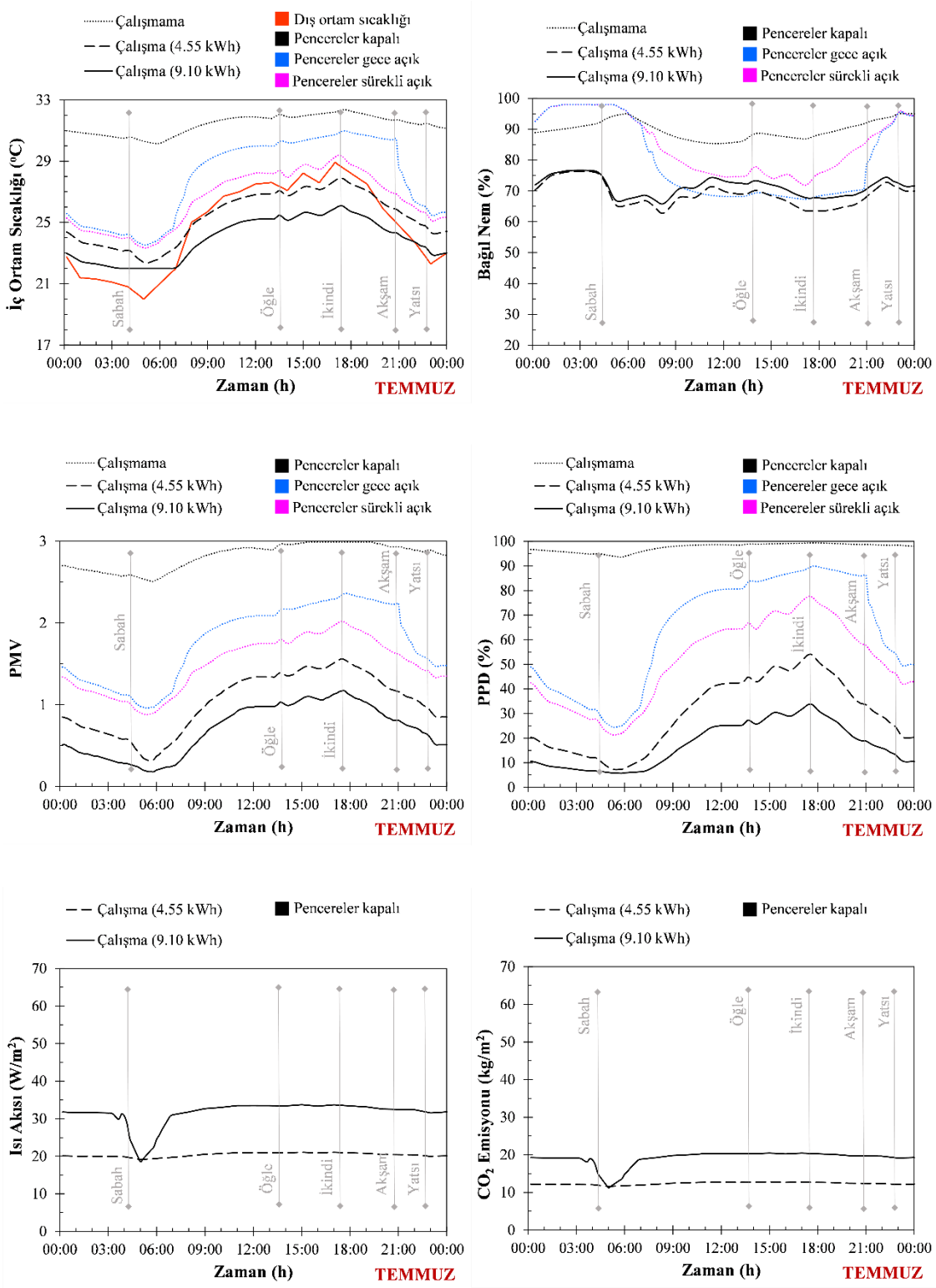
	Parametreler	**Ocak**	**Şubat**	**Mart**	**Nisan**	**Kasım**	**Aralık**
Senaryo-V	DHS (°C)	5.8	4.9	7.3	12.1	10.6	7.9
	İHS (°C)	17.6	16.8	19.1	20.1	20.5	17.2
	BN (%)	37	31	35	39	40	45
	ORS (°C)	19.8	19.8	22.1	21.9	23.1	19.7
	ÇS (°C)	18.7	18.3	20.6	21.0	21.8	18.5
	PMV	-0.7	-0.6	-0.3	-0.2	0.0	-0.9
	PPD (%)	18	21	10	10	6	22
	DT (kWh/gün)	175	192	199	84	163	158
	CO_2 salımı (kg/gün)	265	290	302	127	247	240
Senaryo-VI	DHS (°C)	5.8	4.9	7.3	12.1	10.6	7.9
	İHS (°C)	18.7	20.9	19.7	20.0	19.5	16.7
	BN (%)	35	25	34	40	43	47
	ORS (°C)	21.0	24.5	22.8	21.1	21.2	18.4
	ÇS (°C)	19.8	22.7	21.3	20.5	20.4	17.6
	PMV	-0.4	0.3	-0.2	-0.3	-0.3	-1.0
	PPD (%)	12	7	9	12	10	30
	DT (kWh/gün)	172	239	193	51	152	202
	CO_2 salımı (kg/gün)	261	362	292	77	230	309

Ek-E

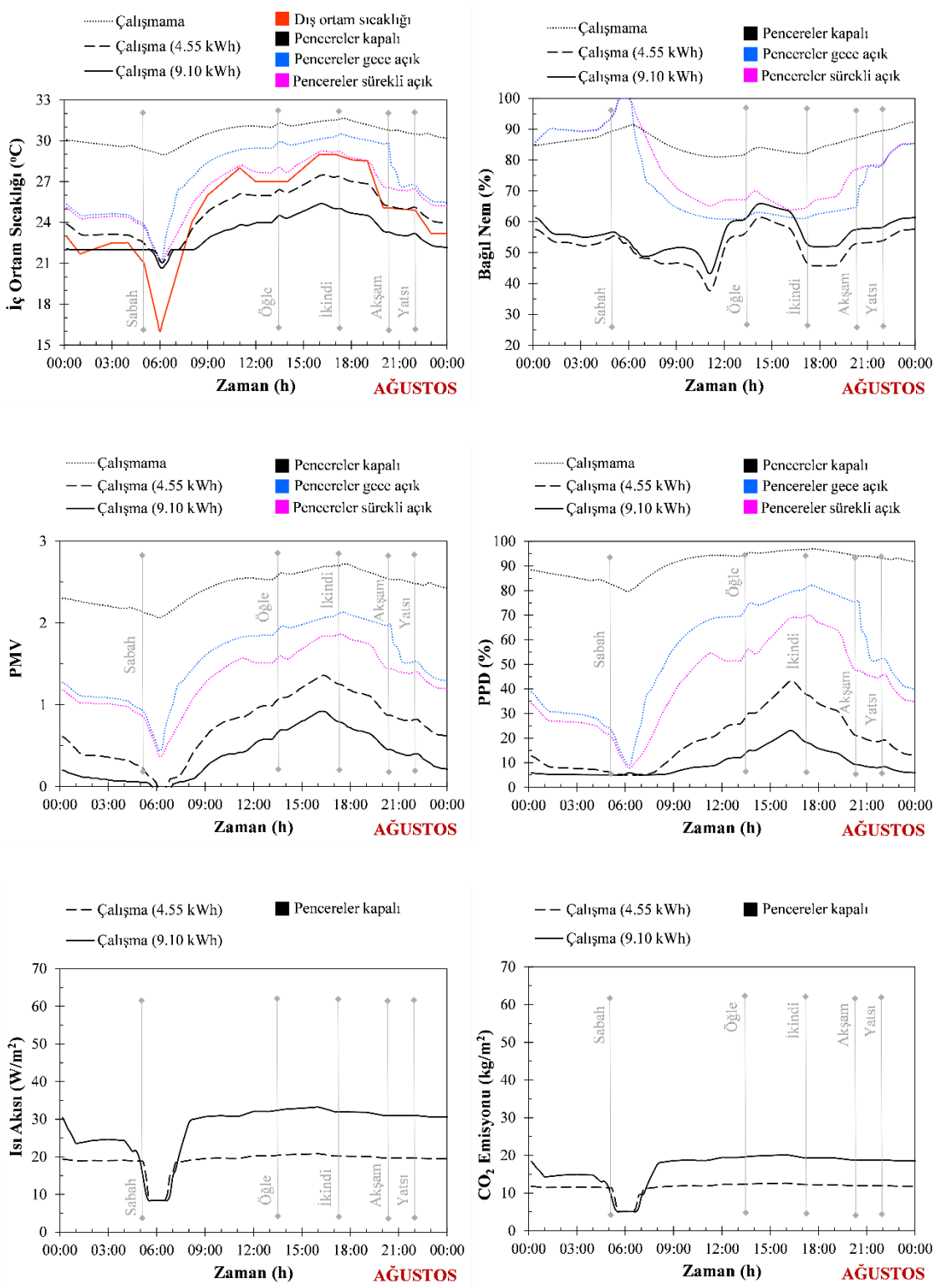
Yaz Aylarında Elde Edilen Senaryo-I için Isıl Konfor, Isı Akısı ve CO_2 Salımı



Şekil E.1. Haziran ayında elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil E.2. Temmuz ayında elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

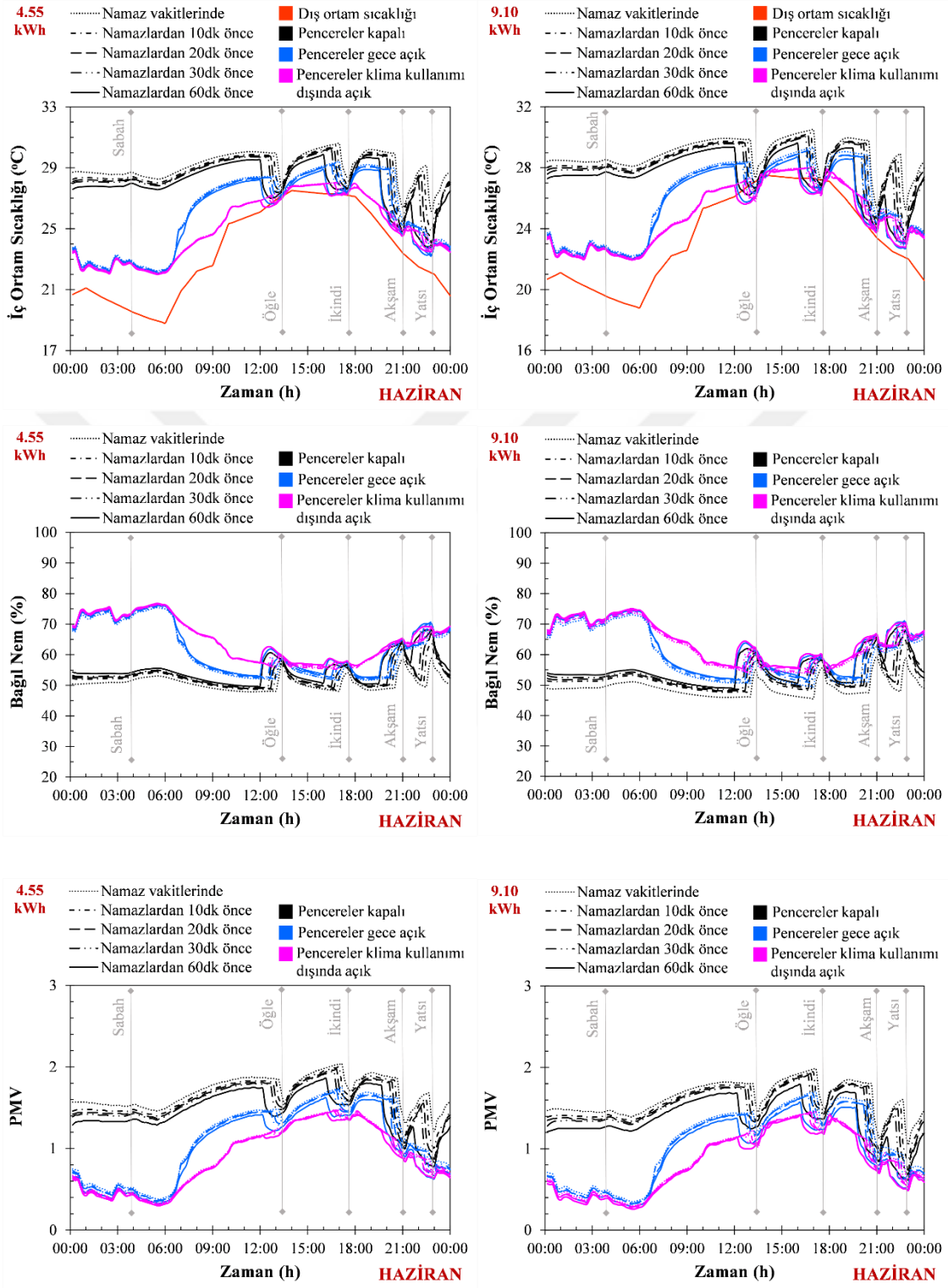


Şekil E.3. Ağustos ayında elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

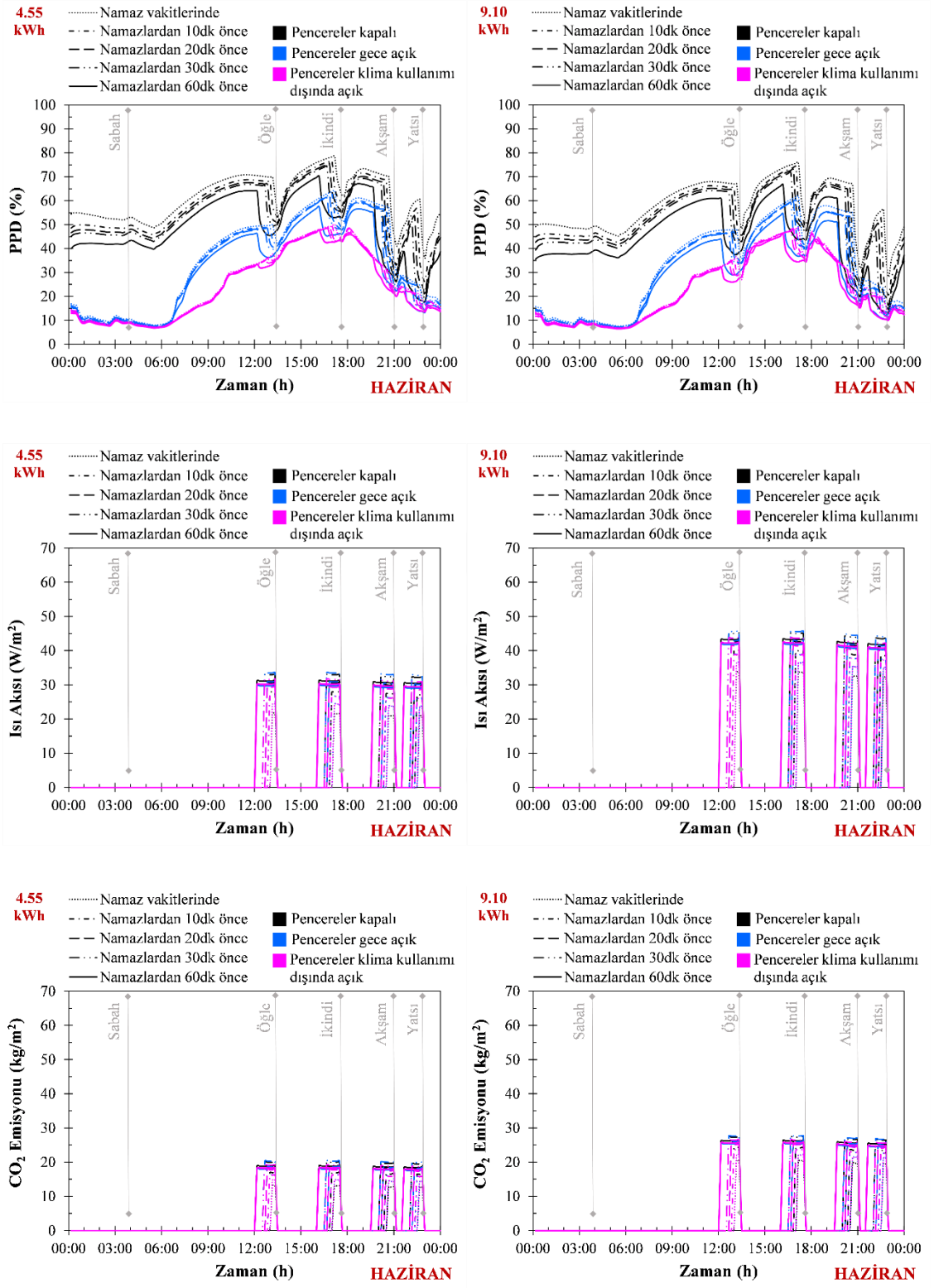
Tablo E.1. Yaz aylarında elde edilen Senaryo-I için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

Aylar	Parametreler	Çalışmama			Tek klima (4.55 kWh)	Çift Klima (9.10 kWh)
		Pencereler sürekli kapalı	Pencereler sürekli açık	Pencereler gece açık	Pencereler sürekli kapalı	Pencereler sürekli kapalı
Haziran	DHS (ºC)	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
	İHS (ºC)	28.8	24.2	25.7	23.5	22.6
	BN (%)	94.5	86.3	81.5	67.8	69.9
	ORS (ºC)	28.9	26.3	27.1	25.6	25.0
	ÇS (ºC)	28.8	25.3	26.4	24.6	23.8
	PMV	2.0	0.8	1.1	0.5	0.3
	PPD (%)	74.3	22.5	34.8	12.4	7.7
	ET (kWh/gün)	0.0	0.0	0.0	49.2	67.3
	CO_2 salımı (kg/gün)	0.0	0.0	0.0	29.8	40.8
Temmuz	DHS (ºC)	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1
	İHS (ºC)	30.9	26.5	27.5	25.5	24.1
	BN (%)	94.7	82.1	78.5	66.5	69.3
	ORS (ºC)	30.9	28.5	29.1	27.6	26.7
	ÇS (ºC)	30.9	27.5	28.3	26.5	25.4
	PMV	2.7	1.4	1.7	1.0	0.7
	PPD (%)	87.7	49.2	58.2	32.2	20.2
	ET (kWh/gün)	0.0	0.0	0.0	55.6	84.6
	CO_2 salımı (kg/gün)	0.0	0.0	0.0	33.9	51.6
Ağustos	DHS (ºC)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	İHS (ºC)	30.3	26.2	27.4	25.1	23.7
	BN (%)	95.0	84.6	80.8	63.2	66.2
	ORS (ºC)	30.3	28.1	28.7	27.1	26.2
	ÇS (ºC)	30.3	27.1	28.0	26.1	25.0
	PMV	2.5	1.4	1.6	0.9	0.6
	PPD (%)	87.4	45.5	55.6	27.1	16.4
	ET (kWh/gün)	0.0	0.0	0.0	53.6	79.4
	CO_2 salımı (kg/gün)	0.0	0.0	0.0	32.7	48.4

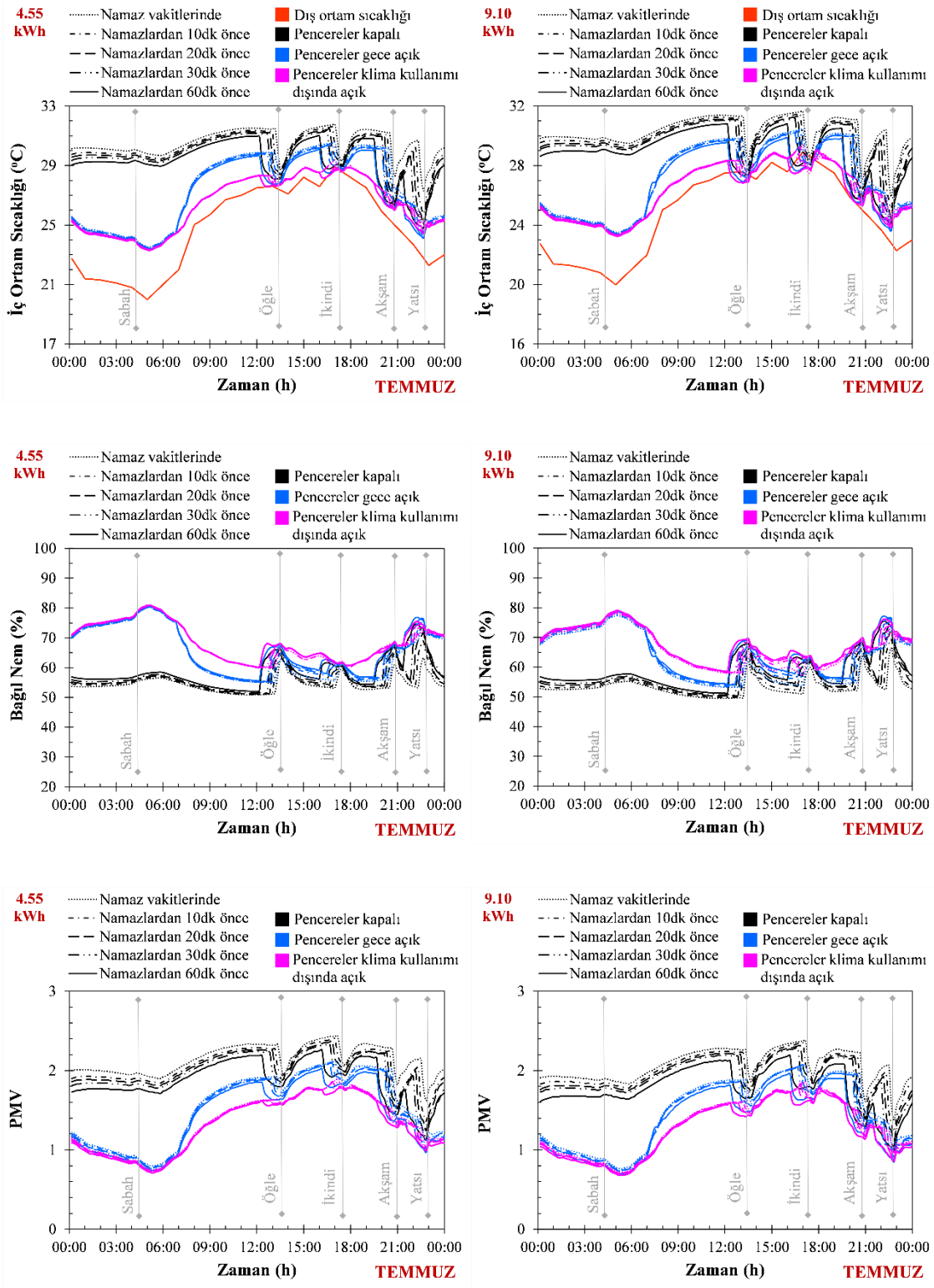
Yaz Aylarında Elde Edilen Senaryo-II için Isıl Konfor, Isı Akısı ve CO_2 Salımı



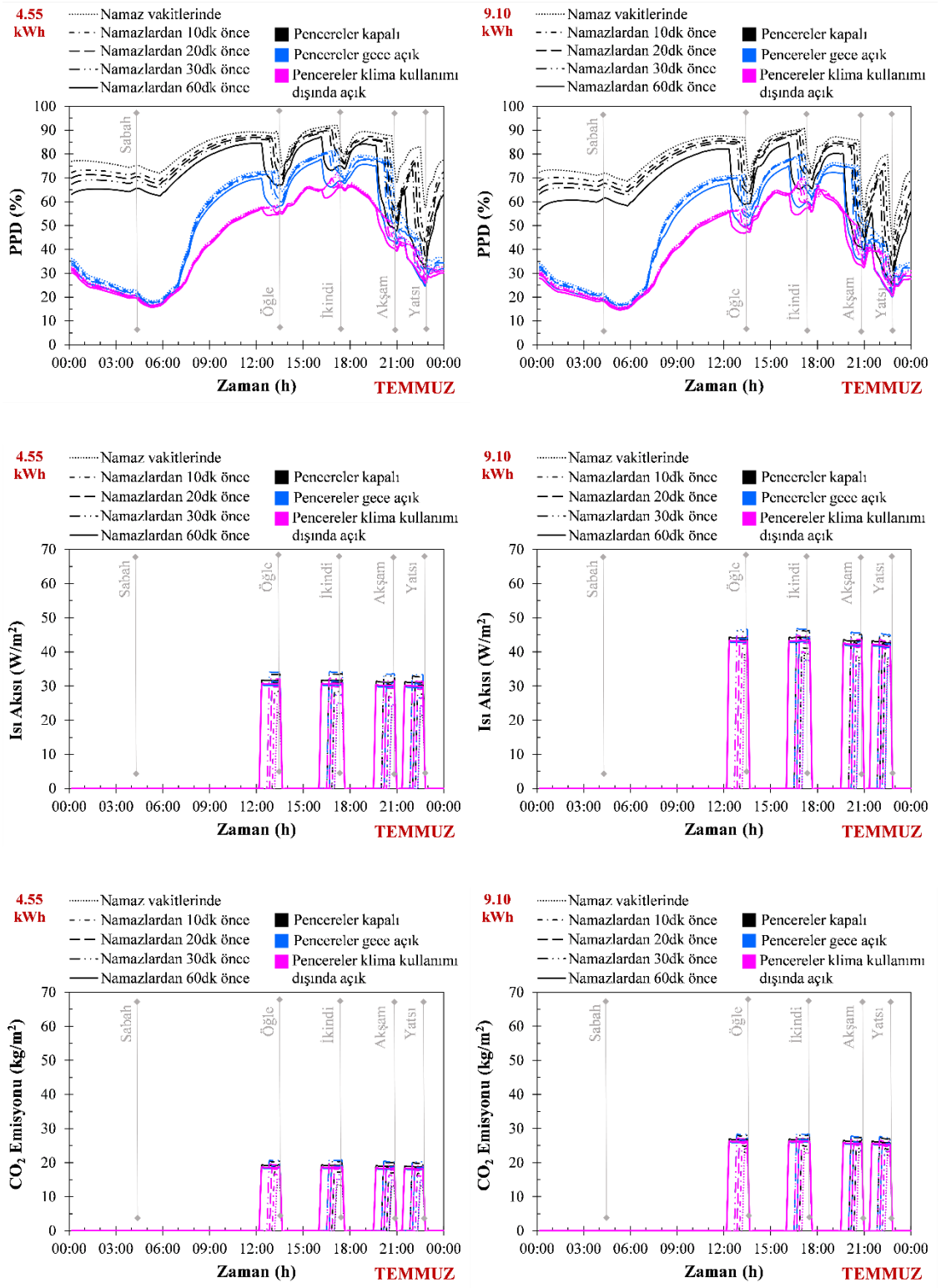
Şekil E.4. Haziran ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



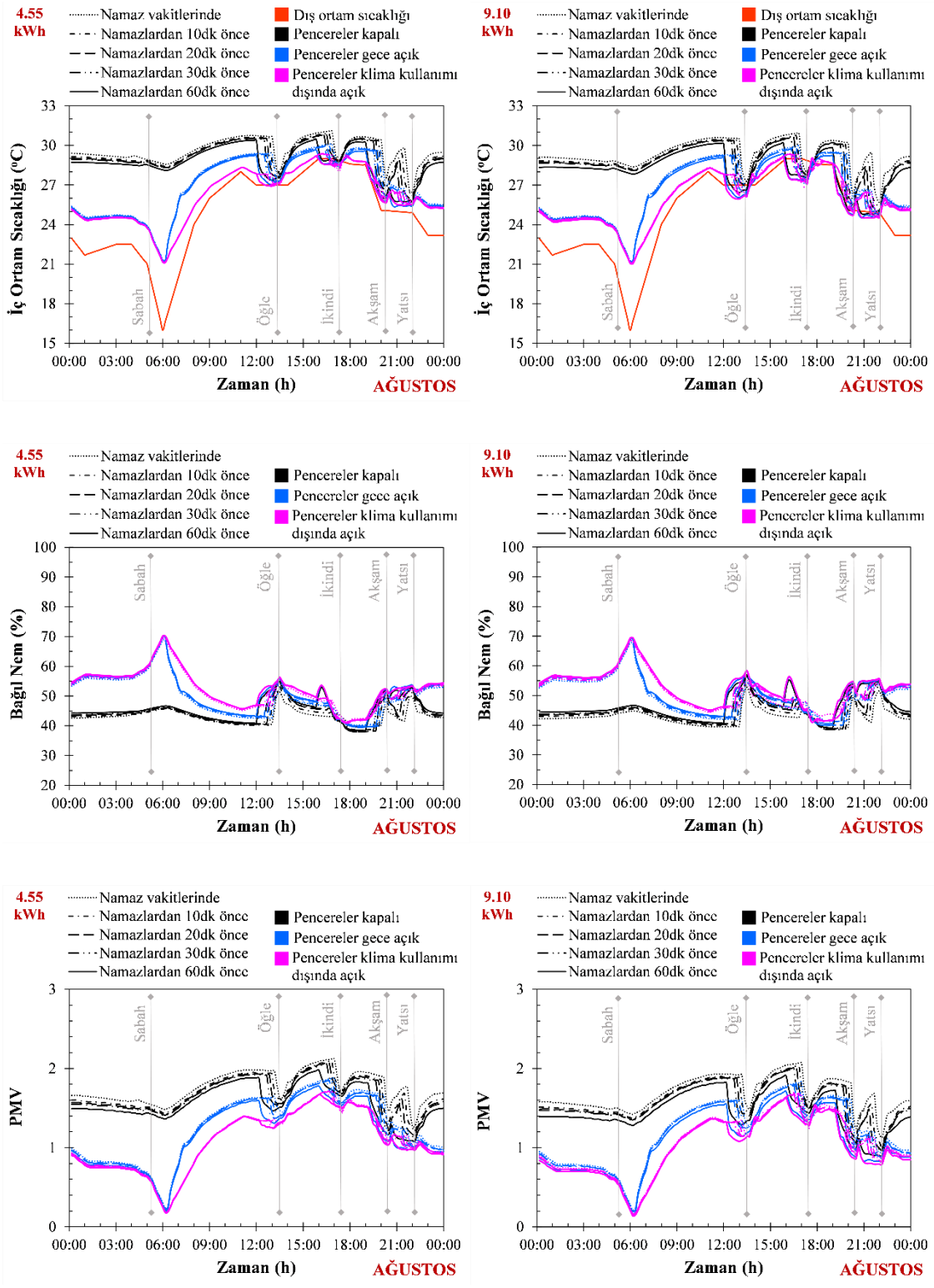
Şekil E.4. (Devam) Haziran ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



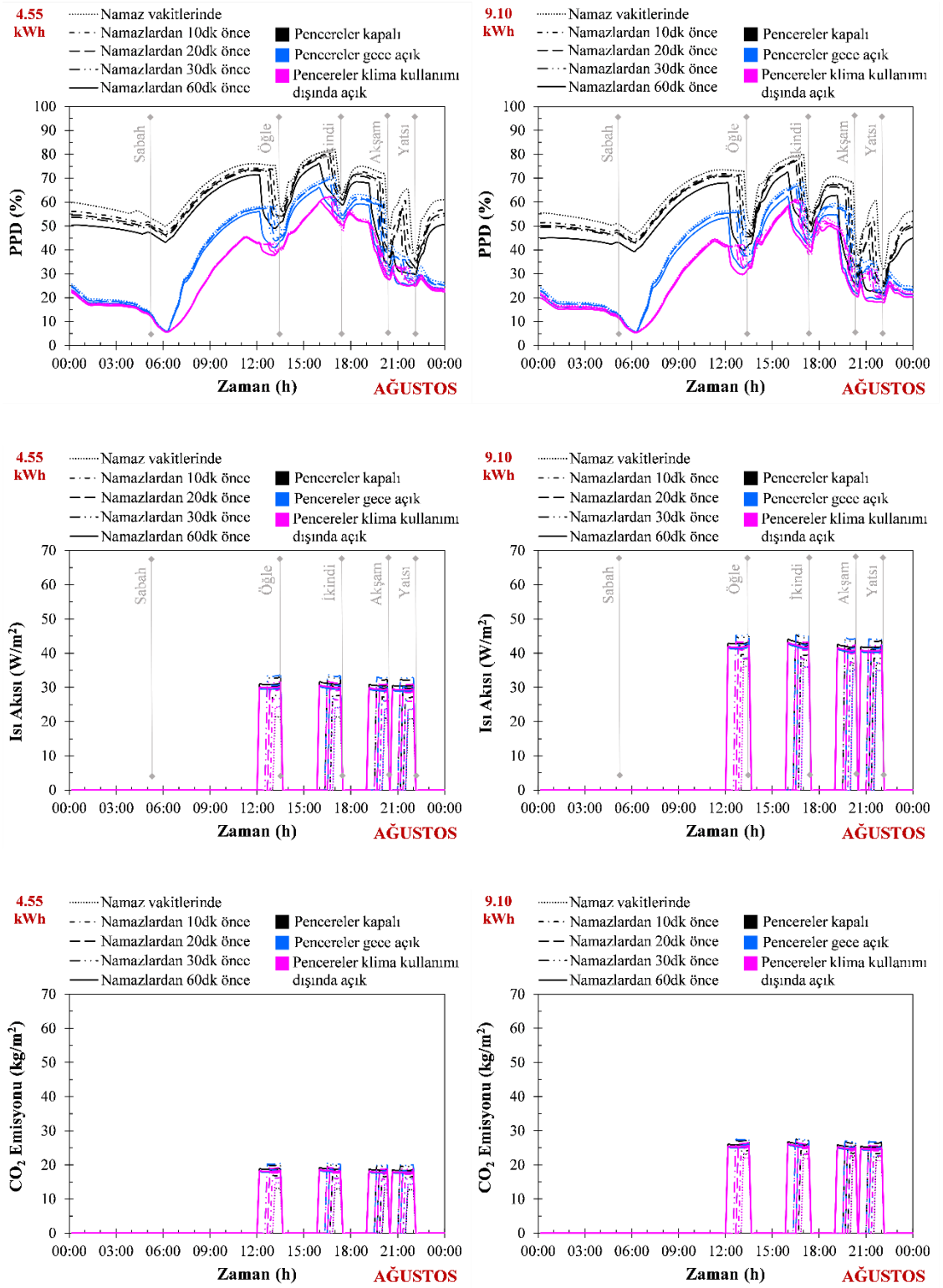
Şekil E.5. Temmuz ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil E.5. (Devam) Temmuz ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil E.6. Ağustos ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil E.6. (Devam) Ağustos ayında elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Tablo E.2. Yaz aylarında elde edilen Senaryo-II için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

HAZİRAN						
Çalışma Şartları	**Parametreler**	**Namaz vakitlerinde**	**10 dk önce**	**20 dk önce**	**30 dk önce**	**60 dk önce**
Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler kapalı)	DHS (ºC)	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
	İHS (ºC)	28.0	27.6	27.4	27.3	26.8
	BN (%)	54.1	55.1	55.7	56.3	57.7
	ORS (ºC)	28.4	28.1	28.0	27.9	27.7
	ÇS (ºC)	28.2	27.9	27.7	27.6	27.2
	PMV	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2
	PPD (%)	46.4	42.9	41.0	39.6	35.7
	ET (kWh/gün)	3.8	7.2	10.1	13.4	19.5
	CO_2 salımı (kg/gün)	2.3	4.4	6.1	8.1	11.8
Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler kapalı)	DHS (ºC)	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
	İHS (ºC)	27.7	27.4	27.2	27.0	26.5
	BN (%)	52.7	54.5	55.5	56.2	57.9
	ORS (ºC)	28.2	28.0	27.9	27.8	27.4
	ÇS (ºC)	28.0	27.7	27.5	27.4	26.9
	PMV	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1
	PPD (%)	43.1	39.8	38.0	36.7	32.0
	ET (kWh/gün)	5.7	10.1	13.9	17.9	26.4
	CO_2 salımı (kg/gün)	3.4	6.1	8.4	10.8	16.0
Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler gece açık)	DHS (ºC)	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
	İHS (ºC)	25.4	25.2	25.1	25.1	24.8
	BN (%)	63.4	63.5	63.9	64.2	64.9
	ORS (ºC)	26.9	26.8	26.8	26.8	26.6
	ÇS (ºC)	26.1	26.0	26.0	25.9	25.7
	PMV	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
	PPD (%)	26.1	25.1	24.5	23.9	22.2
	ET (kWh/gün)	4.4	6.8	10.0	13.4	18.3
	CO_2 salımı (kg/gün)	2.6	4.1	6.1	8.1	11.1
Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler gece açık)	DHS (ºC)	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
	İHS (ºC)	25.2	25.1	25.0	24.9	24.6
	BN (%)	61.8	62.6	63.4	63.9	64.7
	ORS (ºC)	26.8	26.7	26.7	26.6	26.4
	ÇS (ºC)	26.0	25.9	25.8	25.8	25.5
	PMV	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7
	PPD (%)	24.3	23.2	22.7	22.2	19.7
	ET (kWh/gün)	6.4	9.5	13.6	17.7	25.1
	CO_2 salımı (kg/gün)	3.9	5.8	8.2	10.7	15.2
Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler klima kullanımı dışında açık)	DHS (ºC)	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
	İHS (ºC)	24.3	24.3	24.3	24.2	24.2
	BN (%)	67.3	67.0	67.0	67.1	67.3
	ORS (ºC)	26.3	24.3	26.3	26.3	26.2
	ÇS (ºC)	25.3	25.3	25.3	25.2	25.2
	PMV	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6
	PPD (%)	18.3	18.1	18.0	17.9	17.4
	ET (kWh/gün)	4.3	6.7	9.6	12.6	18.7
	CO_2 salımı (kg/gün)	2.6	4.1	5.8	7.7	11.4

Tablo E.2. (Devam) Yaz aylarında elde edilen Senaryo-II için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

HAZİRAN

Çalışma Şartları	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler klima kullanımı dışında açık)	DHS (ºC)	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
	İHS (ºC)	24.2	24.2	24.1	24.1	24.0
	BN (%)	65.6	65.8	66.2	66.5	66.9
	ORS (ºC)	26.3	26.2	26.2	26.2	26.0
	ÇS (ºC)	25.2	25.2	25.2	25.1	25.0
	PMV	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	PPD (%)	17.2	16.9	16.8	16.7	15.7
	ET (kWh/gün)	6.3	9.5	13.1	16.9	25.4
	CO_2 salımı (kg/gün)	3.8	5.7	7.9	10.3	15.4

TEMMUZ

Çalışma Şartları	Parametreler	Namaz vakitlerinde	10 dk önce	20 dk önce	30 dk önce	60 dk önce
Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler kapalı)	DHS (ºC)	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1
	İHS (ºC)	30.1	29.8	29.6	29.4	29.0
	BN (%)	53.5	54.2	54.9	55.6	56.7
	ORS (ºC)	30.5	30.3	30.2	30.0	29.8
	ÇS (ºC)	30.3	30.0	29.9	29.7	29.4
	PMV	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8
	PPD (%)	72.7	70.5	68.9	67.4	64.2
	ET (kWh/gün)	3.9	7.3	10.4	13.8	20.4
	CO_2 salımı (kg/gün)	2.4	4.4	6.3	8.4	12.4
Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler kapalı)	DHS (ºC)	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1
	İHS (ºC)	29.8	29.6	29.3	29.1	28.7
	BN (%)	52.4	53.7	54.7	55.5	56.9
	ORS (ºC)	30.3	30.1	30.0	29.9	29.6
	ÇS (ºC)	30.1	29.8	29.7	29.5	29.1
	PMV	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7
	PPD (%)	69.9	67.8	66.2	64.7	60.4
	ET (kWh/gün)	6.0	10.4	14.4	18.8	28.4
	CO_2 salımı (kg/gün)	3.7	6.3	8.8	11.4	17.3
Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler gece açık)	DHS (ºC)	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1
	İHS (ºC)	27.3	27.2	27.2	27.1	26.9
	BN (%)	62.9	63.1	63.3	63.7	64.2
	ORS (ºC)	28.9	28.9	28.8	28.8	28.6
	ÇS (ºC)	28.1	28.1	28.0	27.9	27.8
	PMV	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4
	PPD (%)	50.5	49.7	48.9	48.3	46.4
	ET (kWh/gün)	4.4	7.0	10.4	14.0	19.4
	CO_2 salımı (kg/gün)	2.7	4.2	6.4	8.5	11.8
Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler gece açık)	DHS (ºC)	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1
	İHS (ºC)	27.2	27.1	27.0	26.9	26.6
	BN (%)	61.5	62.0	62.8	63.3	64.0
	ORS (ºC)	28.8	28.8	28.7	28.6	28.4
	ÇS (ºC)	28.0	27.9	27.8	27.8	27.5
	PMV	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3
	PPD (%)	48.4	47.4	46.8	46.1	43.2
	ET (kWh/gün)	6.6	10.1	14.5	19.0	27.2
	CO_2 salımı (kg/gün)	4.0	6.1	8.8	11.6	16.6

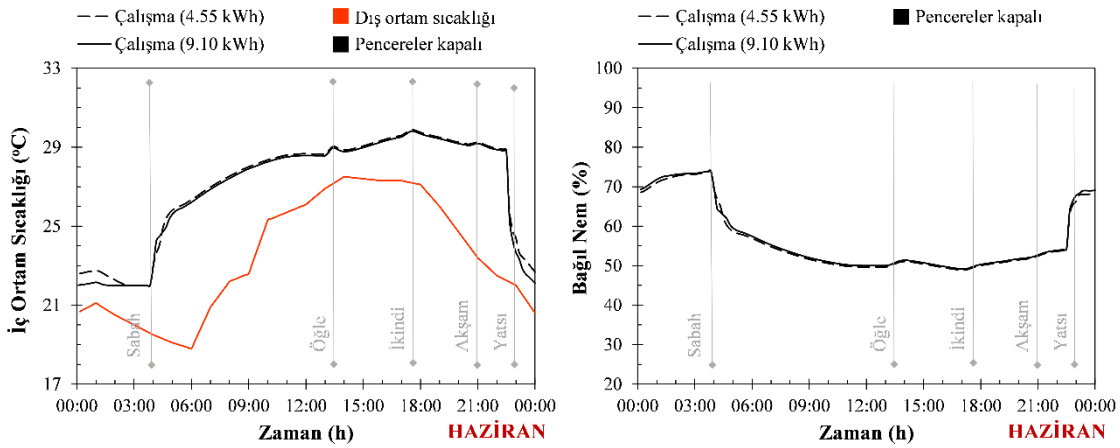
Tablo E.2. (Devam) Yaz aylarında elde edilen Senaryo-II için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

TEMMUZ						
Çalışma Şartları	**Parametreler**	**Namaz vakitlerinde**	**10 dk önce**	**20 dk önce**	**30 dk önce**	**60 dk önce**
Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler klima kullanımı dışında açık)	DHS (ºC)	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1
	İHS (ºC)	26.6	26.5	26.5	26.5	26.4
	BN (%)	65.7	65.5	65.7	65.8	66.0
	ORS (ºC)	28.5	28.4	28.4	28.4	28.3
	ÇS (ºC)	27.5	27.5	27.5	27.4	27.4
	PMV	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
	PPD (%)	43.5	43.1	42.9	42.7	42.0
	ET (kWh/gün)	4.4	6.9	9.9	13.2	19.7
	CO_2 salımı (kg/gün)	2.7	4.2	6.1	8.0	12.0
Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler klima kullanımı dışında açık)	DHS (ºC)	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1
	İHS (ºC)	26.5	26.4	26.4	26.3	26.2
	BN (%)	64.0	64.3	64.7	65.1	65.5
	ORS (ºC)	28.4	28.3	28.3	28.3	28.2
	ÇS (ºC)	27.4	27.4	27.3	27.3	27.2
	PMV	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
	PPD (%)	41.9	41.4	41.1	40.8	39.2
	ET (kWh/gün)	6.6	10.0	14.0	18.2	27.5
	CO_2 salımı (kg/gün)	4.0	6.1	8.5	11.1	16.8
AĞUSTOS						
Çalışma Şartları	**Parametreler**	**Namaz vakitlerinde**	**10 dk önce**	**20 dk önce**	**30 dk önce**	**60 dk önce**
Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler kapalı)	DHS (ºC)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	İHS (ºC)	29.5	29.2	29.1	28.9	28.6
	BN (%)	51.5	52.1	52.7	53.2	54.2
	ORS (ºC)	29.8	29.7	29.6	29.5	29.3
	ÇS (ºC)	29.7	29.4	29.3	29.2	28.8
	PMV	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6
	PPD (%)	65.0	62.6	61.3	60.2	57.1
	ET (kWh/gün)	4.4	7.9	11.0	14.4	20.6
	CO_2 salımı (kg/gün)	2.7	4.8	6.7	8.8	12.6
Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler kapalı)	DHS (ºC)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	İHS (ºC)	29.2	28.9	28.7	28.6	28.1
	BN (%)	50.6	52.0	52.7	53.3	54.5
	ORS (ºC)	29.6	29.4	29.4	29.3	29.0
	ÇS (ºC)	29.4	29.2	29.0	28.9	28.6
	PMV	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5
	PPD (%)	61.3	59.1	57.8	56.8	52.6
	ET (kWh/gün)	6.8	11.3	15.2	19.5	28.4
	CO_2 salımı (kg/gün)	4.2	6.9	9.3	11.9	17.3
Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler gece açık)	DHS (ºC)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	İHS (ºC)	27.1	27.0	27.0	26.9	26.7
	BN (%)	58.9	59.3	59.8	60.1	60.5
	ORS (ºC)	28.6	28.5	28.5	28.4	28.3
	ÇS (ºC)	27.8	27.8	27.7	27.7	27.5
	PMV	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
	PPD (%)	45.1	44.3	43.9	43.5	41.8
	ET (kWh/gün)	5.1	7.6	11.1	14.6	19.6
	CO_2 salımı (kg/gün)	3.1	4.6	6.7	8.9	12.0

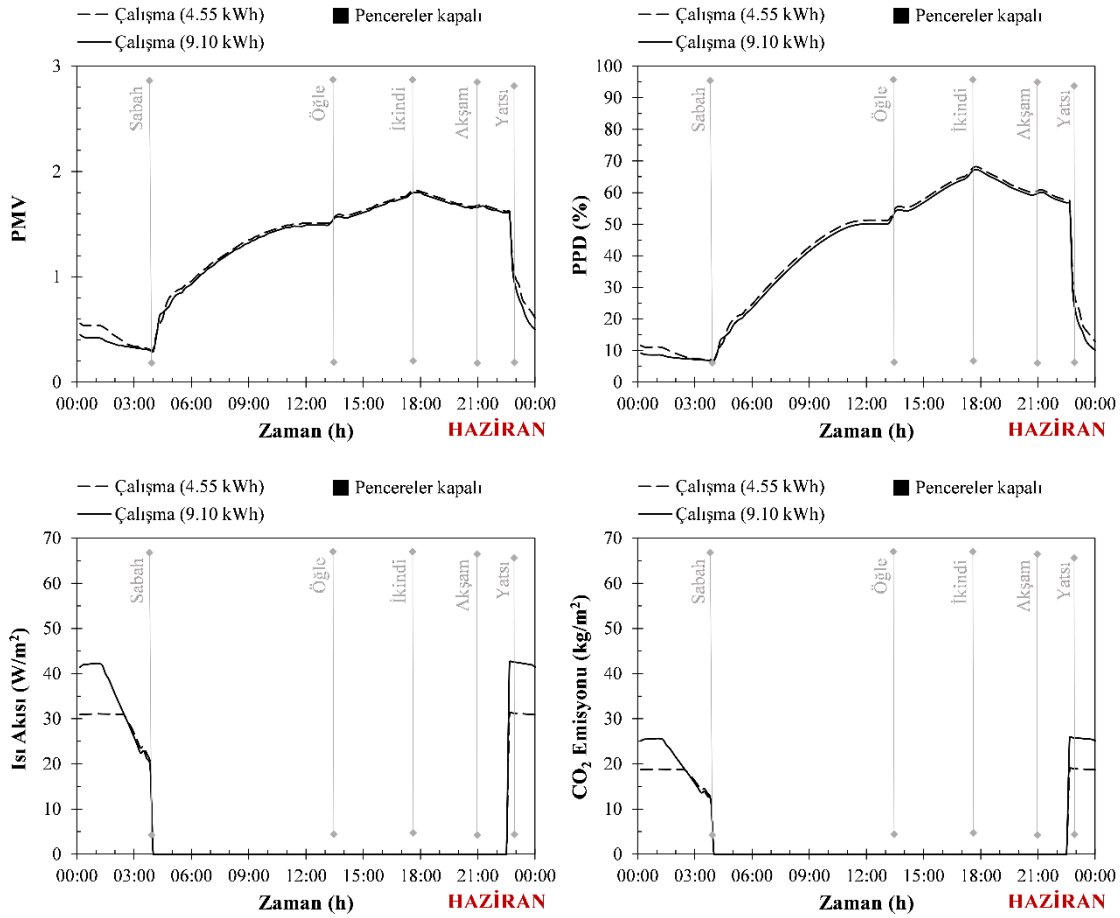
Tablo E.2. (Devam) Yaz aylarında elde edilen Senaryo-II için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

AĞUSTOS						
Çalışma Şartları	**Parametreler**	**Namaz vakitlerinde**	**10 dk önce**	**20 dk önce**	**30 dk önce**	**60 dk önce**
Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler gece açık)	DHS (ºC)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	İHS (ºC)	26.9	26.8	26.8	26.7	26.4
	BN (%)	57.9	58.7	59.4	59.8	60.4
	ORS (ºC)	28.5	28.4	28.3	28.3	28.1
	ÇS (ºC)	27.7	27.6	27.5	27.5	27.2
	PMV	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2
	PPD (%)	42.9	41.8	41.6	41.2	38.4
	ET (kWh/gün)	7.5	10.9	15.3	19.6	27.4
	CO_2 salımı (kg/gün)	4.6	6.6	9.3	12.0	16.7
Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler klima kullanımı dışında açık)	DHS (ºC)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	İHS (ºC)	26.3	26.3	26.2	26.2	26.2
	BN (%)	61.8	62.0	62.3	62.4	62.6
	ORS (ºC)	28.0	28.0	28.0	28.0	27.9
	ÇS (ºC)	27.2	27.1	27.1	27.1	27.1
	PMV	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1
	PPD (%)	38.0	37.8	37.7	37.6	37.0
	ET (kWh/gün)	5.0	7.5	10.5	13.7	19.9
	CO_2 salımı (kg/gün)	3.1	4.6	6.4	8.4	12.2
Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler klima kullanımı dışında açık)	DHS (ºC)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
	İHS (ºC)	26.2	26.1	26.1	26.1	25.9
	BN (%)	60.5	61.0	61.6	61.9	62.3
	ORS (ºC)	28.0	27.9	27.9	27.9	27.8
	ÇS (ºC)	27.1	27.0	27.0	27.0	26.8
	PMV	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
	PPD (%)	36.4	36.0	35.8	35.7	34.1
	ET (kWh/gün)	7.5	10.8	14.7	18.8	27.6
	CO_2 salımı (kg/gün)	4.6	6.6	9.0	11.4	16.8

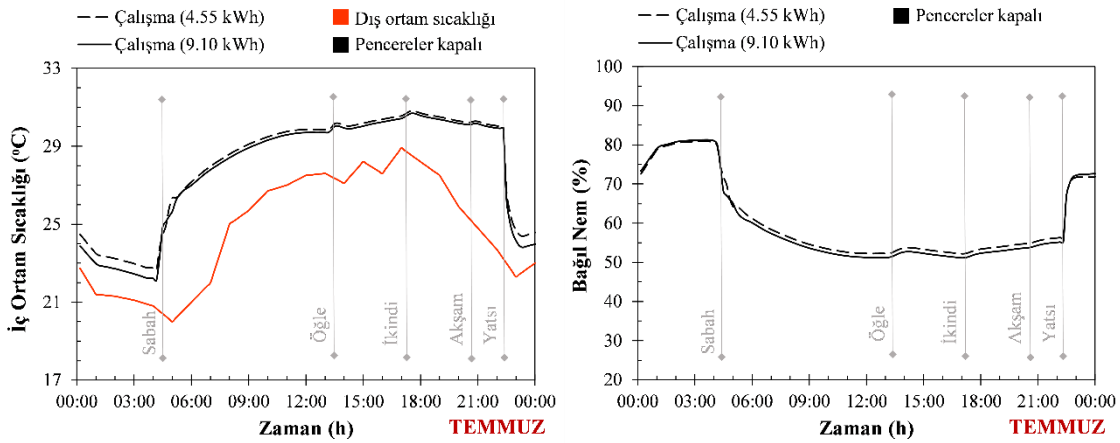
Yaz Aylarında Elde Edilen Senaryo-III için Isıl Konfor, Isı Akısı ve CO_2 Salımı



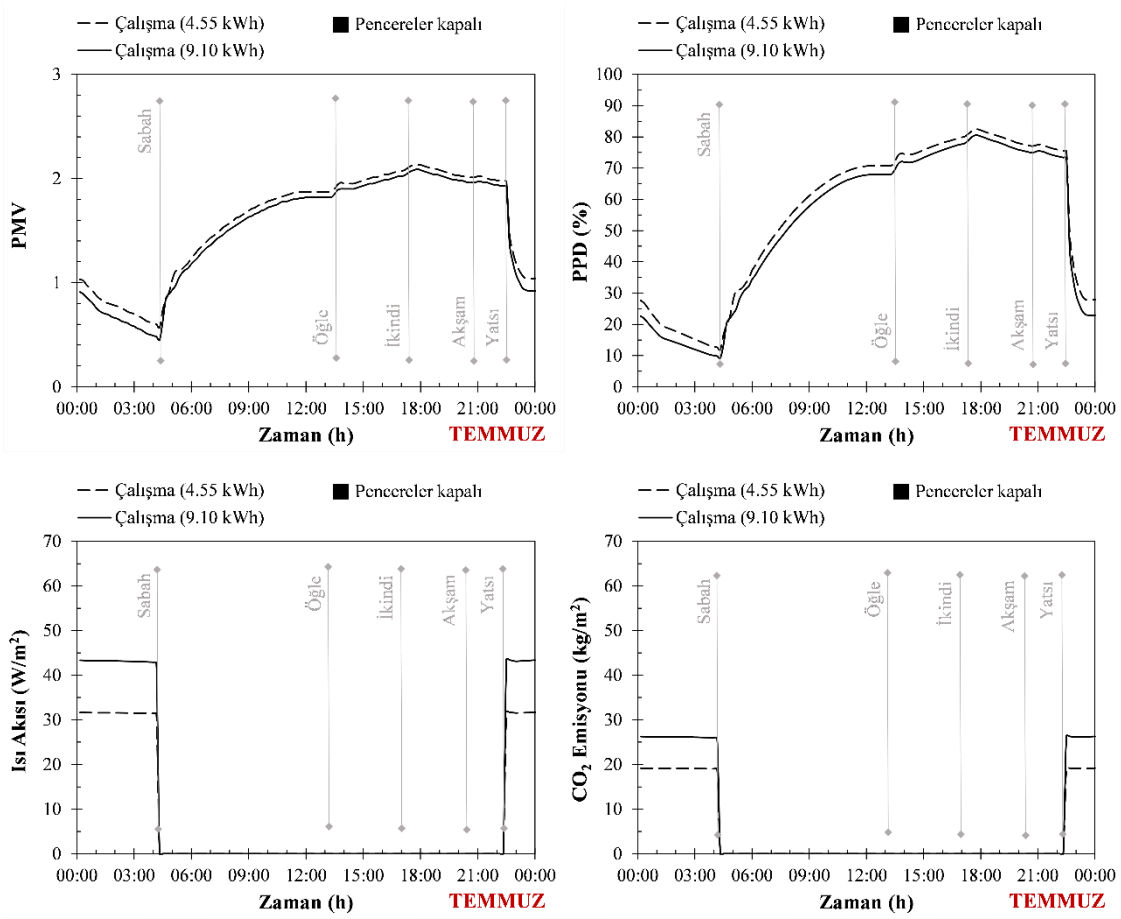
Şekil E.7. Haziran ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



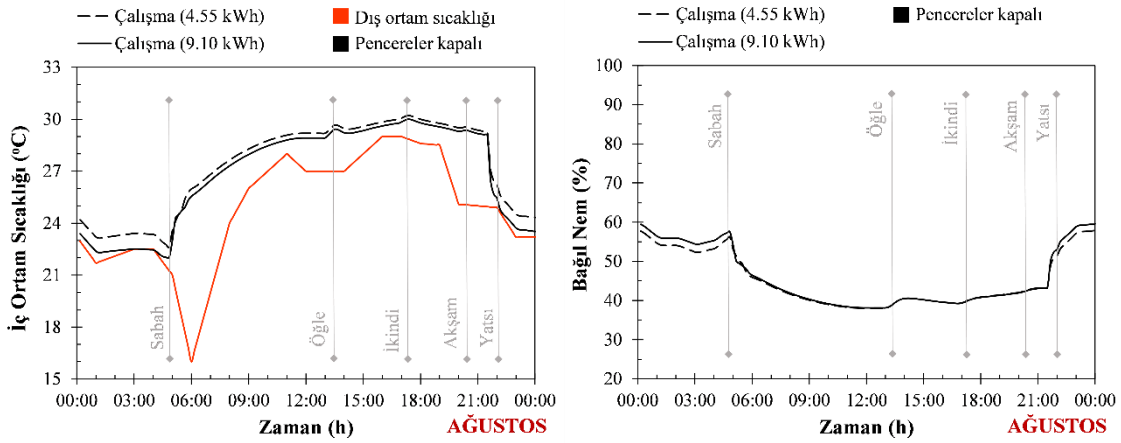
Şekil E.7. (Devam) Haziran ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



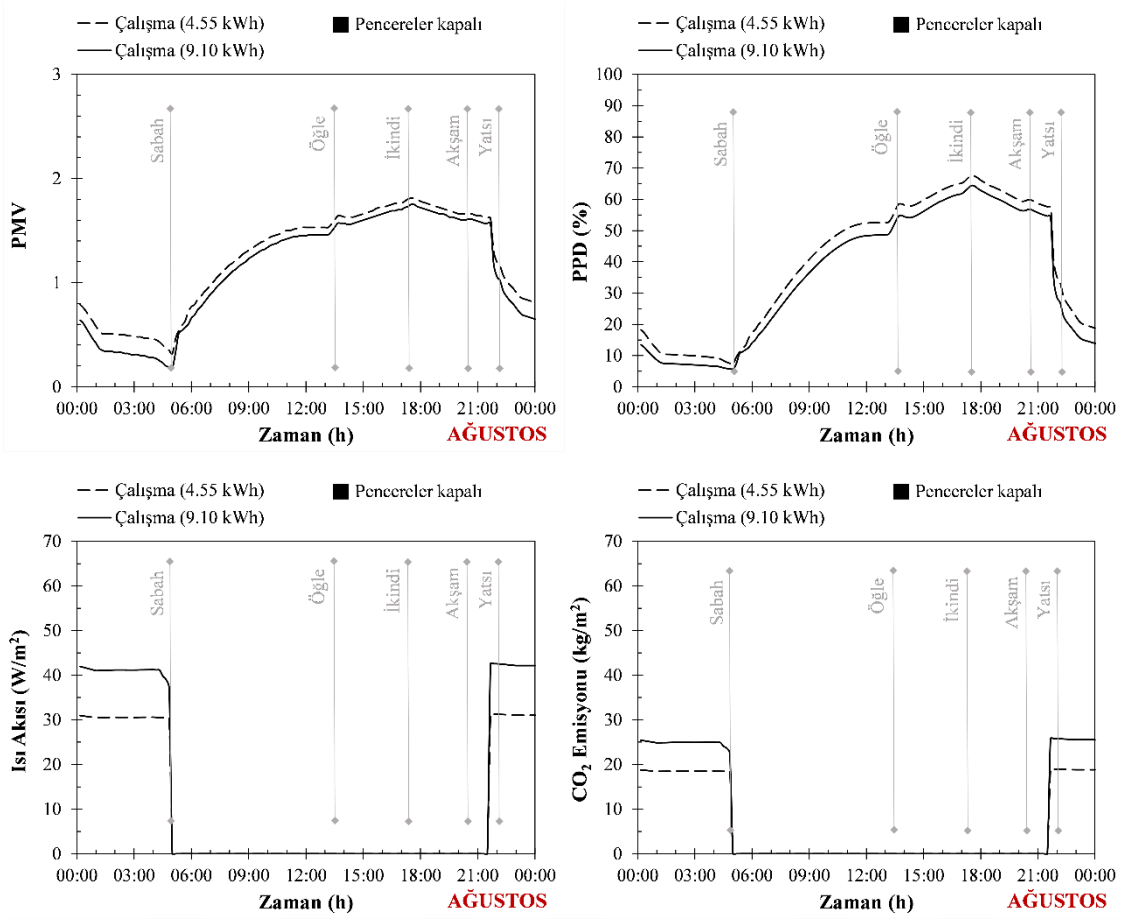
Şekil E.8. Temmuz ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil E.8. (Devam) Temmuz ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil E.9. Ağustos ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil E.9. (Devam) Ağustos ayında elde edilen Senaryo-III için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

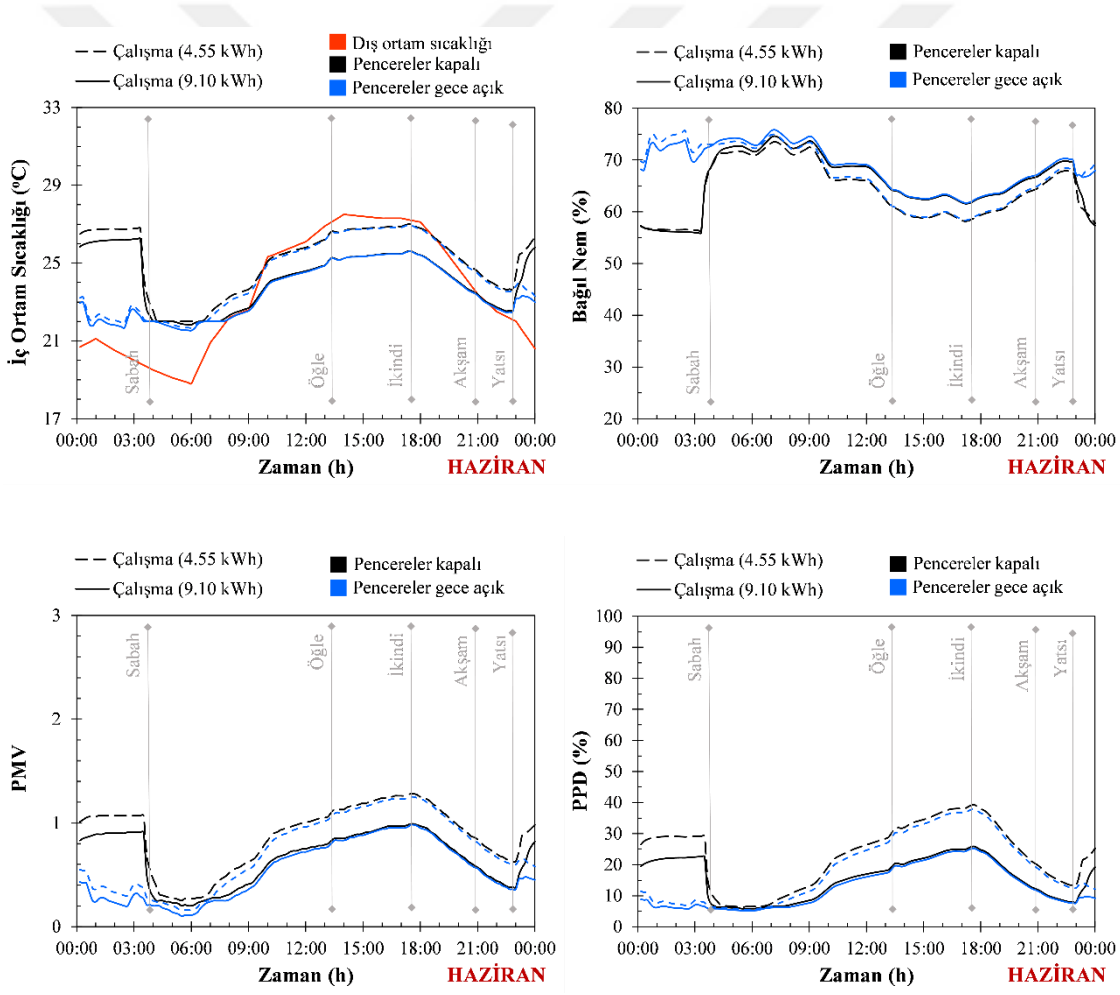
Tablo E.3. Yaz aylarında elde edilen Senaryo-III için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

Çalışma Şartları	Parametreler	Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler kapalı)	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler kapalı)
Haziran	DHS (ºC)	22.9	22.9
	İHS (ºC)	26.1	26.0
	BN (%)	57.2	57.3
	ORS (ºC)	27.1	27.0
	ÇS (ºC)	26.6	26.5
	PMV	1.0	1.0
	PPD (%)	29.5	28.7
	ET (kWh/gün)	16.4	19.1
	CO_2 salımı (kg/gün)	9.9	11.5
Temmuz	DHS (ºC)	25.1	25.1
	İHS (ºC)	26.6	26.5
	BN (%)	65.7	65.5
	ORS (ºC)	28.5	28.4
	ÇS (ºC)	27.5	27.5
	PMV	1.3	1.3
	PPD (%)	43.5	43.1
	ET (kWh/gün)	4.4	6.9
	CO_2 salımı (kg/gün)	2.7	4.2

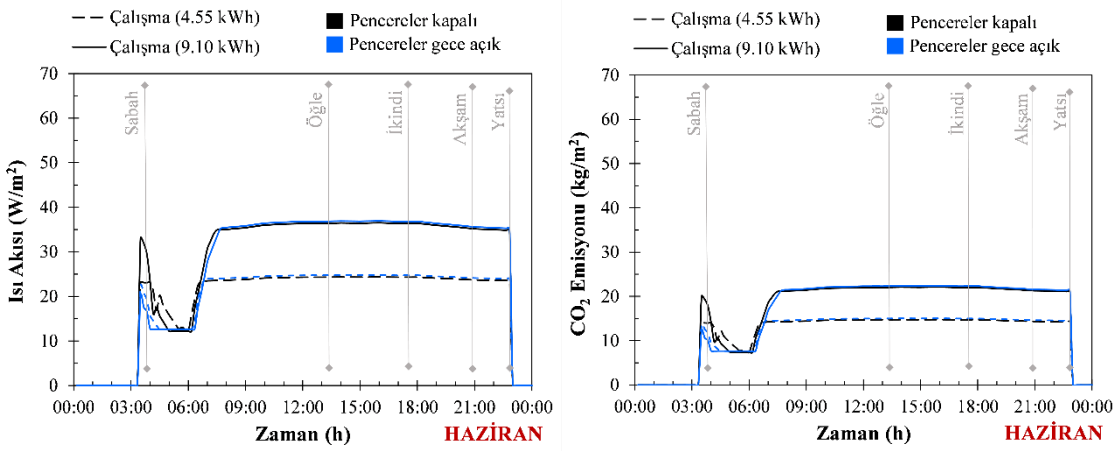
Tablo E.3. (Devam) Yaz aylarında elde edilen Senaryo-III için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

Çalışma Şartları	Parametreler	Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler kapalı)	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler kapalı)
Ağustos	DHS (ºC)	25.0	25.0
	İHS (ºC)	27.2	26.9
	BN (%)	58.8	58.9
	ORS (ºC)	28.3	28.1
	ÇS (ºC)	27.8	27.5
	PMV	1.3	1.2
	PPD (%)	44.5	41.7
	ET (kWh/gün)	25.6	33.5
	CO_2 salımı (kg/gün)	15.6	20.5

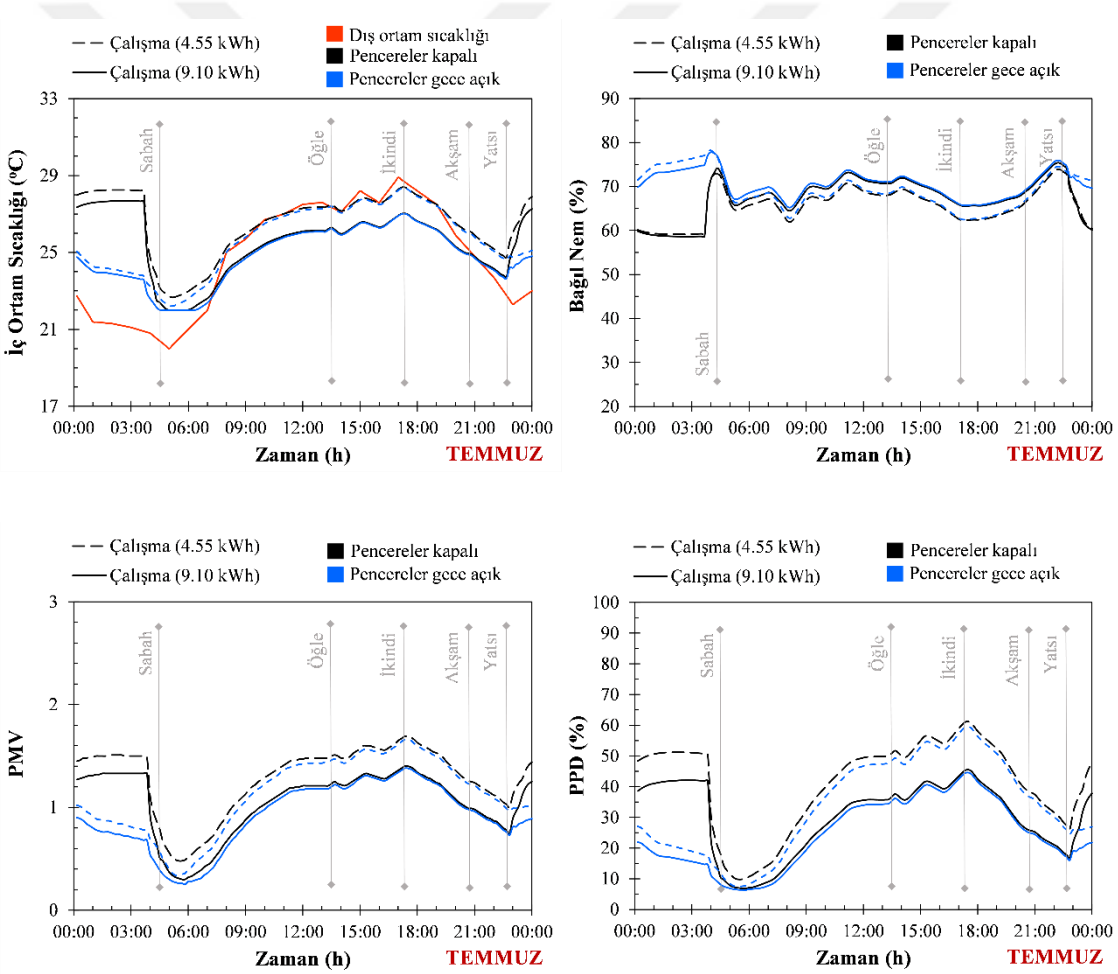
Yaz Aylarında Elde Edilen Senaryo-IV için Isıl Konfor, Isı Akısı ve CO_2 Salımı



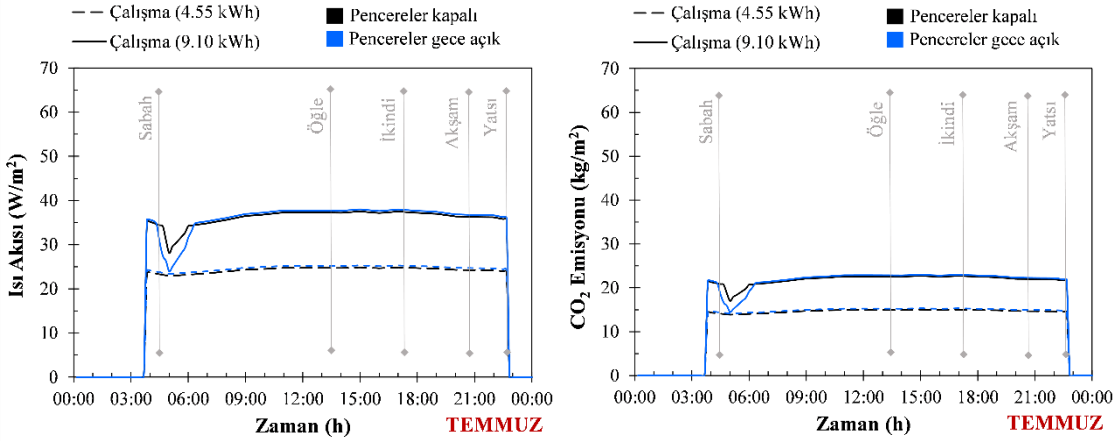
Şekil E.10. Haziran ayında elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



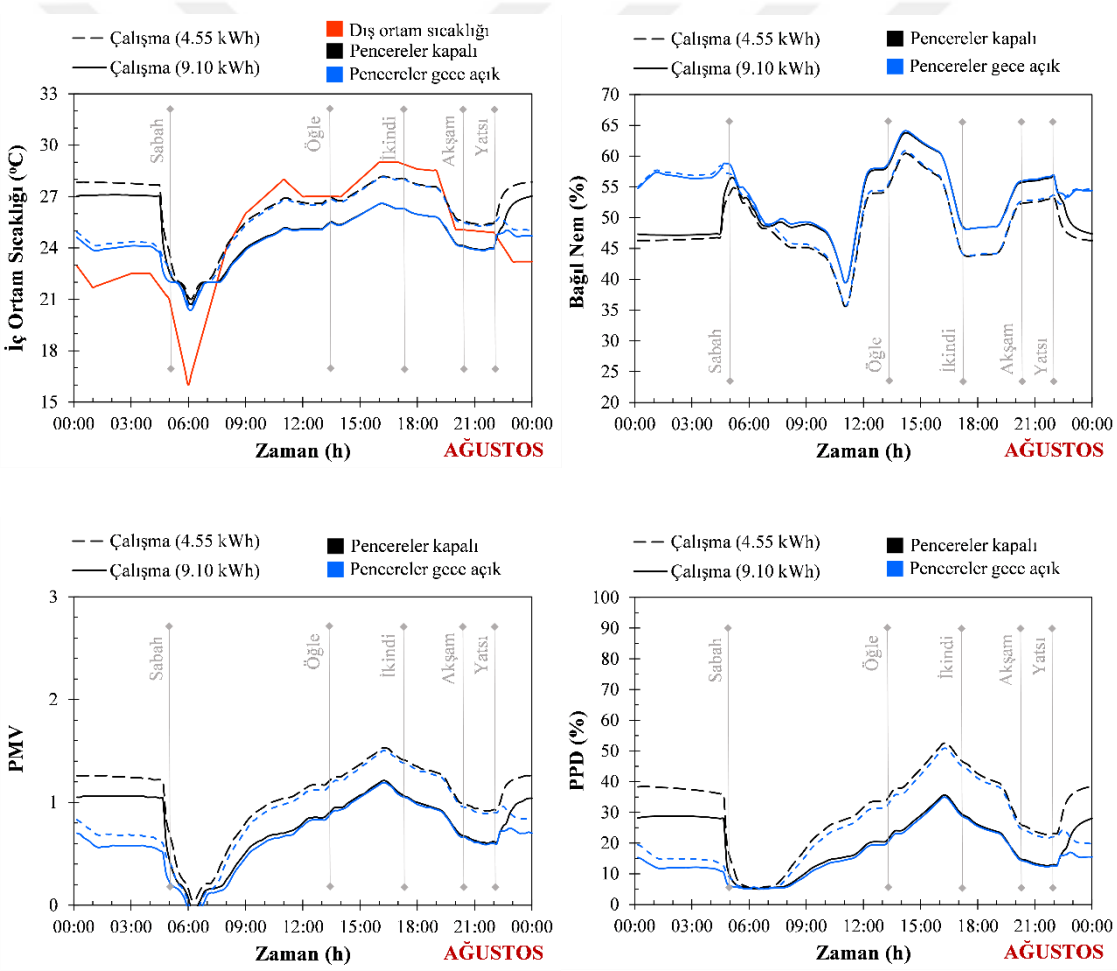
Şekil E.10. (Devam) Haziran ayında elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



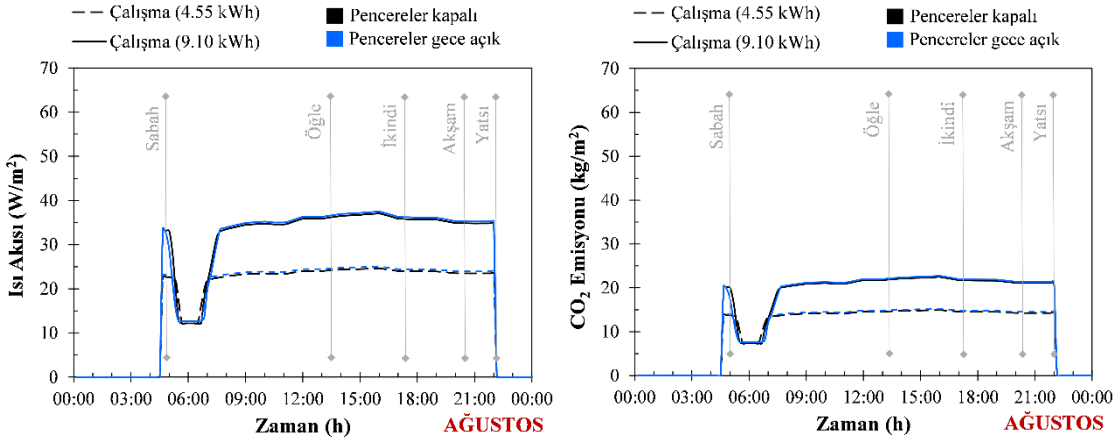
Şekil E.11. Temmuz ayında elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil E.11. (Devam) Temmuz ayında elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil E.12. Ağustos ayında elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

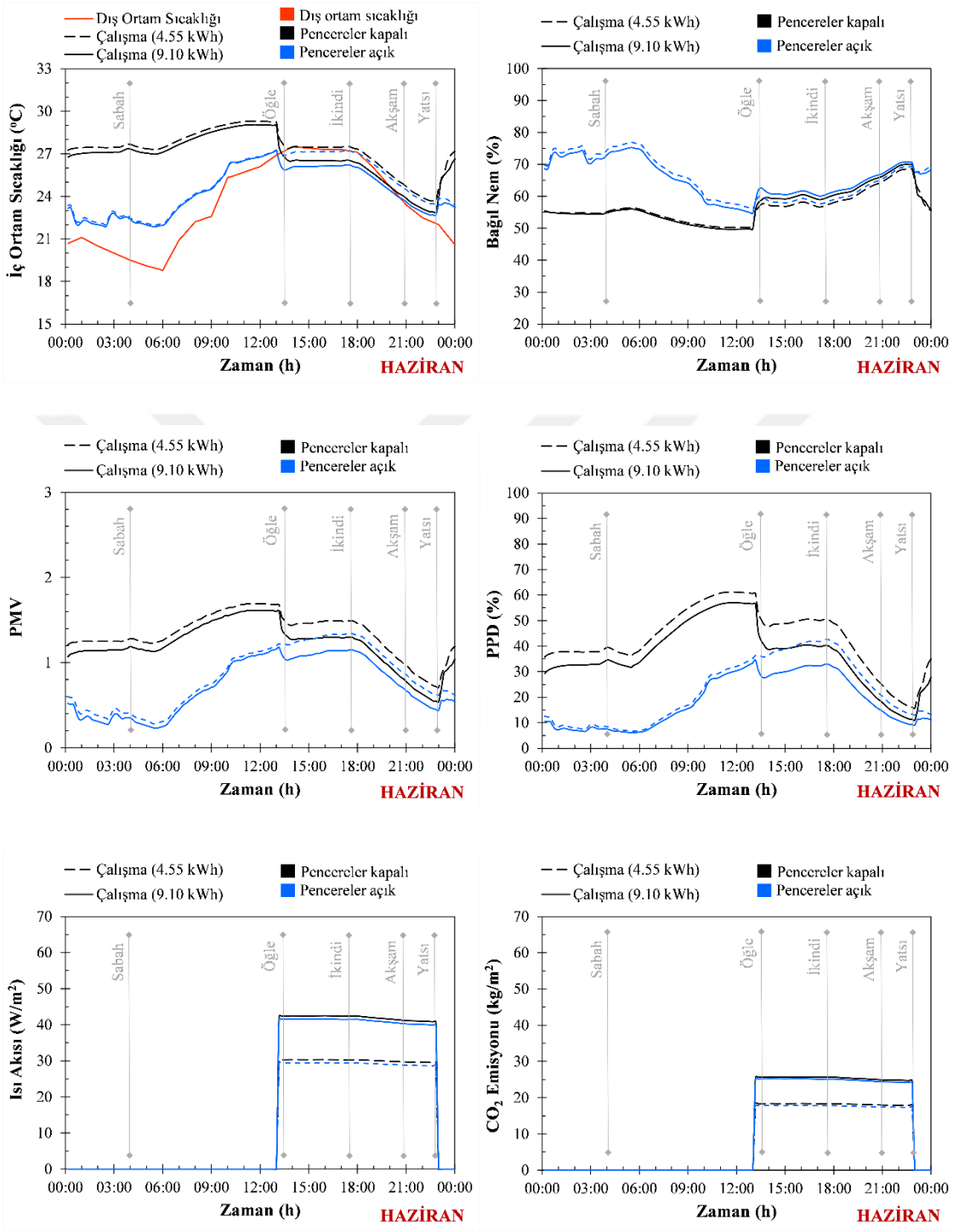


Şekil E.12. (Devam) Ağustos ayında elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

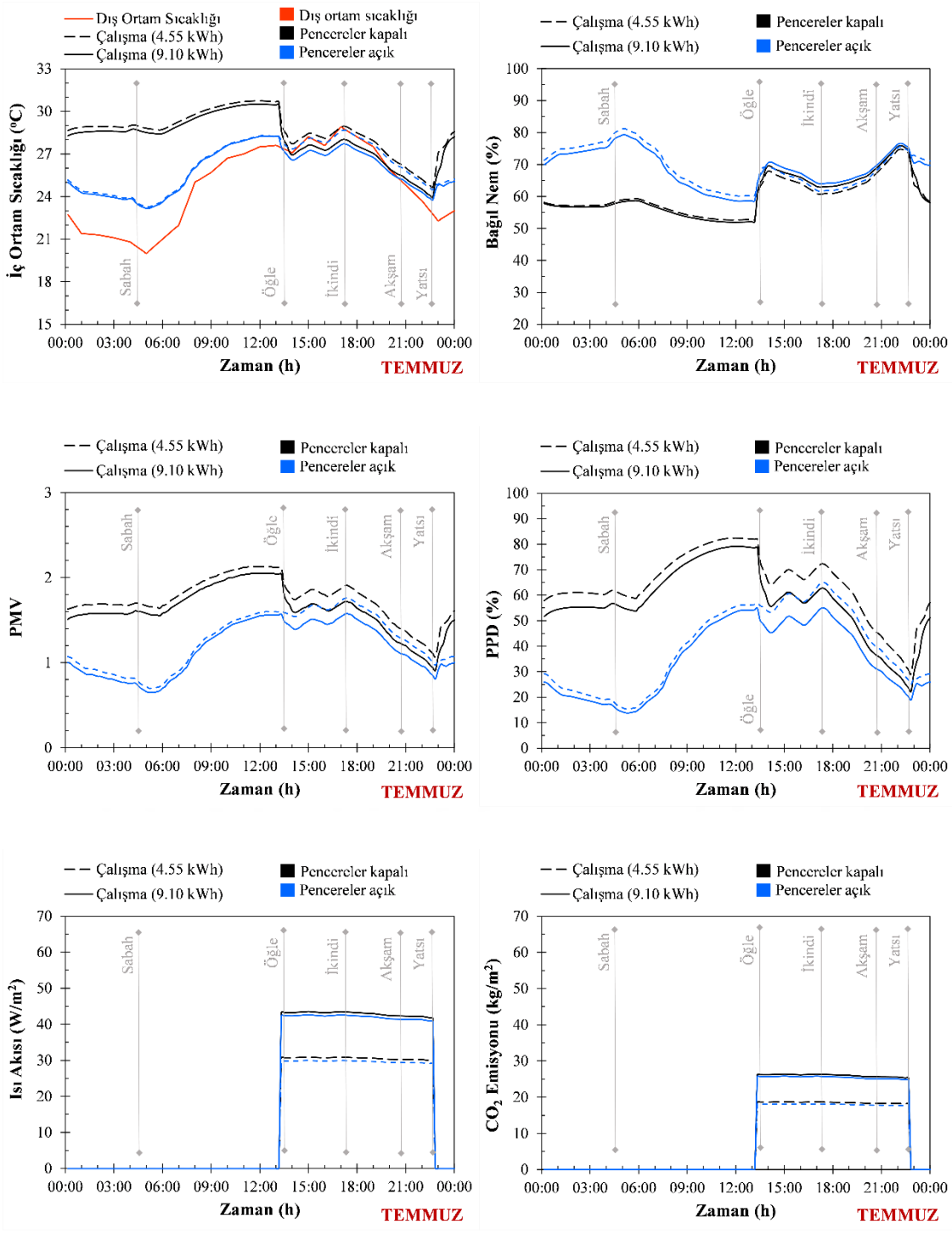
Tablo E.4. Yaz aylarında elde edilen Senaryo-IV için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

Çalışma Şartları	Parametreler	Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler kapalı)	Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler açık)	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler kapalı)	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler açık)
Haziran	DHS (ºC)	22.9	22.9	22.9	22.9
	İHS (ºC)	24.4	23.7	23.6	23.0
	BN (%)	65.6	68.5	67.3	69.9
	ORS (ºC)	26.1	25.8	25.6	25.3
	ÇS (ºC)	25.3	24.7	24.6	24.1
	PMV	0.7	0.5	0.5	0.4
	PPD (%)	17.1	14.2	11.8	10.0
	ET (kWh/gün)	49.8	49.8	68.9	68.4
	CO_2 salımı (kg/gün)	30.2	30.2	41.8	41.5
Temmuz	DHS (ºC)	25.1	25.1	25.1	25.1
	İHS (ºC)	26.7	25.8	25.6	24.9
	BN (%)	63.4	66.6	65.3	68.2
	ORS (ºC)	28.3	27.9	27.6	27.3
	ÇS (ºC)	27.5	26.9	26.6	26.1
	PMV	1.3	1.1	1.0	0.9
	PPD (%)	42.5	36.1	32.5	27.7
	ET (kWh/gün)	52.6	53.4	77.2	77.6
	CO_2 salımı (kg/gün)	32.1	32.6	47.1	47.3
Ağustos	DHS (ºC)	25.0	25.0	25.0	25.0
	İHS (ºC)	26.5	26.9	25.5	24.7
	BN (%)	59.3	58.9	61.4	64.4
	ORS (ºC)	28.0	28.1	27.3	27.0
	ÇS (ºC)	27.3	27.5	26.4	25.8
	PMV	1.2	1.2	0.9	0.8
	PPD (%)	38.3	41.7	28.7	23.9
	ET (kWh/gün)	47.3	33.5	68.8	68.9
	CO_2 salımı (kg/gün)	28.9	20.5	42.0	42.0

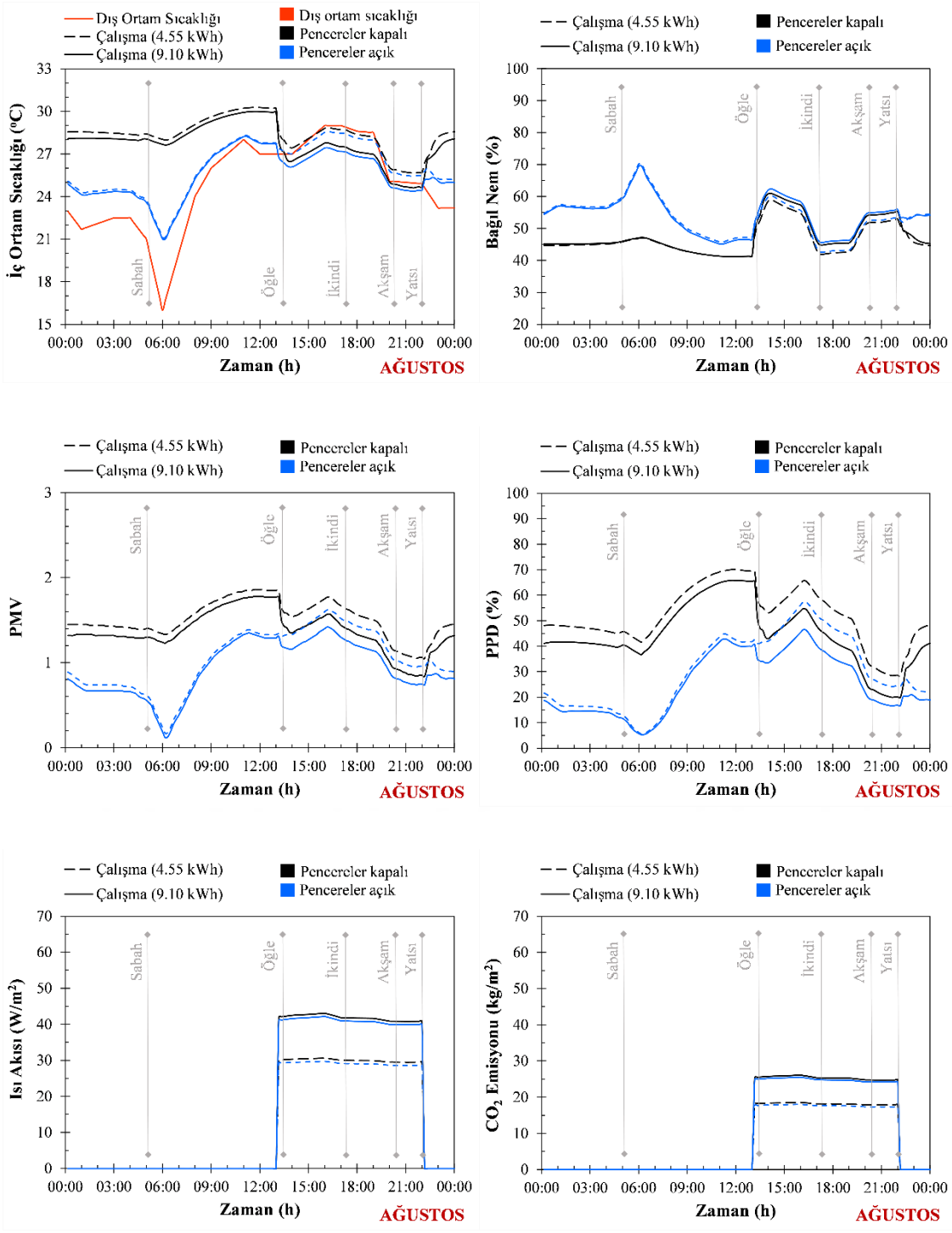
Yaz Aylarında Elde Edilen Senaryo-V için Isıl Konfor, Isı Akısı ve CO_2 Salımı



Şekil E.13. Haziran ayında elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil E.14. Temmuz ayında elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



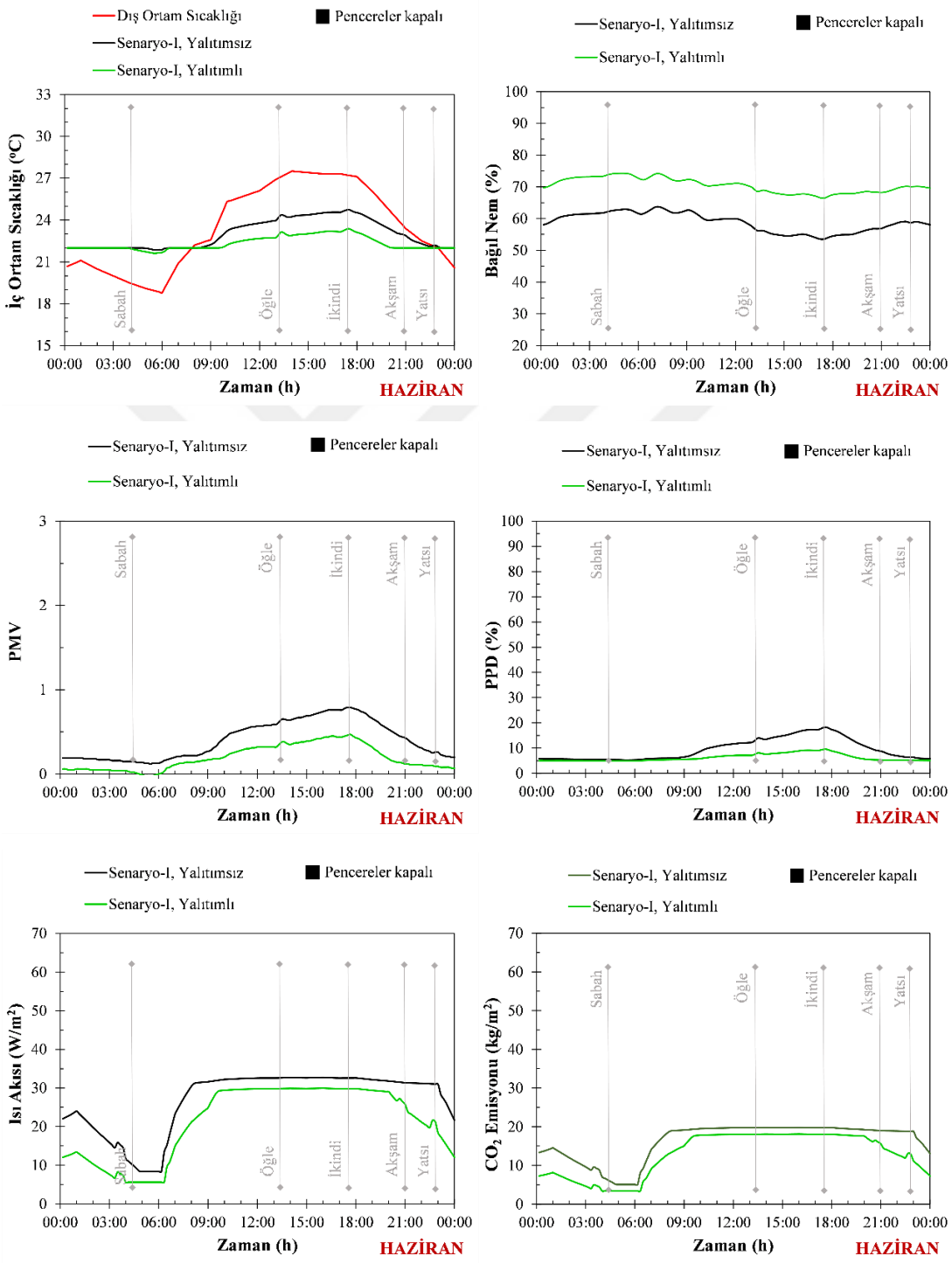
Şekil E.15. Ağustos ayında elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Tablo E.5. Yaz aylarında elde edilen Senaryo-V için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

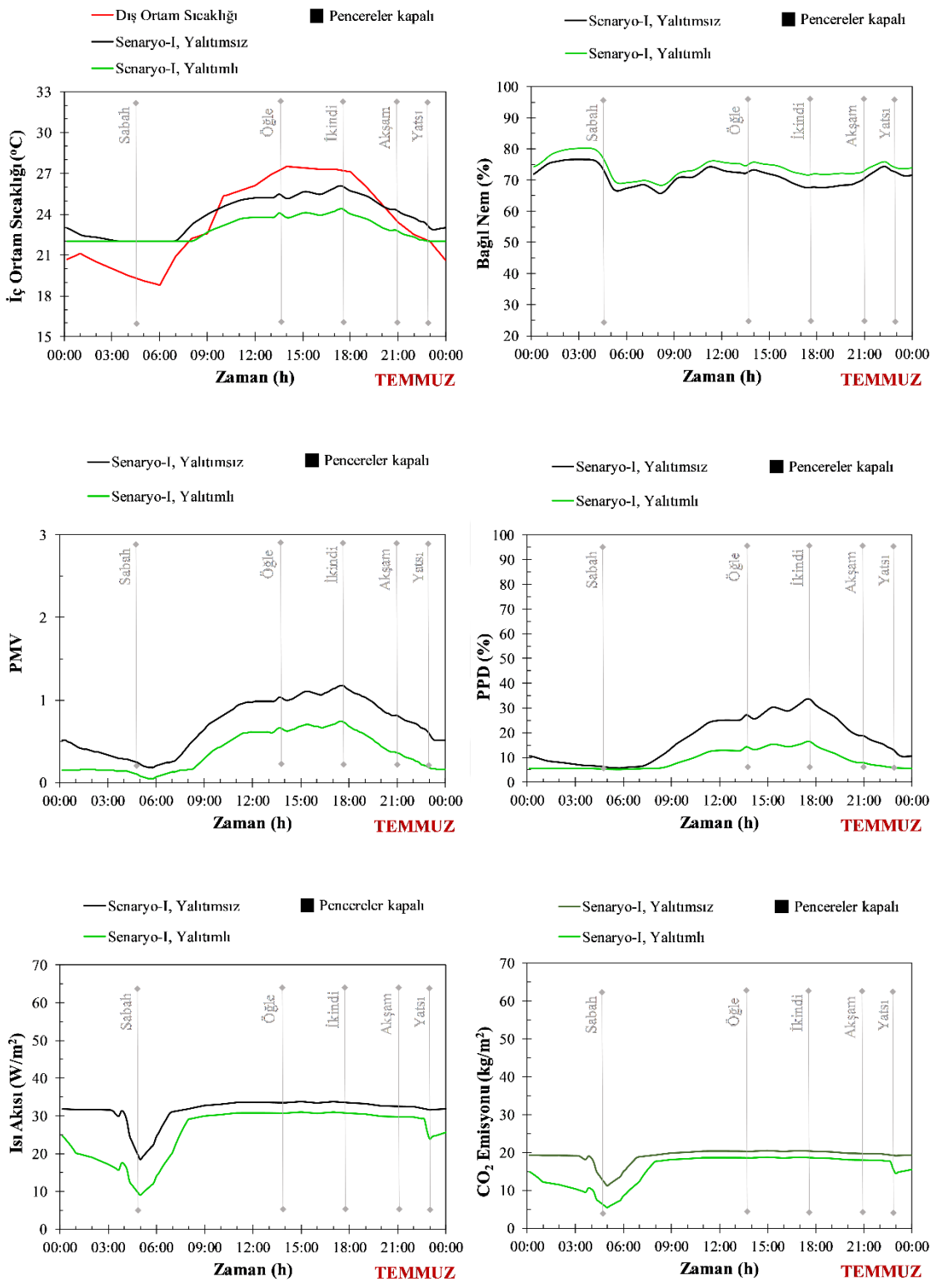
Çalışma Şartları	Parametreler	Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler kapalı)	Tek klima (4.55 kWh) (Pencereler açık)	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler kapalı)	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler açık)
Haziran	DHS (ºC)	22.9	22.9	22.9	22.9
	İHS (ºC)	26.3	24.1	25.9	23.7
	BN (%)	59.0	67.1	59.7	67.4
	ORS (ºC)	27.4	26.2	27.1	25.9
	ÇS (ºC)	26.9	25.1	26.5	24.8
	PMV	1.1	0.6	1.0	0.5
	PPD (%)	31.4	16.8	26.8	14.0
	ET (kWh/gün)	33.0	31.9	45.2	43.8
	CO_2 salımı (kg/gün)	20.0	19.3	27.4	26.5
Temmuz	DHS (ºC)	25.1	25.1	25.1	25.1
	İHS (ºC)	28.6	26.3	28.1	25.9
	BN (%)	57.6	65.8	58.2	65.9
	ORS (ºC)	29.6	28.3	29.2	28.0
	ÇS (ºC)	29.1	27.3	28.7	27.0
	PMV	1.7	1.2	1.6	1.1
	PPD (%)	60.8	40.9	55.4	36.6
	ET (kWh/gün)	33.8	32.8	47.3	46.2
	CO_2 salımı (kg/gün)	20.6	20.0	28.8	28.2
Ağustos	DHS (ºC)	25.0	25.0	25.0	25.0
	İHS (ºC)	28.3	26.1	27.7	25.6
	BN (%)	55.0	62.8	55.8	63.0
	ORS (ºC)	29.1	27.9	28.8	27.6
	ÇS (ºC)	28.7	27.0	28.2	26.6
	PMV	1.6	1.1	1.4	1.0
	PPD (%)	54.7	36.2	49.0	32.1
	ET (kWh/gün)	31.0	30.1	43.1	42.0
	CO_2 salımı (kg/gün)	18.9	18.3	26.3	25.6

Ek-F

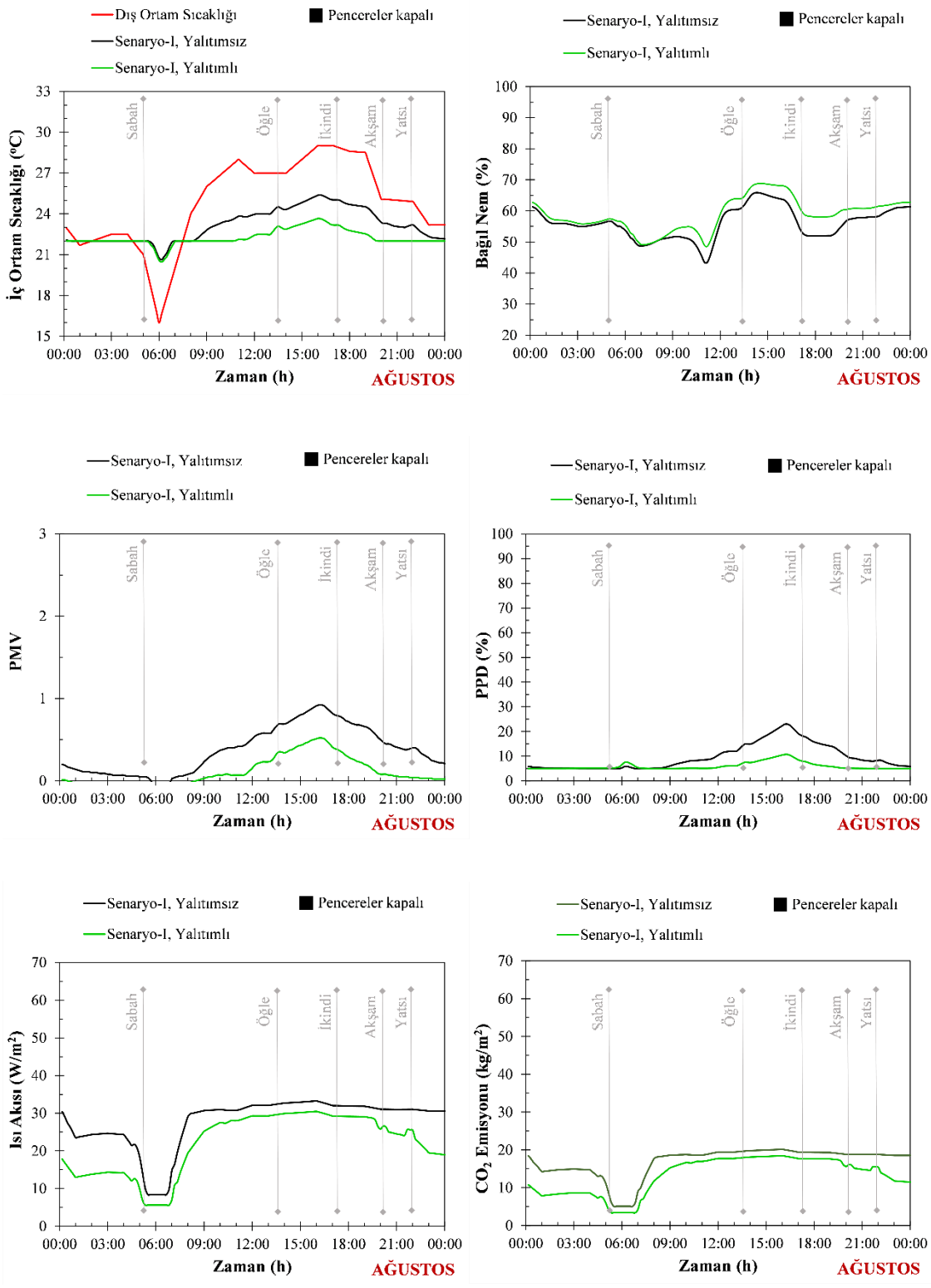
Yalıtım Uygulaması ile Yaz Aylarında Elde Edilen Senaryo-I için Isıl Konfor, Isı Akısı ve CO_2 Salımı



Şekil F.1. Haziran ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil F.2. Temmuz ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

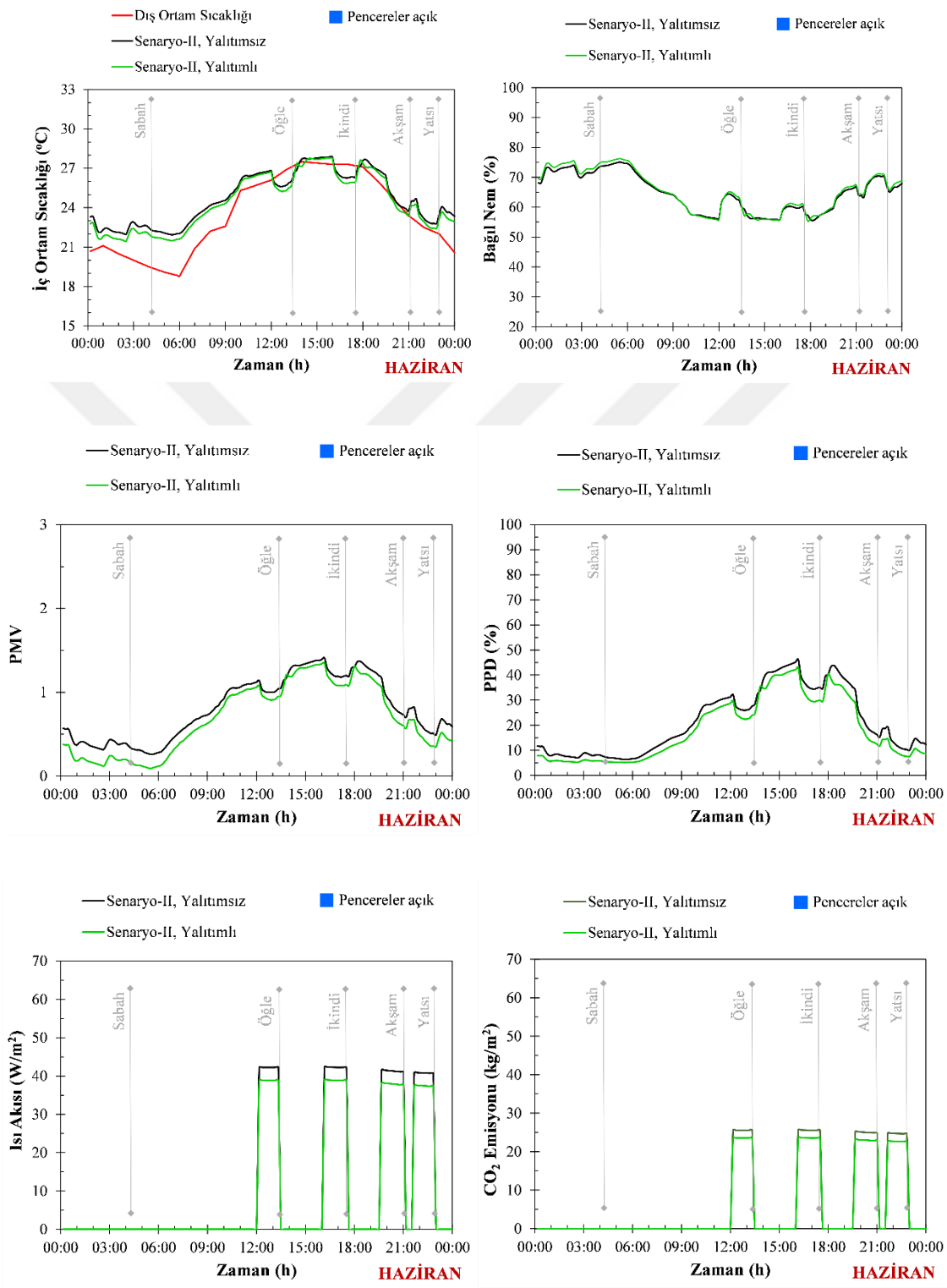


Şekil F.3. Ağustos ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-I için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

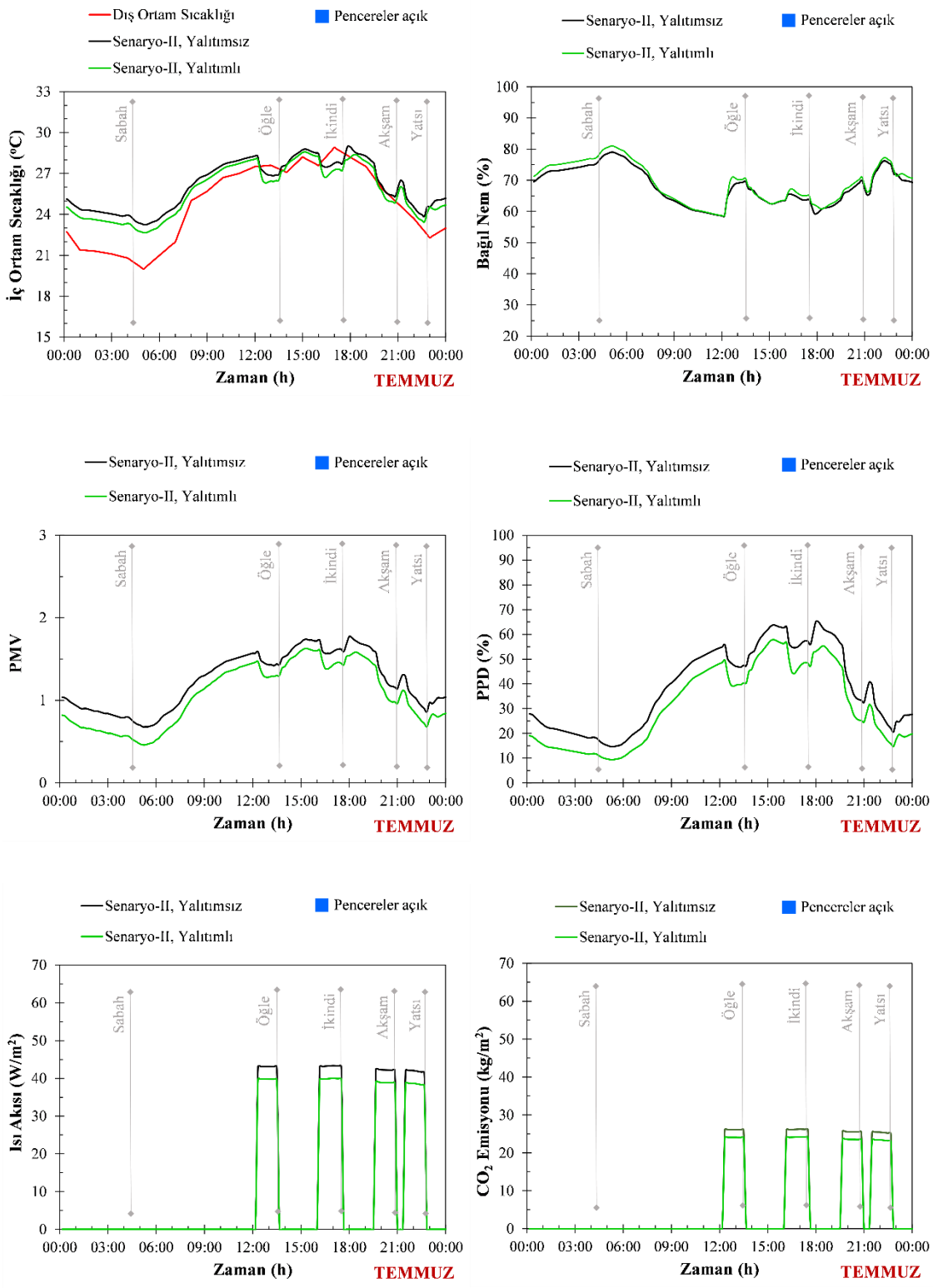
Tablo F.1. Yalıtım uygulaması ile yaz aylarında elde edilen Senaryo-I için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

Çalışma Şartları	Parametreler	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler açık) Yalıtımsız	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler açık) Yalıtımlı
Haziran	DHS (ºC)	22.9	22.9
	İHS (ºC)	22.6	22.1
	BN (%)	69.9	70.6
	ORS (ºC)	25.0	24.4
	ÇS (ºC)	23.8	23.2
	PMV	0.3	0.1
	PPD (%)	7.7	5.8
	ET (kWh/gün)	67.3	53.8
	CO_2 salımı (kg/gün)	40.8	32.6
Temmuz	DHS (ºC)	25.1	25.1
	İHS (ºC)	24.1	23.0
	BN (%)	69.3	71.7
	ORS (ºC)	26.7	25.3
	ÇS (ºC)	25.4	24.2
	PMV	0.7	0.4
	PPD (%)	20.2	10.8
	ET (kWh/gün)	84.6	72.2
	CO_2 salımı (kg/gün)	51.6	44.0
Ağustos	DHS (ºC)	25.0	25.0
	İHS (ºC)	23.7	22.7
	BN (%)	66.2	68.5
	ORS (ºC)	26.2	25.0
	ÇS (ºC)	25.0	23.9
	PMV	0.6	0.3
	PPD (%)	16.4	8.6
	ET (kWh/gün)	79.4	66.9
	CO_2 salımı (kg/gün)	48.4	40.8

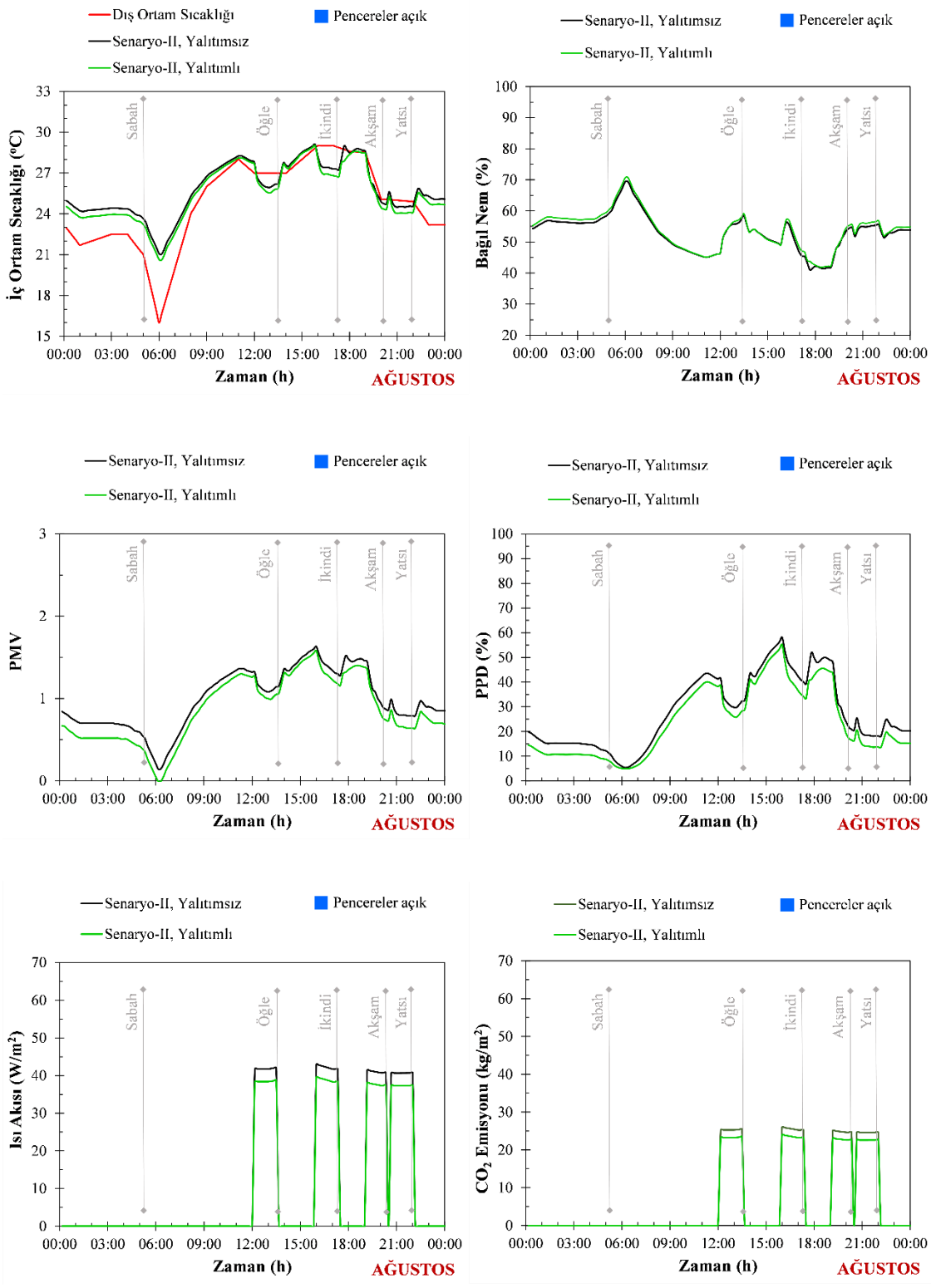
Yalıtım Uygulaması ile Yaz Aylarında Elde Edilen Senaryo-II için Isıl Konfor, Isı Akısı ve CO_2 Salımı



Şekil F.4. Haziran ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil F.5. Temmuz ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

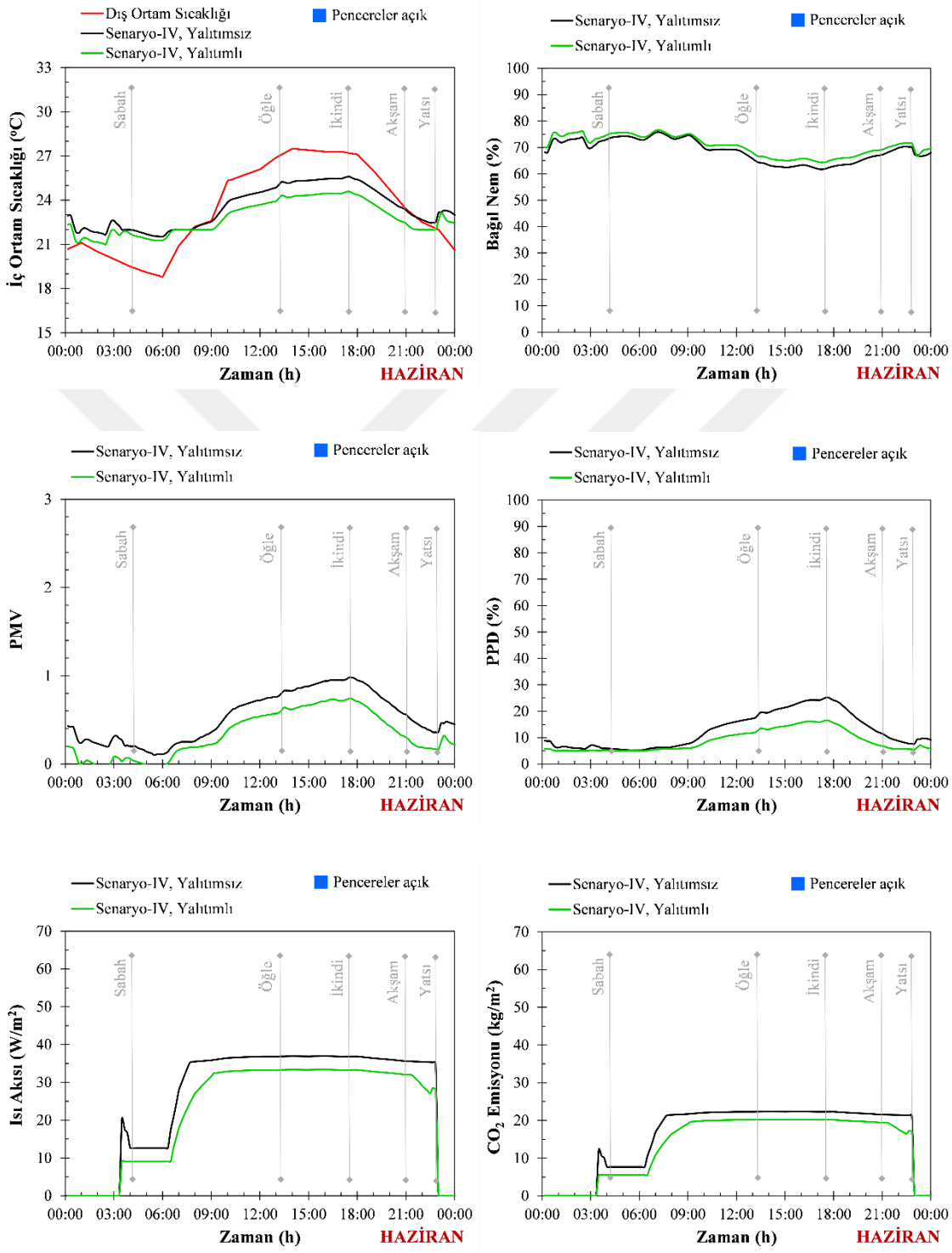


Şekil F.6. Ağustos ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

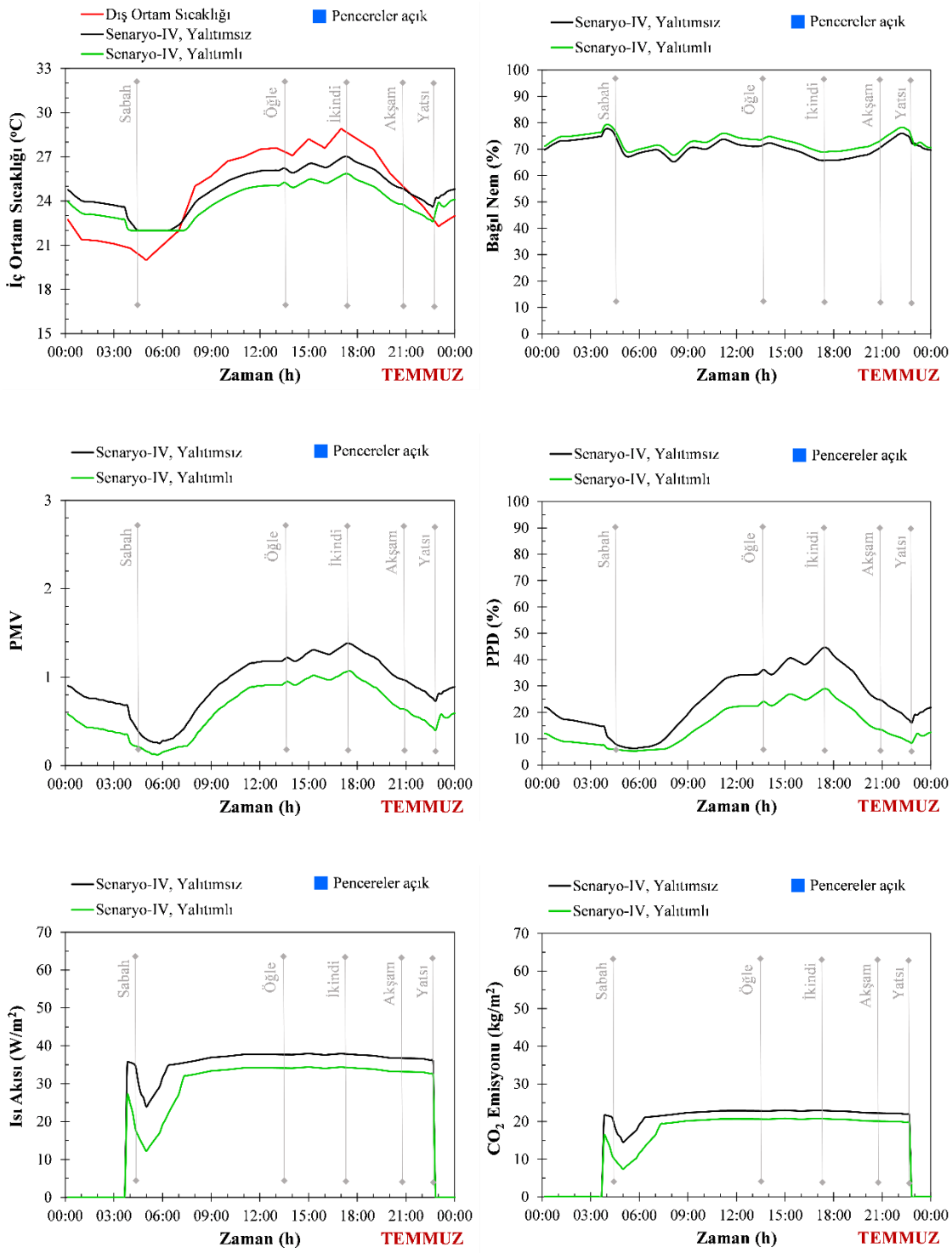
Tablo F.2. Yalıtım uygulaması ile yaz aylarında elde edilen Senaryo-II için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

Çalışma Şartları	Parametreler	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler açık) Yalıtımsız	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler açık) Yalıtımlı
Haziran	DHS (ºC)	22.9	22.9
	İHS (ºC)	24.2	23.8
	BN (%)	65.6	66.8
	ORS (ºC)	26.3	25.9
	ÇS (ºC)	25.2	24.9
	PMV	0.6	0.6
	PPD (%)	17.2	14.6
	ET (kWh/gün)	25.4	24.7
	CO_2 salımı (kg/gün)	15.4	15.0
Temmuz	DHS (ºC)	25.1	25.1
	İHS (ºC)	26.2	25.9
	BN (%)	65.5	66.0
	ORS (ºC)	28.2	27.6
	ÇS (ºC)	27.2	26.7
	PMV	1.2	1.1
	PPD (%)	39.2	34.6
	ET (kWh/gün)	27.5	25.3
	CO_2 salımı (kg/gün)	16.8	15.3
Ağustos	DHS (ºC)	25.0	25.0
	İHS (ºC)	25.9	25.7
	BN (%)	62.3	62.4
	ORS (ºC)	27.8	27.5
	ÇS (ºC)	26.8	26.6
	PMV	1.1	1.0
	PPD (%)	34.1	31.0
	ET (kWh/gün)	27.6	25.5
	CO_2 salımı (kg/gün)	16.8	15.4

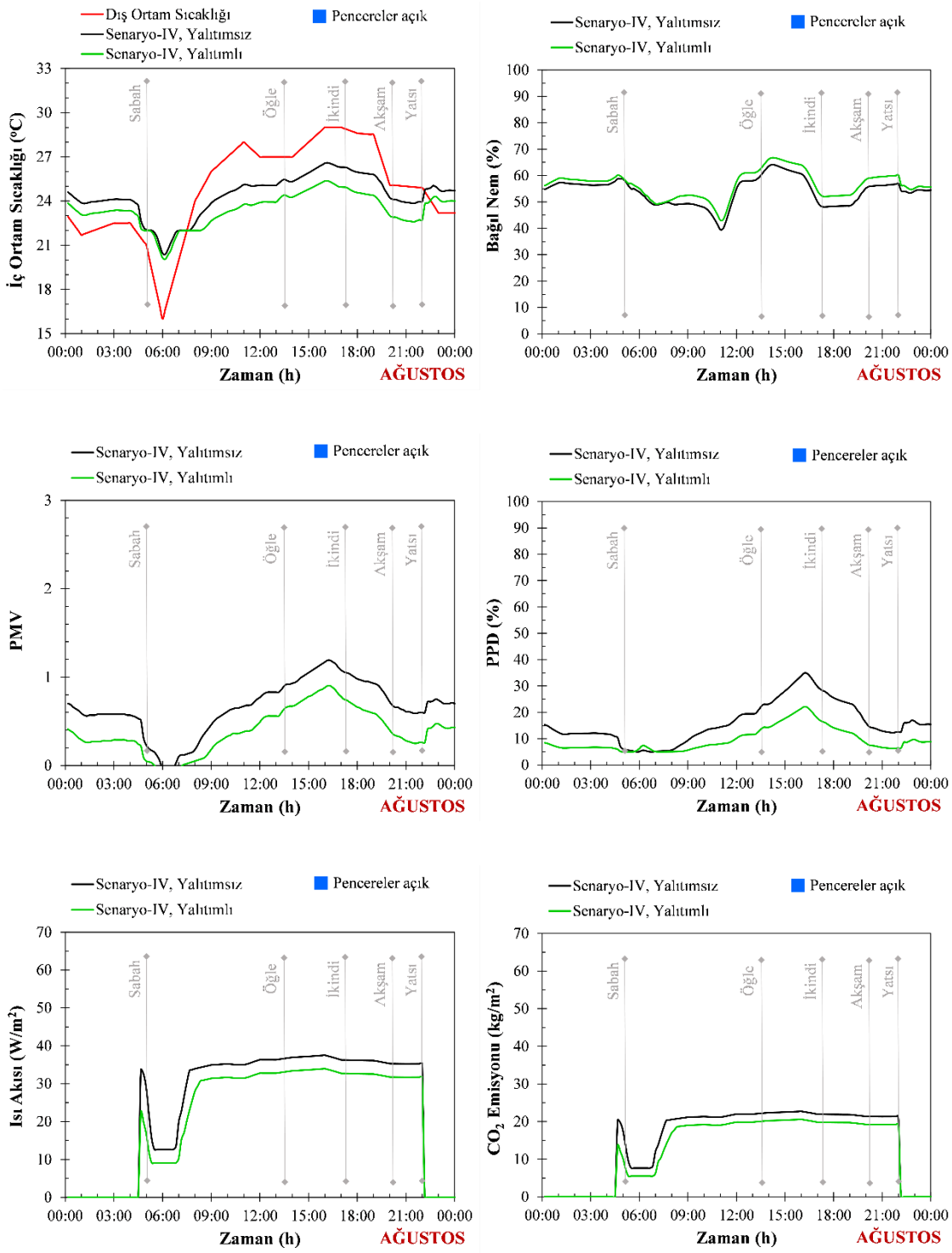
Yalıtım Uygulaması ile Yaz Aylarında Elde Edilen Senaryo-IV için Isıl Konfor, Isı Akısı ve CO_2 Salımı



Şekil F.7. Haziran ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil F.8. Temmuz ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

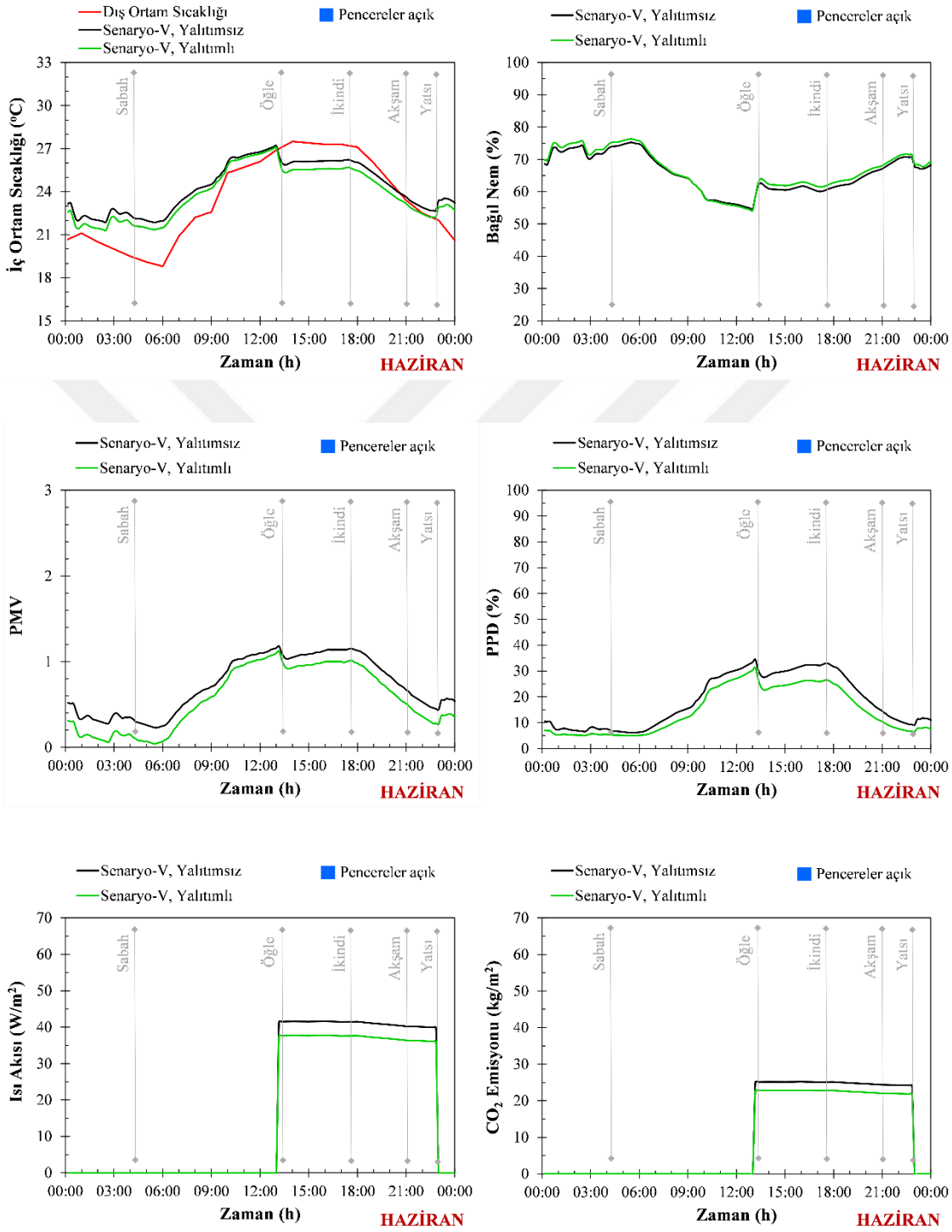


Şekil F.9. Ağustos ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

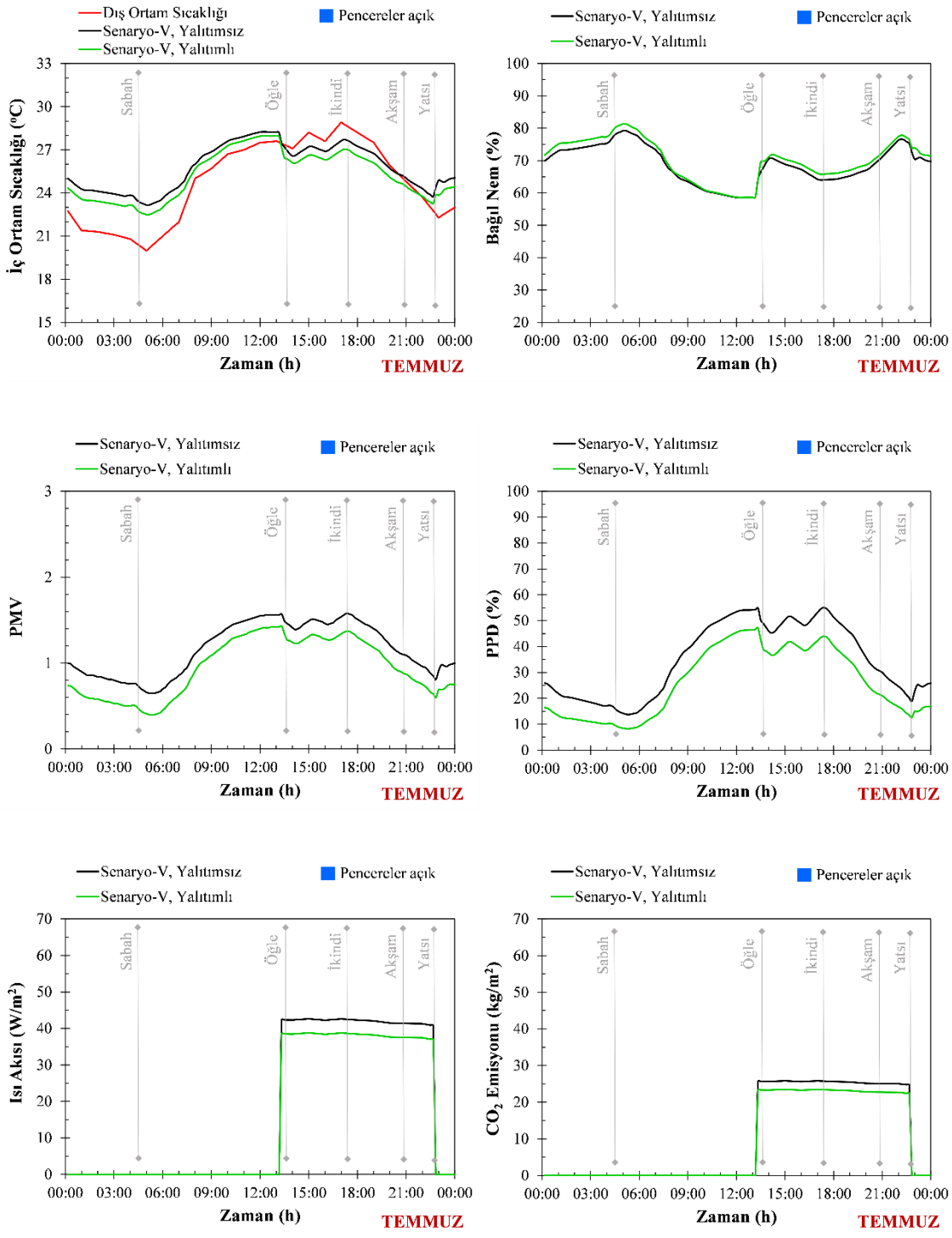
Tablo F.3. Yalıtım uygulaması ile yaz aylarında elde edilen Senaryo-IV için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

Çalışma Şartları	Parametreler	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler açık) Yalıtımsız	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler açık) Yalıtımlı
Haziran	DHS (°C)	22.9	22.9
	İHS (°C)	23.0	22.5
	BN (%)	69.9	71.1
	ORS (°C)	25.3	24.8
	ÇS (°C)	24.1	23.7
	PMV	0.4	0.2
	PPD (%)	10.0	7.5
	ET (kWh/gün)	68.4	58.2
	CO_2 salımı (kg/gün)	41.5	35.3
Temmuz	DHS (°C)	25.1	25.1
	İHS (°C)	24.9	24.1
	BN (%)	68.2	70.0
	ORS (°C)	27.3	26.3
	ÇS (°C)	26.1	25.2
	PMV	0.9	0.7
	PPD (%)	27.7	19.1
	ET (kWh/gün)	77.6	68.4
	CO_2 salımı (kg/gün)	47.3	41.7
Ağustos	DHS (°C)	25.0	25.0
	İHS (°C)	24.7	24.0
	BN (%)	64.4	66.0
	ORS (°C)	27.0	26.2
	ÇS (°C)	25.8	25.1
	PMV	0.8	0.6
	PPD (%)	23.9	16.2
	ET (kWh/gün)	68.9	60.8
	CO_2 salımı (kg/gün)	42.0	37.1

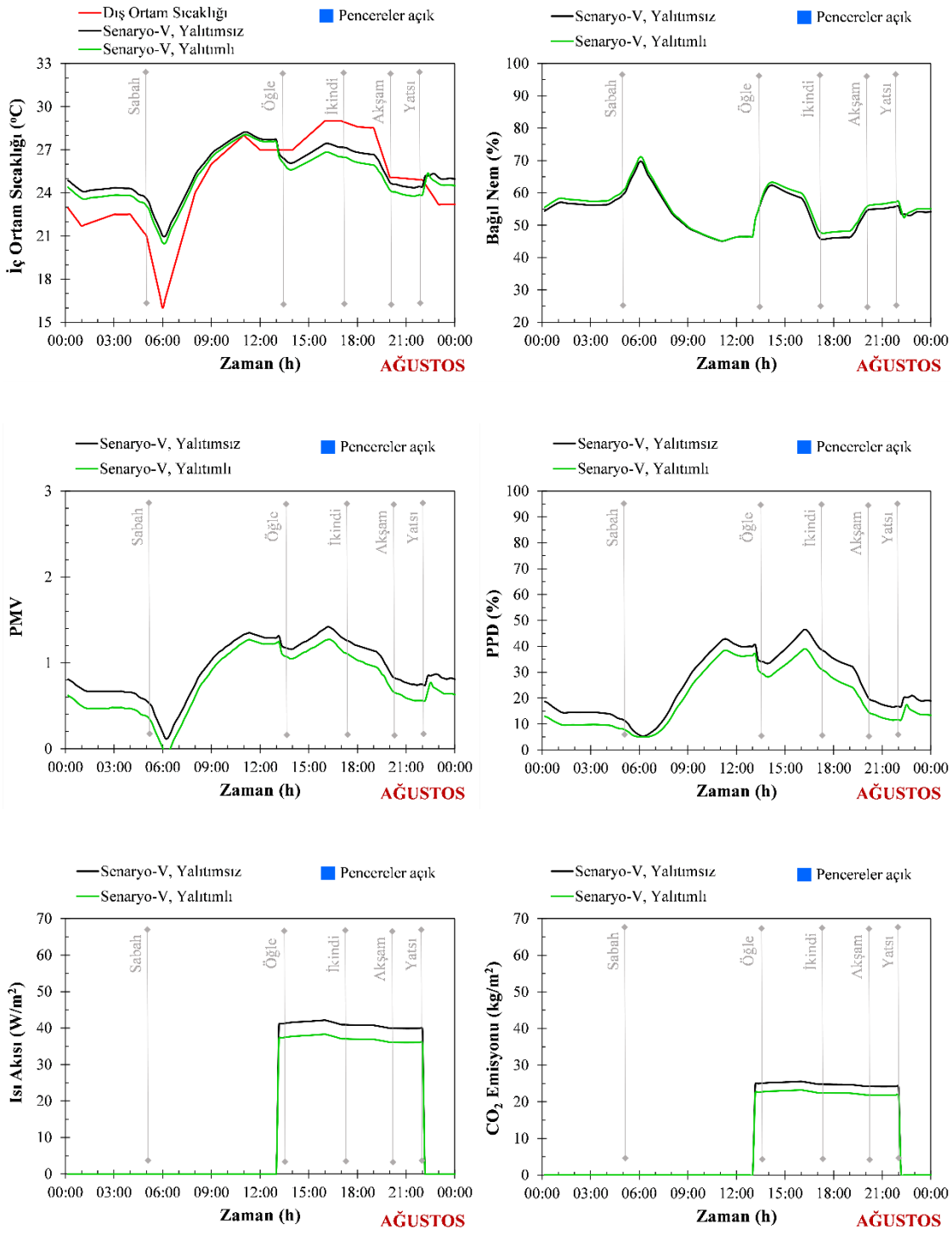
Yalıtım Uygulaması ile Yaz Aylarında Elde Edilen Senaryo-V için Isıl Konfor, Isı Akısı ve CO_2 Salımı



Şekil F.10. Haziran ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil F.11. Temmuz ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



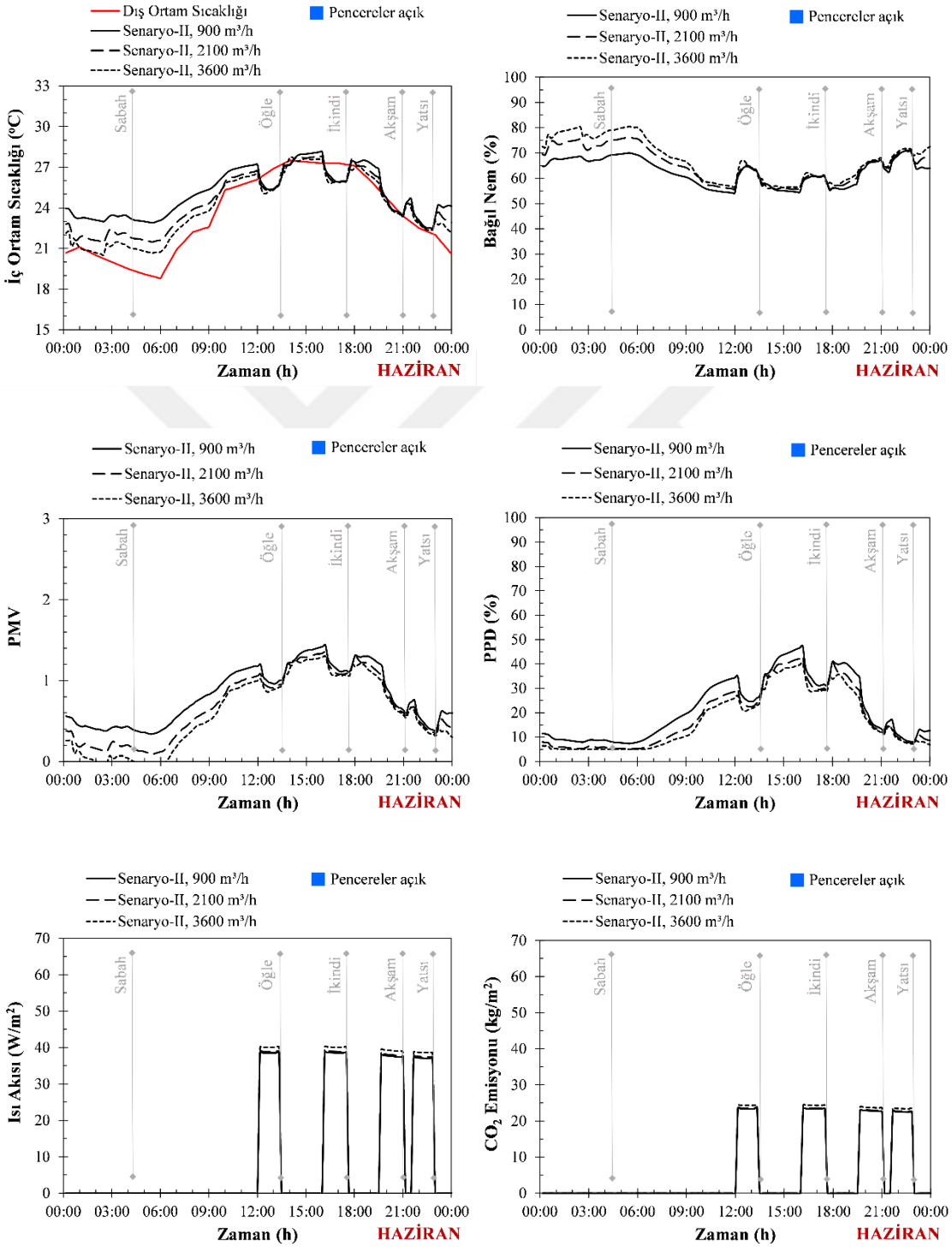
Şekil F.12. Ağustos ayında yalıtım uygulaması ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Tablo F.4. Yalıtım uygulaması ile yaz aylarında elde edilen Senaryo-V için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

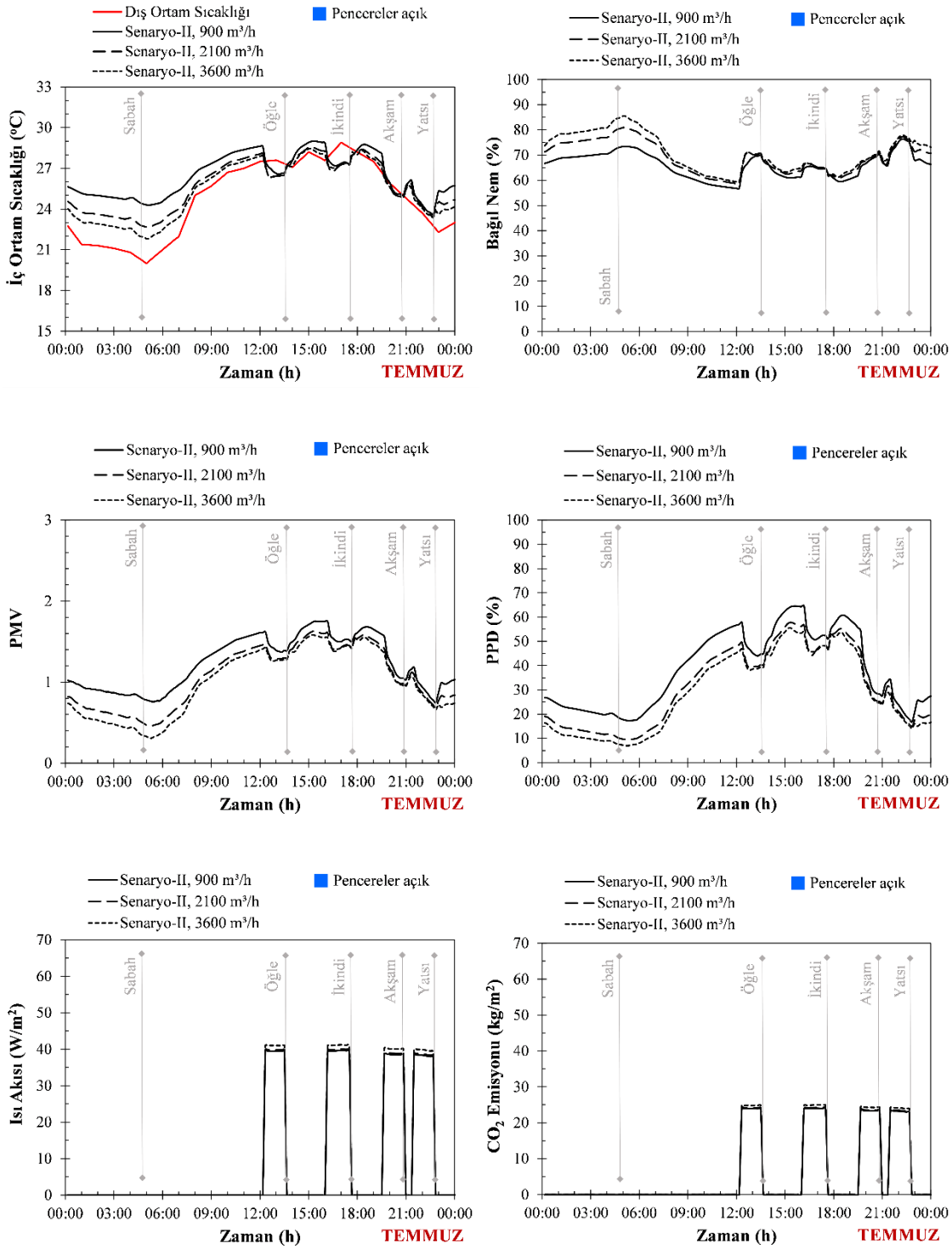
Çalışma Şartları	Parametreler	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler açık) Yalıtımsız	Çift klima (9.10 kWh) (Pencereler açık) Yalıtımlı
Haziran	DHS (ºC)	22.9	22.9
	İHS (ºC)	23.7	23.5
	BN (%)	67.4	67.6
	ORS (ºC)	25.9	25.6
	ÇS (ºC)	24.8	24.6
	PMV	0.5	0.5
	PPD (%)	14.0	12.2
	ET (kWh/gün)	43.8	39.5
	CO_2 salımı (kg/gün)	26.5	23.9
Temmuz	DHS (ºC)	25.1	25.1
	İHS (ºC)	25.9	25.5
	BN (%)	65.9	66.7
	ORS (ºC)	28.0	27.3
	ÇS (ºC)	27.0	26.4
	PMV	1.1	1.0
	PPD (%)	36.6	30.8
	ET (kWh/gün)	46.2	41.9
	CO_2 salımı (kg/gün)	28.2	25.6
Ağustos	DHS (ºC)	25.0	25.0
	İHS (ºC)	25.6	25.3
	BN (%)	63.0	63.4
	ORS (ºC)	27.6	27.3
	ÇS (ºC)	26.6	26.3
	PMV	1.0	0.9
	PPD (%)	32.1	27.5
	ET (kWh/gün)	42.0	38.2
	CO_2 salımı (kg/gün)	25.6	23.3

Ek-G

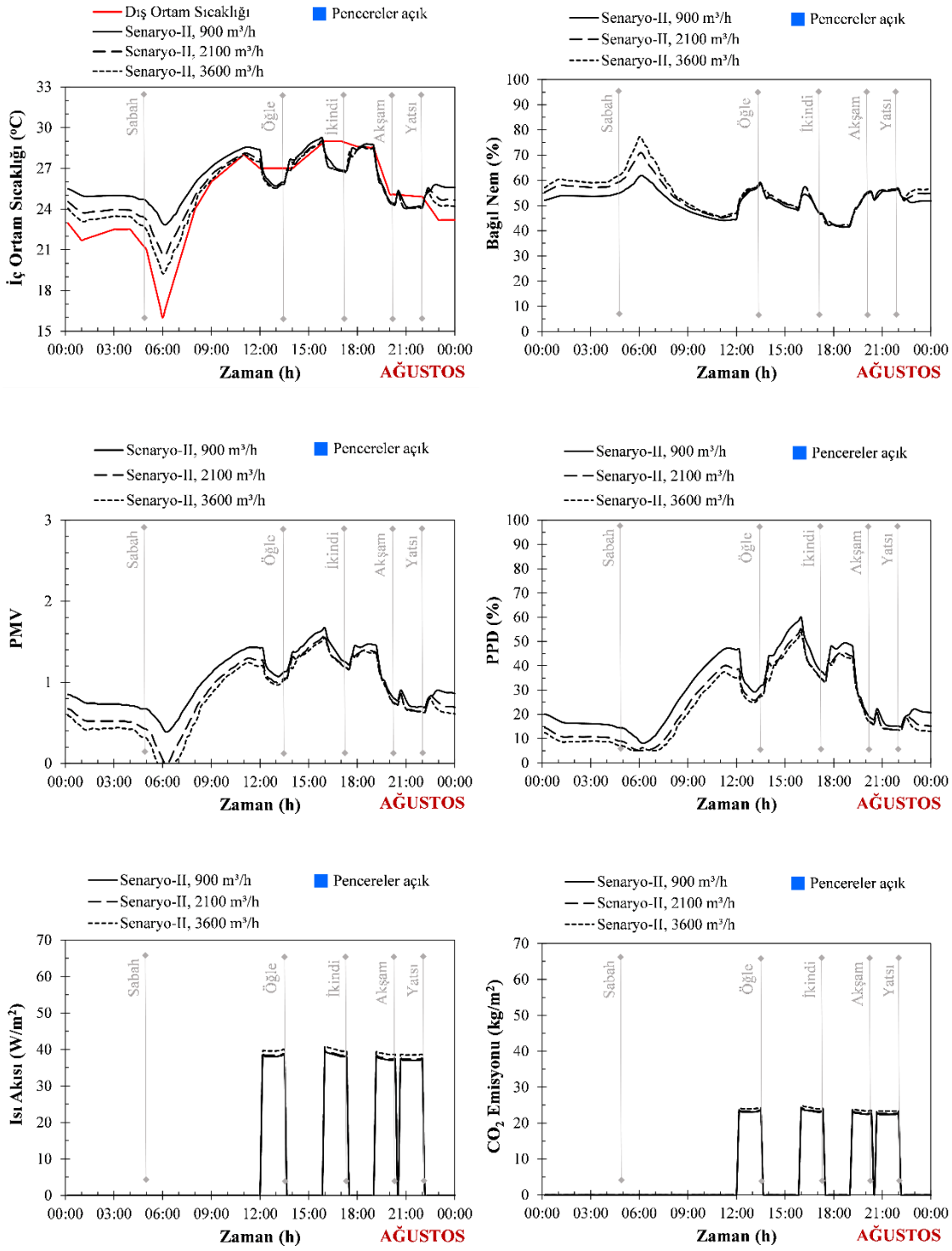
Taze Hava Beslemesindeki Değişim ile Yaz Aylarında Elde Edilen Senaryo-II için Isıl Konfor, Isı Akısı ve CO_2 Salımı



Şekil G.1. Haziran ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil G.2. Temmuz ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

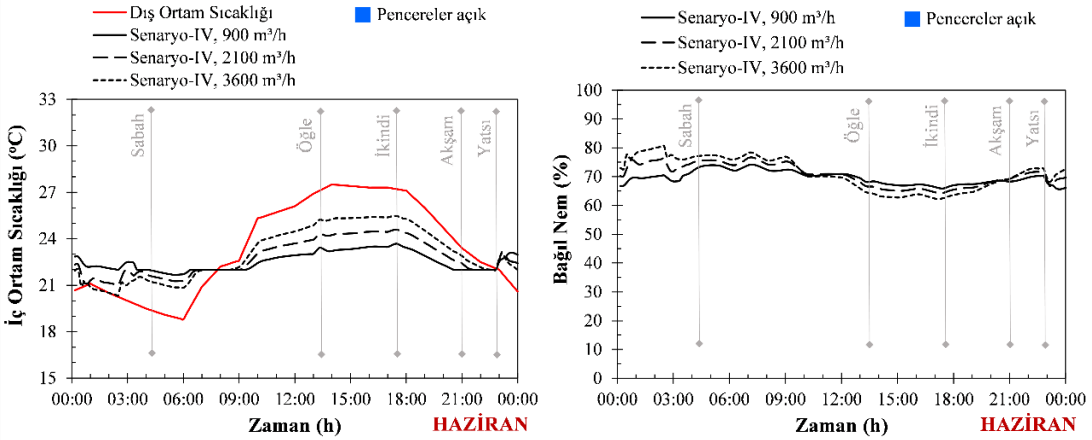


Şekil G.3. Ağustos ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-II için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

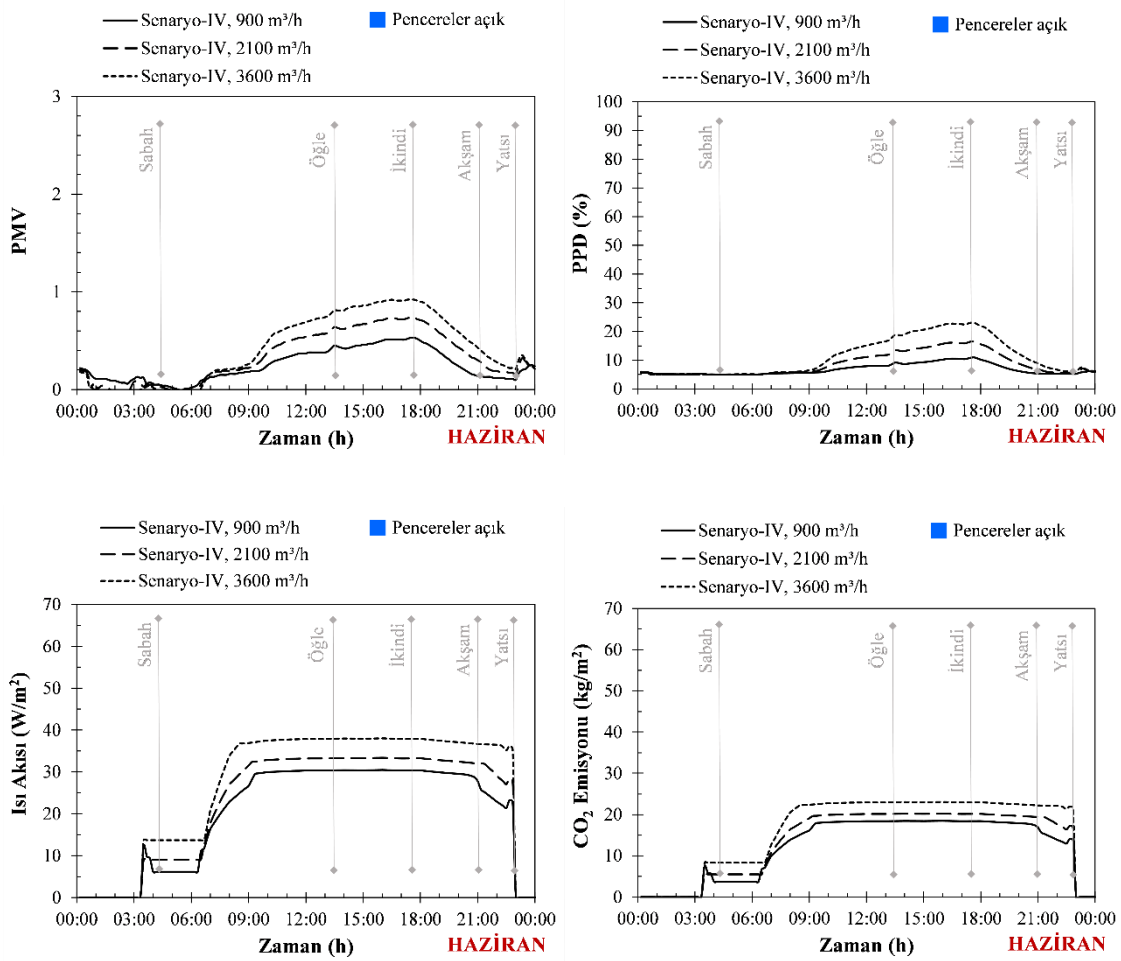
Tablo G.1. Taze hava beslemesindeki değişim ile yaz aylarında elde edilen Senaryo-II için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

Çalışma Şartları	Parametreler	Çift klima (9.10 kWh)		
		900 m³/h	2100 m³/h	3600 m³/h
Haziran	DHS (ºC)	22.9	22.9	22.9
	İHS (ºC)	24.7	24.0	23.4
	BN (%)	63.3	66.9	68.8
	ORS (ºC)	26.5	26.0	25.6
	ÇS (ºC)	25.6	25.0	24.5
	PMV	0.7	0.6	0.5
	PPD (%)	18.7	15.7	13.3
	ET (kWh/gün)	23.3	25.4	23.9
	CO_2 salımı (kg/gün)	14.2	15.5	14.6
Temmuz	DHS (ºC)	25.1	25.1	25.1
	İHS (ºC)	26.6	26.2	25.5
	BN (%)	63.1	65.5	67.6
	ORS (ºC)	28.1	28.2	27.3
	ÇS (ºC)	27.4	27.2	26.4
	PMV	1.2	1.2	1.0
	PPD (%)	40.6	39.2	32.3
	ET (kWh/gün)	25.1	27.5	26.1
	CO_2 salımı (kg/gün)	15.3	16.8	15.9
Ağustos	DHS (ºC)	25.0	25.0	25.0
	İHS (ºC)	26.4	25.9	25.4
	BN (%)	59.6	62.3	63.9
	ORS (ºC)	28.1	27.8	27.3
	ÇS (ºC)	27.3	26.8	26.3
	PMV	1.2	1.1	0.9
	PPD (%)	36.5	34.1	28.9
	ET (kWh/gün)	25.3	27.6	26.2
	CO_2 salımı (kg/gün)	15.5	16.8	16.0

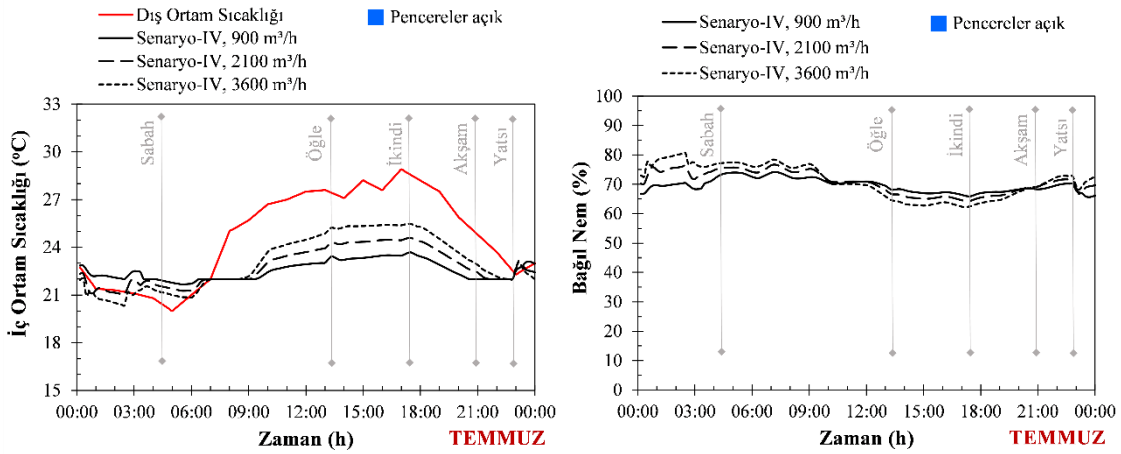
Taze Hava Beslemesindeki Değişim ile Yaz Aylarında Elde Edilen Senaryo-IV için Isıl Konfor, Isı Akısı ve CO_2 Salımı



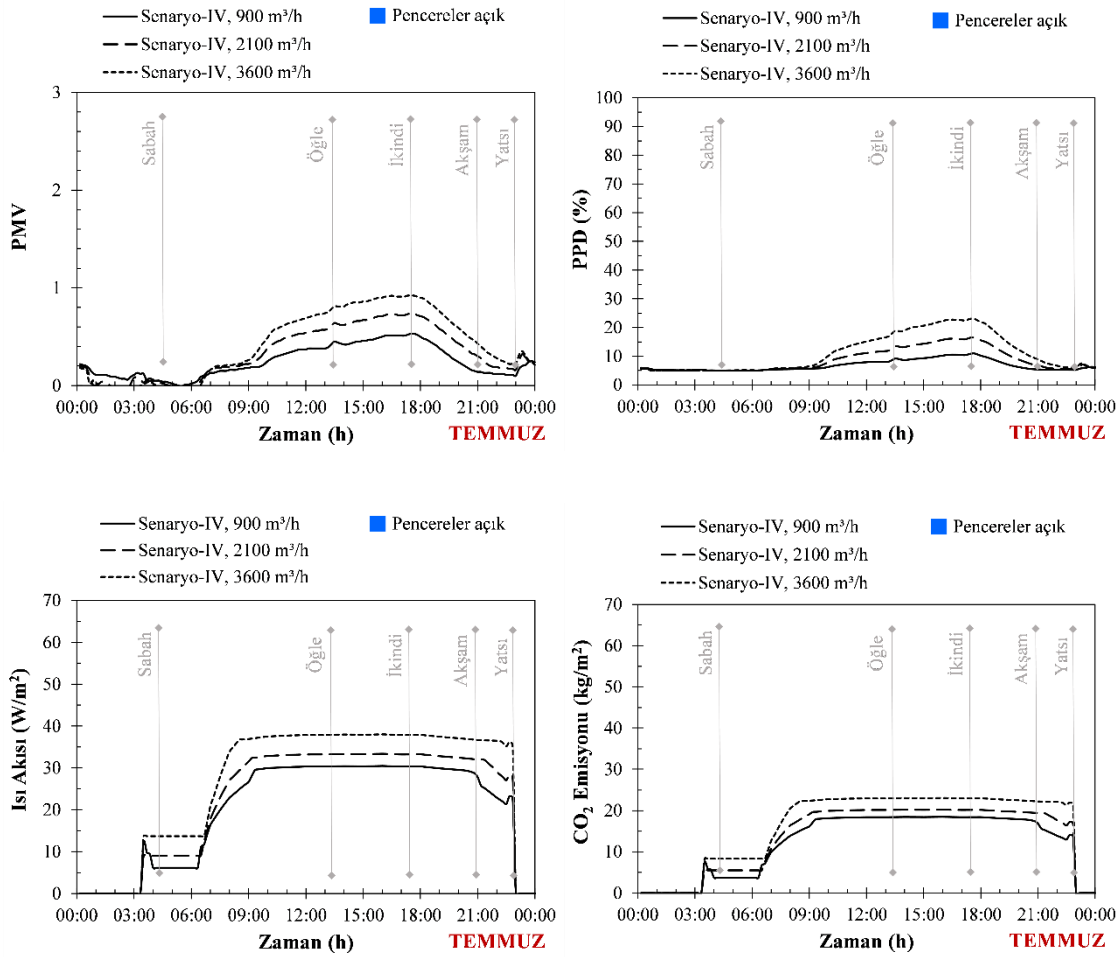
Şekil G.4. Haziran ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



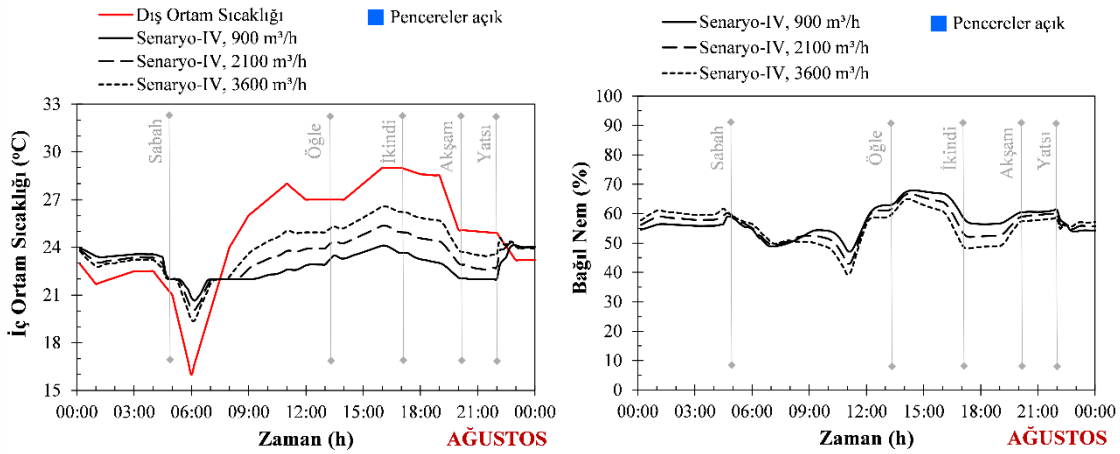
Şekil G.4. (Devam) Haziran ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



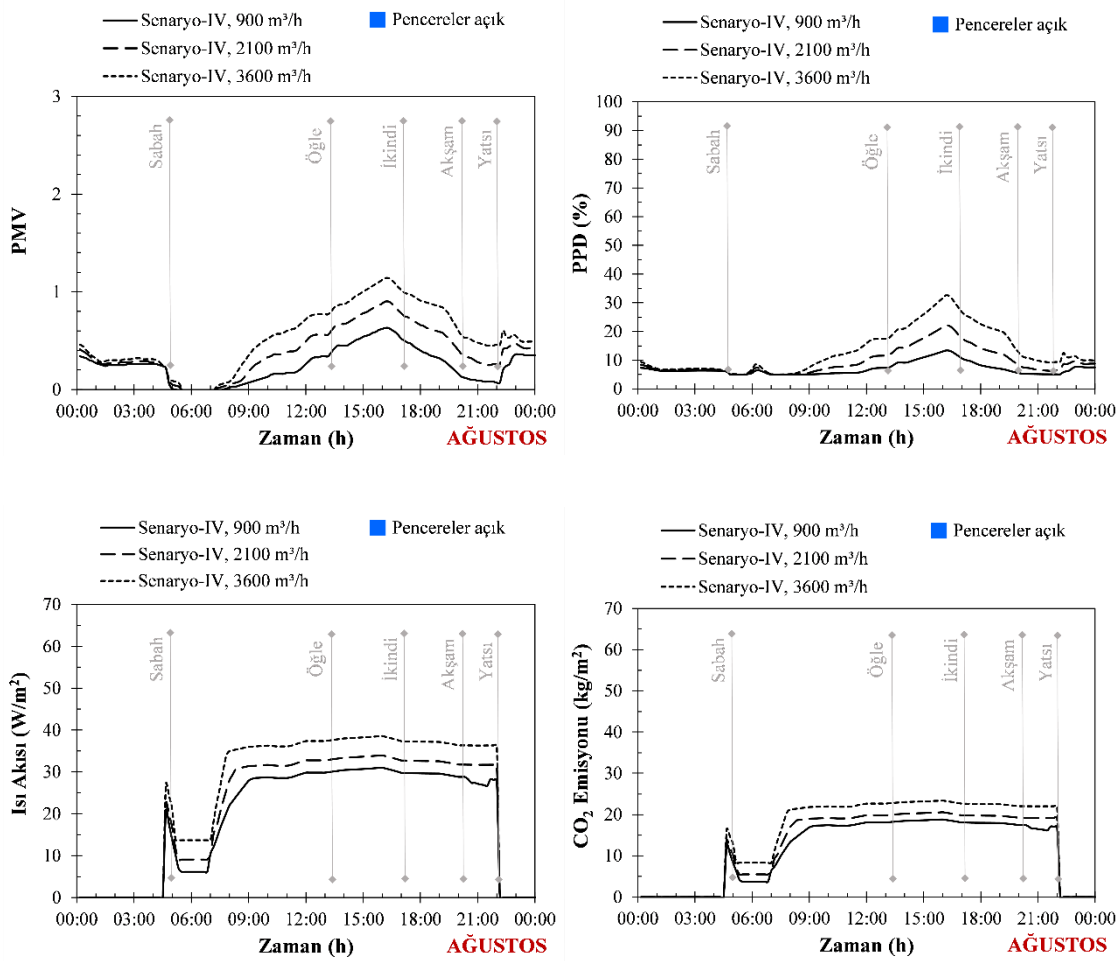
Şekil G.5. Temmuz ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil G.5. (Devam) Temmuz ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil G.6. Ağustos ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil G.6. (Devam) Ağustos ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-IV için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

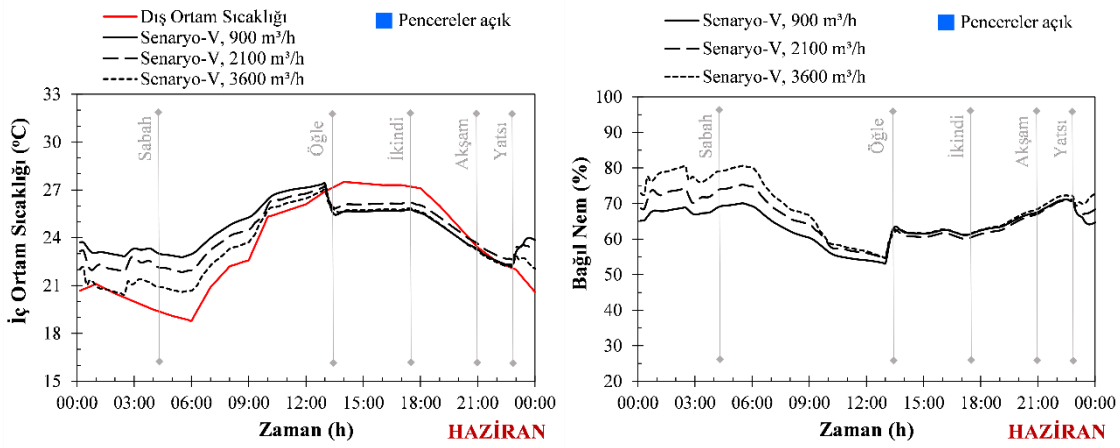
Tablo G.2. Taze hava beslemesindeki değişim ile yaz aylarında elde edilen Senaryo-IV için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

		Çift klima (9.10 kWh)		
Çalışma Şartları	**Parametreler**	**900 m³/h**	**2100 m³/h**	**3600 m³/h**
Haziran	DHS (ºC)	22.9	22.9	22.9
	İHS (ºC)	22.3	23.0	22.7
	BN (%)	69.8	69.9	71.6
	ORS (ºC)	24.6	25.3	23.9
	ÇS (ºC)	23.4	24.1	22.9
	PMV	0.2	0.4	0.3
	PPD (%)	6.2	10.0	9.4
	ET (kWh/gün)	50.9	68.4	69.0
	CO_2 salımı (kg/gün)	31.1	41.7	42.1

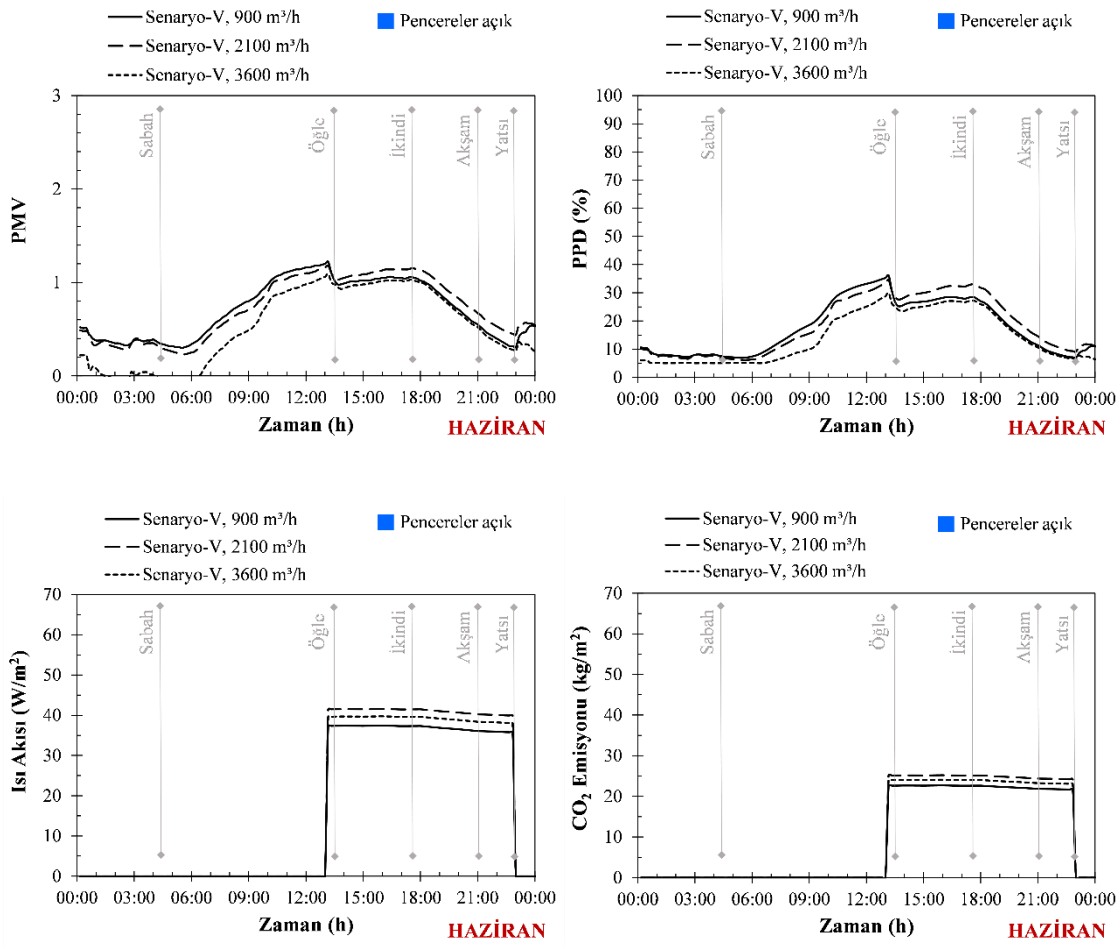
Tablo G.2. (Devam) Taze hava beslemesindeki değişim ile yaz aylarında elde edilen Senaryo-IV için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

Çalışma Şartları	Parametreler	Çift klima (9.10 kWh)		
		900 m³/h	2100 m³/h	3600 m³/h
Temmuz	DHS (ºC)	25.1	25.1	25.1
	İHS (ºC)	23.7	24.9	24.6
	BN (%)	69.2	68.2	70.2
	ORS (ºC)	25.9	27.3	26.7
	ÇS (ºC)	24.8	26.1	25.6
	PMV	0.6	0.9	0.8
	PPD (%)	14.5	27.7	23.9
	ET (kWh/gün)	61.8	77.6	78.8
	CO_2 salımı (kg/gün)	37.7	47.3	48.1
Ağustos	DHS (ºC)	25.0	25.0	25.0
	İHS (ºC)	23.5	24.7	24.4
	BN (%)	65.5	64.4	66.0
	ORS (ºC)	25.7	27.0	26.6
	ÇS (ºC)	24.6	25.8	25.5
	PMV	0.5	0.8	0.7
	PPD (%)	12.1	23.9	20.7
	ET (kWh/gün)	54.7	68.9	70.2
	CO_2 salımı (kg/gün)	33.3	42.0	42.8

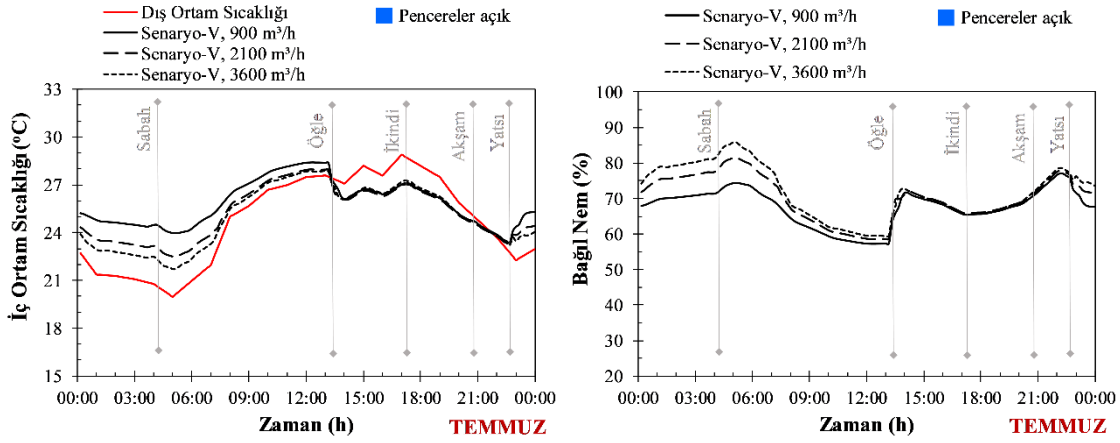
Taze Hava Beslemesindeki Değişim ile Yaz Aylarında Elde Edilen Senaryo-V için Isıl Konfor, Isı Akısı ve CO_2 Salımı



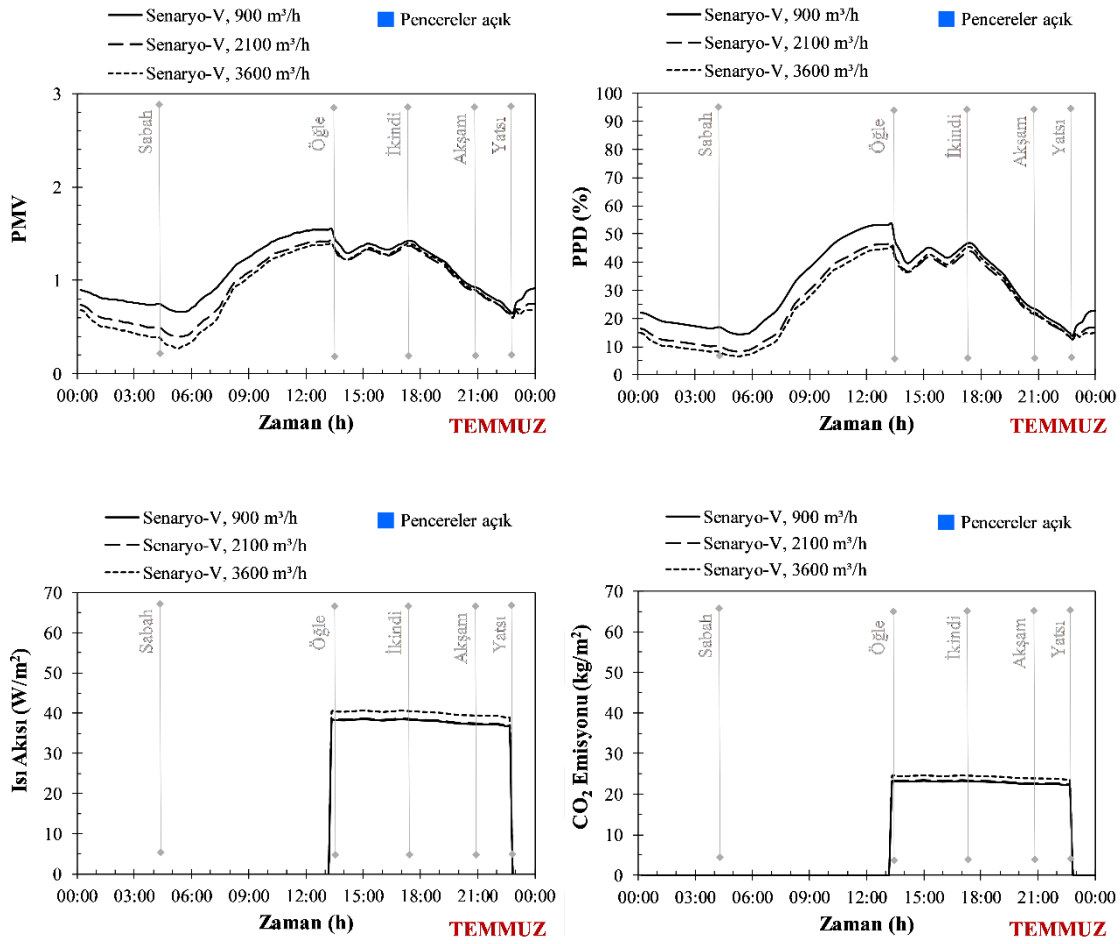
Şekil G.7. Haziran ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



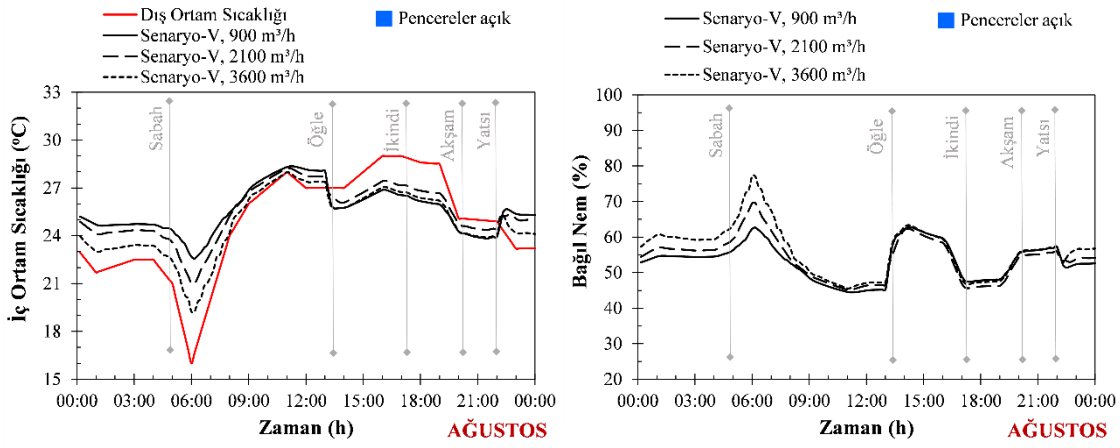
Şekil G.7. (Devam) Haziran ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



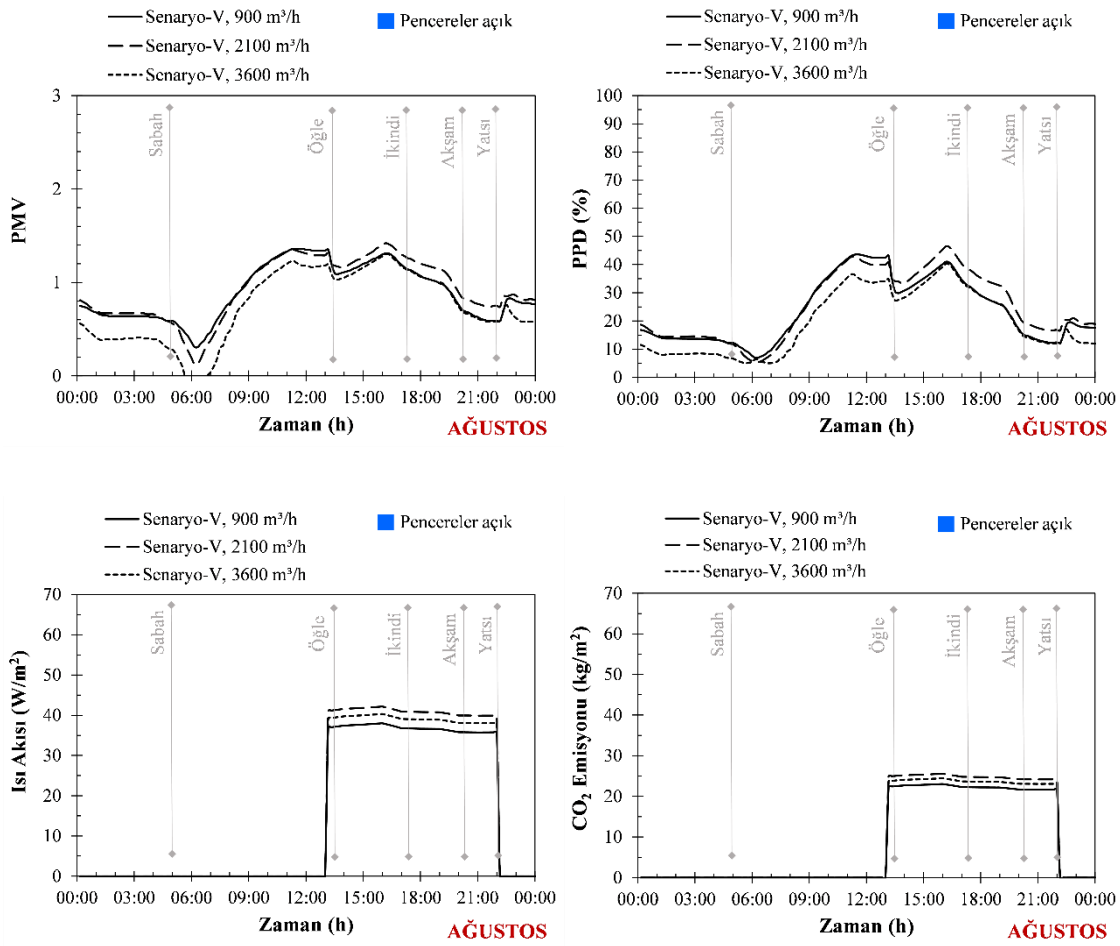
Şekil G.8. Temmuz ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil G.8. (Devam) Temmuz ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil G.9. Ağustos ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı



Şekil G.9. Ağustos ayında taze hava beslemesindeki değişim ile elde edilen Senaryo-V için günlük ısıl konfor, zemindeki ısı akısı ve CO_2 salımı

Tablo G.3. Taze hava beslemesindeki değişim ile yaz aylarında elde edilen Senaryo-V için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

		Çift klima (9.10 kWh)		
Çalışma Şartları	**Parametreler**	**900 m³/h**	**2100 m³/h**	**3600 m³/h**
Haziran	DHS (ºC)	22.9	22.9	22.9
	İHS (ºC)	24.1	23.7	23.2
	BN (%)	64.8	67.4	69.3
	ORS (ºC)	26.1	25.9	25.4
	ÇS (ºC)	25.1	24.8	24.3
	PMV	0.6	0.5	0.4
	PPD (%)	14.8	14.0	11.8
	ET (kWh/gün)	39.4	43.8	41.5
	CO_2 salımı (kg/gün)	24.0	26.7	25.3

Tablo G.3. (Devam) Taze hava beslemesindeki değişim ile yaz aylarında elde edilen Senaryo-V için aylık ısıl konfor, elektrik tüketimi ve CO_2 salımı

		Çift klima (9.10 kWh)		
Çalışma Şartları	**Parametreler**	**900 m^3/h**	**2100 m^3/h**	**3600 m^3/h**
Temmuz	DHS (ºC)	25.1	25.1	25.1
	İHS (ºC)	26.1	25.9	25.3
	BN (%)	64.2	65.9	68.1
	ORS (ºC)	27.8	28.0	27.2
	ÇS (ºC)	26.9	27.0	26.2
	PMV	1.1	1.1	0.9
	PPD (%)	35.5	36.6	29.6
	ET (kWh/gün)	41.6	46.2	44.1
	CO_2 salımı (kg/gün)	25.4	28.2	26.9
Ağustos	DHS (ºC)	25.0	25.0	25.0
	İHS (ºC)	25.9	25.6	25.1
	BN (%)	61.0	63.0	64.7
	ORS (ºC)	27.7	27.6	27.1
	ÇS (ºC)	26.8	26.6	26.7
	PMV	1.1	1.0	0.9
	PPD (%)	31.8	32.1	26.5
	ET (kWh/gün)	38.0	42.0	40.2
	CO_2 salımı (kg/gün)	23.2	25.6	24.5

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Sarı, K., **Yüksel, A.**, Arıcı, M., Civan, M. (2023). Camilerde İç Ortam Partikül Madde Seviyelerinin ve Dış Ortam ile İlişkisinin Değerlendirilmesi, *15. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, Türkiye, 26-29 Nisan 2023.

Tunçkal C., **Yüksel A.,** Coşkun S. (2022). Exergy Analysis of Banana Drying Process Via a Closed-Loop Air Source Heat Pump System, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 44*(3), 6777-6792. DOI: 10.1080/15567036.2022.2101716

Ünver Ü., **Yüksel A.** (2016). İndüksiyonlu Hava Isıtıcısında Geçici Rejim Durumunun Deneysel Olarak İncelenmesi, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9*(3), 112-125.

Ünver Ü., **Yüksel A.,** Keleşoğlu A., Ünver H., Yüksel F. (2017). Experimental Analysis of Effect of Construction Parameters on Thermal Efficiency of Induction Air Heaters, *9th International Exergy, Energy and Environment Symposium (IEEES-9)*, Split, Croatia, 14-17 May 2017.

Ünver Ü., **Yüksel A.,** Keleşoğlu A., Yüksel F., Ünver H. (2018). Analysis of a Novel High Performance Induction Air Heater, *Thermal Science, 22*(3), 843-853. DOI: 10.2298/TSCI170913018U

Ünver Ü., Yüksel F., Keleşoğlu A., **Yüksel A.,** Ünver H. (2018). Analysis of the Effect of Construction Parameters on Energetic and Exergetic Efficiency of Induction Air Heaters, *International Journal of Exergy, 25*(2), 168. DOI: 10.1504/IJEX.2018.089554

Yüksel A., Arıcı M., Karabay H. (2019). Investigation of Effect of Window-to-Wall Ratio on the Indoor Air Temperature by Lumped Capacitance Approach, *4th International Conference on Smart and Sustainable Technologies*, Split, Croatia, 18-21 June 2019. DOI: 10.23919/SpliTech.2019.8783048

Yüksel A., Arıcı M., Karabay H. (2019). Tarihi ve Modern Binalarda Duvar Yapılarının Isıl Performansa Etkileri, *22. Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Kocaeli, Türkiye, 11-14 Eylül 2019.

Yüksel A., Arıcı M., Karabay H. (2021). Comparison of Thermal Response Times of Historical and Modern Building Wall Materials, *Journal of Thermal Engineering, 7*(6), 1506-1518.

Yüksel A., Arıcı M., Karabay H. (2021). Yeni Tip Covid-19 Salgın Hastalığının Camilerdeki Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, *Uluslararası Katılımlı 23. Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi (ULIBTK 2021)*, Gaziantep, Türkiye, 8-10 Eylül 2021.

Yüksel A., Arıcı M., Krajcik M., Civan M., Karabay H. (2021). A Review on Thermal Comfort, Indoor Air Quality and Energy Consumption in Temples, *Journal of Building Engineering, 35,* 102013. DOI: 10.1016/j.jobe.2020.102013

Yüksel A., Arıcı M., Krajcik M., Civan M., Karabay H. (2022). Energy Consumption, Thermal Comfort, and Indoor Air Quality in Mosques: Impact of Covid-19 Measures, *Journal of Cleaner Production, 354,* 131726. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.131726

Yüksel A., Arıcı M., Krajcik M., Civan M., Karabay H. (2022). Reduction of Natural Gas Consumption by Establishing Operation Strategies of Heating Systems in Mosques, *7th International Conference on Smart and Sustainable Technologies "Mitigation and Adaptation Strategies towards Decarbonization of Build Environment"*, Split / Bol, Croatia, 05-08 July 2022. DOI: 10.23919/SpliTech55088.2022.9854286

Yüksel A., Arıcı M., Krajcik M., Civan M., Karabay H. (2023). Developing a Strategy to Reduce Energy Consumption and CO_2 Emissions from Underfloor Heating Systems in Mosques: A Case Study of a Typical Neighbourhood Mosque, *Energy and Buildings, 287,* 112984. DOI: 10.1016/j.enbuild.2023.112984

Yüksel A., Arıcı M., Krajcik M., Civan M., Karabay H. (2023). Investigation of Electricity Consumption and CO_2 Emissions from Cooling System Operation Strategies in Mosques, *8th International Conference on Smart and Sustainable Technologies "Mitigation and Adaptation Strategies towards Decarbonization of Build Environment"*, Split / Bol, Croatia, 20-23 June 2023.

Yüksel A., Arıcı M., Krajcik M., Karabay H. (2020). Experimental Investigation of Thermal Comfort and CO_2 Concentration in Mosques: A Case Study in Warm Temperate Climate of Yalova, Turkey, *Sustainable Cities and Society, 52,* 101809. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101809

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet YÜKSEL, 2009 yılında Erzurum Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesinden mezun oldu. Atatürk Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümündeki eğitimini 2014 yılında tamamlayarak Makine Mühendisi ünvanı aldı. 2016 yılında Yalova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini tamamlayarak, 2019 yılından itibaren Yalova Üniversitesi Yalova Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü İklimlendirme ve Soğutma Teknolojisi Programı'nda Öğretim Görevlisi olarak çalışma hayatını devam ettiren Yüksel, Program Başkanlığı ve Bölüm Başkan Yardımcılığı idari görevlerini yürütmektedir.